



PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG 4 LANTAI DI PONDOK PESANTREN AL-HIKMAH UNGARAN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil

Pada Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI UNDARIS

Disusun Oleh :

Luthfiana Vidya Pratiwi.K

NIM. 21210012

Dini Anjani

NIM. 21210021

PROGAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI

UNGARAN

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG 4 LANTAI DI PONDOK PESANTEREN AL-HIKMAH UNGARAN

Disusun Oleh :

Luthfiana Vidya Pratiwi K

NIM. 21210012

Dini Anjani

NIM. 21210021

Tugas Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Diperiksa dan Disetujui

Pembimbing I

Pembimbing II



Agung Hari Wibowo, SIP. S.T. M.T.
NIDN. 0604089203



Tenardhy Arvarama W. S.ST. M. Eng
NIDN. 0617019402

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Luthfiana Vidya Pratiwi Kurniawan
NIM : 21210012
Judul : Perencanaan Bangunan Gedung 4 Lantai di Pondok Pesantren
Al-Hikmah Ungaran
2. Nama : Dini Anjani
NIM : 21210021
Judul : Perencanaan Bangunan Gedung 4 Lantai di Pondok Pesantren
Al- Hikmah Ungaran

Menyatakan bahwa naskah Tugas Akhir ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Ungaran, 1 Maret 2025

Yang membuat pernyataan
Penyusun



Luthfiana Vidya P. K.

NIM. 21210012



Dini Anjani

NIM. 21210021

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI PONDOK PESANTREN AL HIKMAH UNGARAN

Disusun Oleh:

Luthfiana Vidya Pratiwi K.

21210012

Dini Anjani

21210021

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal:
24 April 2025

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Tim Penguji

Ketua : Ir. Totok Apriyanto, M.T.

(*Apriyanto*)

Anggota : Ir. Agung Hari Wibowo, S.IP.,S.T.,M.T.

(*Agung Hari Wibowo*)

Anggota : Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST.,M.Eng

(*Tenardhy Aryarama Wijaya*)

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNDARIS



Ir. Agung Hari Wibowo, SIP. S.T, M.T.

NIDN. 0019046101

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur selalu tercurahkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nyasehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Bangunan Gedung 4 Lantai di Pondok Pesantren Al-Hikmah Ungaran”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat, dan para seluruh umat islam semoga kita mendapatkan syafa’at di yaumil akhir nanti. Aamiin.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan Tugas Akhir ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak dan berkah dari Allah SWT sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini kami sampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini, ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Dr. Drs. H. Hono Sejati, SH., M.Hum. selaku Rektor Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS).
2. Bapak Abdullah, S.T.,M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS).
3. Bapak Agung Hari W, SIP, S.T.,M.T. selaku ketua Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) Ungaran.
4. Bapak Agung Hari W, SIP, S.T.,M.T. dan Bapak Tenardhy Aryarama W, S.T.,M.Eng. sebagai dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2 yang penuh kesabaran serta telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran, dan masukan kepada penulis hingga Tugas Akhir ini diselesaikan.
5. Dosen penguji
6. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI yang telah memberikan pengetahuan yang berharga.
7. Kedua orang tua tercinta yang tidak pernah henti untuk mendoakan demi keberhasilan dalam proses menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Seluruh keluarga tersayang dan sahabat juga teman tercinta senantiasa mendo'akan dan memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya pembuatan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
10. Kepada diri sendiri, apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah di mulai. Terimakasih karena terus berusaha dan tidak menyerah, serta menikmati setiap proses yang bisa dibilang tidak mudah. Terimakasih sudah bertahan sampai titik ini.

Mengingat dan menyadari tentunya masih banyak kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik untuk membangun tugas akhir ini.

Ungaran, 1 Maret 2025

Penyusun

Luthfiana Vidya P. K.

NIM. 21210012

Dini Anjani

NIM. 21210021

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	3
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan Tugas Akhir	4
1.4 Lokasi Proyek	4
1.5 Ruang Lingkup	5
1.6 Batasan Masalah	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II STUDI PUSTAKA	8
2.1 TINJAUAN UMUM.....	8
2.2 PEDOMAN PERENCANAAN.....	8
2.3 LANDASAN TEORI	9
2.3.1 Program SAP 2000 V.22	9
2.3.2 Program AllPile7	9
2.3.3 Program PCA Column.....	10
2.3.4 Mutu Beton	11
2.3.5 Spesifikasi Material Tulangan	11

2.3.6 Sistem Rangka Pemikul Momen	12
2.3.7 Analisis Struktur Bangunan Tahan Gempa	13
2.3.8 Pembebanan.....	14
2.3.9 Struktur Atas.....	24
2.3.10 Pondasi.....	54
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN.....	70
3.1 Tahapan Perencanaan Struktur Beton Bertulang.....	70
3.2 Pengumpulan Data.....	70
3.3 Preliminary Desain	72
3.3.1 Dimensi Plat	72
3.3.2 Dimensi Tangga.....	74
3.3.3 Dimensi Balok	75
3.3.4 Dimensi Kolom.....	75
3.4 Perhitungan Pembebanan	75
3.4.1 Beban Mati	75
3.4.2 Beban Hidup	76
3.4.3 Beban Gempa	77
3.4.4 Kombimasi Pembebanan	77
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	78
4.1 Preliminary Design	78
4.1.1 Dimensi Pelat.....	78
4.1.2. Dimensi Balok	80
4.1.3. Dimensi Kolom.....	82
4.1.4. Dimensi Tangga.....	84
4.1.5. Perencanaan Pondasi Bored Pile	85
4.2. Analisa Pembebanan.....	89

4.2.1.	Pembebanan Pelat.....	89
4.2.2.	Pembebanan Tangga.....	90
4.2.3.	Pembebanan Dinding.....	90
4.2.4.	Pembebanan Air Hujan.....	91
4.2.5.	Pembebanan Gempa	91
4.2.6.	Kombinasi Pembebanan	94
4.3.	Perhitungan Penulangan Struktur	96
4.3.1.	Perhitungan Penulangan Pelat	96
4.3.2.	Perhitungan Penulangan Balok.....	104
4.3.3.	Perhitungan Penulangan Kolom	124
4.3.4.	Perhitungan Pondasi	136
BAB V PENUTUP		156
5.1	KESIMPULAN	156
5.2.	SARAN.....	158
DAFTAR PUSTAKA.....		159

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Proyek	4
Gambar 2. 1 Peta Wilayah Gempa menurut SNI 1726-2019	18
Gambar 2. 2 Peta Wilayah Gempa menurut SNI 1726-2019	18
Gambar 2. 3 Jenis Perletakan Pelat pada Balok	25
Gambar 2. 4 Penulangan Pelat Satu Arah.....	29
Gambar 2. 5 Penulangan Pelat Dua Arah	30
Gambar 2. 6 Penentuan Bentang Pelat	30
Gambar 2. 7 Balok Sederhana	35
Gambar 2. 8 Balok Ujung Tetap.....	35
Gambar 2. 9 kantilever	36
Gambar 2. 10 Balok Menerus.....	36
Gambar 2. 11 Gambar Penampang Balok Tulangan Tunggal	36
Gambar 2. 12 Pemasangan Tulangan pada Balok	38
Gambar 2. 13 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Rangkap	38
Gambar 2. 14 Jenis Retakan pada Balok	42
Gambar 2. 15 Tipe Kolom.....	44
Gambar 2. 16 Grafik hubungan Q_c (Perlawanan conus) dan f_s (friction ratio) menurut Robertson dan Campanella (Bowles,1997)	60
Gambar 3. 1 Flowchart Perencanaan Struktur Bangunan.....	70
Gambar 4. 1 Preliminary Design Plat	78
Gambar 4. 2 Preliminari Desing Balok	80
Gambar 4. 3 Preliminary Design Kolom	83
Gambar 4. 4 Denah Pemasangan Bore Pile	89
Gambar 4. 5 Input Desain Spektrum pada SAP2000	93
Gambar 4. 6 Perletakan momen pada pelat terjepit.....	97
Gambar 4. 7 Momen Ultimit B1.....	105
Gambar 4. 8 Nomogram faktor panjang efektif kolom	128
Gambar 4. 9 Diagram Interaksi Kolom 4 Sisi	130
Gambar 4. 10 Pile Profile Tipe BP1	136
Gambar 4. 11 Pile Pro Bore Pile Tipe BP1	137

Gambar 4. 12 Beban yang bekerja pada kelompok pondasi.....	137
Gambar 4. 13 Beban yang bekerja pada masing-masing tiang.....	138
Gambar 4. 14 Data Soil Properties	139
Gambar 4. 15 (a). Hasil analisis defleksi lateral pondasi; (b). Hasil analisis penurunan pondasi.....	141
Gambar 4. 16 (a) Input Material Properties; (b) Input Tulangan Longitudinal; (c) Input Tulangan Transversal; (d) Input Pembebanan Pondasi; (e) Diagram Momen Lentur Bore Pile.....	143
Gambar 4. 17 Ilustrasi Penulangan Bore Pile	143
Gambar 4. 18 Pilecap.....	146
Gambar 4. 19 Desain Tulangan Lentur Arah X.....	149
Gambar 4. 20 Desain Tulangan Lentur Arah Y.....	152

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Tulangan	11
Tabel 2. 2 Beban Mati pada Struktur.....	14
Tabel 2. 3 Beban Hidup pada Struktur	15
Tabel 2. 4 Kategori Risiko Struktur Bangunan	16
Tabel 2. 5 Faktor Keutamaan Gempa.....	17
Tabel 2. 6 Klarifikasi Situs	19
Tabel 2. 7 Koefisien situs F_a	21
Tabel 2. 8 Koefisien situs F_v	21
Tabel 2. 9 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode Pendek.....	22
Tabel 2. 10 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode 1 Detik.....	22
Tabel 2. 11 Faktor-faktor untuk sistem penahan gaya gempa	23
Tabel 2. 12 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior	27
Tabel 2. 13 Tinggi Minimal Pelat Satu Arah.....	31
Tabel 2. 14 Tinggi Minimum Balok Nonprategang	40
Tabel 2. 15 Ketebalan Selimut Beton untuk Balok	41
Tabel 2. 16 Ketebalan Selimut Beton untuk Balok	54
Tabel 2. 17 Korelasi pembacaan conus (Q_c) terhadap parameter tanah	60
Tabel 2. 18 korelasi q_c dan kepadatan relatif dengan sudut geser pada tanah pasir (Mayehoff,1956).....	61
Tabel 2. 19 Efisiensi Tiang Bor	66
Tabel 2. 20 Tabel Koefisien C_p	68
Tabel 3.1 Tebal Minumum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung.....	73
Tabel 3. 2 Tebal Minimum Pelat Tnpa Balok Interior	74
Tabel 4. 1 Tabel Tahanan Ujung Konus.....	85
Tabel 4. 2 Pembebanan pada dinding.....	91
Tabel 4. 3 korelasi q_c dan kepadatan relatif dengan sudut geser pada tanah pasir (Mayehoff,1956).....	92
Tabel 4. 4 Kombinasi Pembebanan	95

Tabel 4. 5 Momen Pelat persegi akibat beban merata	96
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Penulangan pada Balok	124
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Penulangan pada Kolom	136
Tabel 4. 8 Detail Properties Tanah	139
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Penulangan Bored Pile	143
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Penulangan Balok	157
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Penulangan Kolom	157
Tabel 5. 3 Kapasitas Pondasi	158

DAFTAR NOTASI

a	=	Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen (mm)
A_g	=	Luas bruto penampang (mm ²)
A_s'	=	Luas tulangan tekan (mm ²)
A_{sh}	=	Luas penampang total tulangan transversal (termasuk ikat silang) dalam spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi b_c
$A_{s \min}$	=	Luas minimum tulangan lentur (mm ²)
A_{st}	=	Luas total tulangan longitudinal nonprategang (mm ²)
	=	Luas 1 kaki sengkang tertutup menahan torsi dalam spasi s (mm ²)
A_v	=	Luas tulangan geser dalam spasi s (mm ²)
$A_{v \min}$	=	Luas minimum tulangan geser dalam spasi s (mm ²)
A_s'	=	Luas tulangan tekan (mm ²)
b	=	Lebar muka tekan komponen struktur (mm)
f_s	=	Tegangan tarik dihitung dalam tulangan saat beban layan (MPa)
f_y	=	Kekuatan leleh tulangan (MPa)
F_a	=	Koefisien situs untuk periode pendek (pada periode 0,2 detik)
F_v	=	Koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
h	=	Tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur (mm)
h_n	=	Batasan tinggi struktur (m)
I_{cr}	=	Momen inersia penampang retak ditransformasi ke beton (mm ⁴)
I_e	=	Faktor keutamaan gempa; momen inersia efektif untuk perhitungan defleksi (mm ⁴)
l	=	Panjang bentang balok atau pelat satu arah (mm)
l_c	=	Panjang komponen tekan, diukur dari pusat ke pusat joint (mm)
l_n	=	Panjang bentang bersih diukur muka ke muka tumpuan (mm)
L	=	Pengaruh beban hidup layan
M_{max}	=	Momen maksimum terfaktor pada penampang akibat beban luar yang bekerja (N-mm)
M_n	=	Kekuatan lentur nominal pada penampang (N-mm)
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 1,25fy dan faktor reduksi kekuatan ϕ sebesar 1,0

M_u	=	Momen terfaktor pada penampang (N-mm)
n	=	Jumlah batang tulangan
P_n	=	Kekuatan aksial nominal penampang (N)
P_u	=	Gaya aksial terfaktor (N)
q_u	=	Beban terfaktor per satuan luas (N/m ²)
R	=	Koefisien modifikasi respons
s	=	Spasi pusat ke pusat suatu benda (mm)
S_a	=	Respons spektra percepatan
SDS	=	Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek
$SD1$	=	Parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik
SMS	=	Parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$SM1$	=	Percepatan percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S_s	=	Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek
$S1$	=	Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik
S_n	=	Kekuatan momen, geser, aksial, torsi atau tumpu nominal
V	=	Geser desain total di dasar struktur dalam arah yang ditinjau
V_c	=	Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton (N)
V_n	=	Kekuatan geser nominal (N)
V_s	=	Kekuatan geser nominal diberikan oleh penulangan geser (N)
V_{sway}	=	Gaya geser rencana berdasarkan momen kapasitas pada balok
V_u	=	Gaya geser terfaktor penampang (N)
w_c	=	Berat volume beton normal atau berat volume ekuivalen beton ringan (kg/m ³)
w_u	=	Beban terfaktor per satuan panjang balok atau pelat satu arah

		(N/mm)
W	=	Berat seismik efektif bangunan
W_t	=	Berat total struktur
x	=	Dimensi keseluruhan bagian persegi penampang yang lebih pendek (mm)
y	=	Dimensi keseluruhan bagian persegi penampang yang lebih panjang (mm)
α	=	Sudut yang menentukan orientasi tulangan
α_c	=	Koefisien yang menentukan kontribusi relatif kekuatan beton terhadap kekuatan geser dinding nominal
β_1	=	Faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi
f_r	=	Rasio gesekan
f_s	=	Local friction
q_c	=	Tahanan konus
Q_{ult}	=	Kapasitas dukung ultimit netto (kN)
Q_b	=	Tahanan ujung bawah ultimit (kN)
Q_s	=	Tahanan gesek ultimit (kN)
A_b	=	Luas ujung bawah tiang (cm ²)
A_s	=	Luas selimut tiang (cm ²)
f_b	=	Tahanan ujung satuan tiang (kg/cm ²)
f_s	=	Tahanan gesek satuan tiang (kg/cm ²)
W_p	=	Berat sendiri tiang (kN)
Q_a	=	Kapasitas dukung ijin tiang
F	=	Factor aman
ω_1	=	Koefisien modifikasi tiang, diambil 1
ω_2	=	Koefisien modifikasi tiang, diambil 1
q_{ca}	=	Tahanan konus rata-rata (kN/m ²)
k_f	=	Koefisien modifikasi tahanan gesek sisi konus
k_c	=	koefisien modifikasi tahanan konus
q_b	=	Kapasitas kuat dukung di ujung tiang (ton)
Q_{ca}	=	Perlawanan konus rata-rata pada masing-masing lapisan sepanjang

		tiang (kg/cm ²)
f	=	Kuat dukung kulit tiang persatuan luas (kg/cm ²)
qf	=	Tahanan gesek sisi konus (kg/cm ²)
ω	=	Koefisien Korelasi
Qg	=	Kapasitas dukung kelompok tiang
Eg	=	Efisiensi kelompok tiang
n	=	Jumlah tiang
P	=	Beban yang bekerja
S	=	Jarak pusat tiang ke pusat tiang lainnya
d	=	Diameter tiang (m)
m	=	Jumlah baris tiang
n	=	Jumlah tiang dalam satu baris
Q	=	Beban yang bekerja
S	=	Penurunan total kepala tiang
L	=	Panjang tiang
Ep	=	Modulus elastis tiang
Q_{wp}	=	Daya dukung ujung tiang (kg)
Q_{ws}	=	Daya dukung selimut tiang (kg)
α	=	Koefisien dari skin friction
C_p	=	Koefisien empiris
S_g	=	Penurunan pondasi kelompok tiang
B_g	=	Lebar Kelompok Tiang
θ	=	Sudut antara sumbu strut, diagonal tekan, atau bidang tekan dan kord (chord) tarik komponen struktur; Koefisien stabilitas untuk pengaruh P-Delta
ρ	=	Rasio As terhadap bd; Faktor redundansi struktur
λ	=	Faktor modifikasi yang merefleksikan properti mekanis tereduksi dari beton ringan, semuanya relatif terhadap beton normal dengan kekuatan tekan yang sama; Faktor pengaruh waktu
ϕ	=	Faktor reduksi kekuatan

ABSTRAK

Ungaran merupakan salah satu wilayah dengan dengan jumlah santri yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Untuk memenuhi kebutuhan prasarana maka perlu adanya pembangunan pondok pesantren guna menunjang kegiatan pembelajaran. Tugas akhir ini bertujuan untuk merencanakan bangunan gedung pondok pesantren 4 lantai dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SPRMK) di wilayah Ungaran. Perencanaan gedung pondok pesantren ini mengacu pada peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) terbaru, yaitu SNI 1726-2019, SNI 2847-2019, SNI 1727-2020 dan SNI 8460-2017. Perencanaan gedung pondok pesantren 4 lantai ini meliputi plat, balok, kolo, sloof, dan pondasi. Lokasi gedung berada di Jalan Moh Yamin Kuncen Ungaran Timur, dengan klasifikasi situs tanah keras (SC) dengan faktor modifikasi *respons* (R) = 8. Menggunakan mutu beton (f'_c) = 25 MPa, mutu tulangan longitudinal (f_y) = 400 MPa dan tulangan geser (f_{yt}) = 280 MPa. Hasil perencanaan diperoleh tebal pelat atap 100 mm, pelat lantai 120 mm, balok utama 400/700 mm dan 300/600 mm, balok anak 250/500 mm dan 200/400 mm, kolom berukuran 600/600 mm dan 500/500 mm. Struktur bawah menggunakan pondasi *bore pile* sedalam 6000 mm dengan diameter 500 mm. Alat bantu yang digunakan dalam perencanaan ini adalah *SAP2000*, *AutoCad*, *Allpile*, *PCA Coloumn*, dan *Microsoft Office*.

ABSTRACT

Ungaran is one of the regions with the number of students who continue to increase from year to year. To meet the needs of infrastructure, it is necessary to build Islamic boarding schools to support learning activities. This final project aims to plan a 4-storey Pondok pesantren building with a special moment bearer frame system (MACCK) in Ungaran region. This Pondok pesantren building planning refers to the latest Indonesian national standard (SNI) regulations, namely SNI 1726-2019, SNI 2847-2019, SNI 1727-2020 and SNI 8460-2017. The planning of this 4-storey Islamic boarding school building includes plates, beams, columns, sloofs, and foundations. The location of the building is on Jalan Moh Yamin Kuncen Ungaran Timur, with hard soil site classification (SC) with response modification factor (R) = 8. Using concrete quality ($F'c$) = 25 MPa, longitudinal reinforcement quality (f_y) = 400 MPa and shear reinforcement (f_{yt}) = 280 MPa. Planning results obtained thick roof plate 100 mm, floor plate 120 mm, main beam 400/700 mm and 300/600 mm, joists 250/500 mm and 200/400 mm, colombersize 600/600 mm and 500/500 mm. The lower structure uses a 6000 mm deep bore pile foundation with a diameter of 500 mm. The tools used in this planning are SAP2000, AutoCad, Allpile, PCA column, and Microsoft Office.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gedung merupakan salah satu unsur penting dalam hal pengembangan suatu daerah. Dalam pembangunan sebuah gedung harus memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan kondisi lingkungan sekitar. Untuk itu perlu dilakukan perencanaan yang sesuai dengan fungsi gedung dan wilayah yang akan dibangun serta harus menghitung berapa besar kebutuhan material yang akan digunakan.

Perencanaan sebuah gedung harus dapat menjamin kekuatan serta fungsi dari gedung itu sendiri. Kekuatan gedung tersebut harus dapat memikul beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban angin yang terjadi di wilayah tersebut. Kekuatan gedung bergantung pada kekuatan rangka gedung yang biasa disebut portal. Bagian portal tersebut (yaitu kolom dan balok) harus dapat menahan beban yang ada. Kolom dan balok merupakan komponen utama dari sebuah gedung, untuk itu harus dengan teliti mengenai perhitungan kekuatannya.(GB. Putranto.Thn 2013)

Perencanaan pembangunan gedung pondok pesantren 4 lantai di Ungaran dilakukan dikarenakan bertambahnya santri sehingga kita perlu meningkatkan sarana pondok pesantren. Laporan tugas akhir ini berisi tentang analisa perencanaan struktur bagian atas dan bagian bawah gedung pondok pesantren untuk mewujudkan bangunan aman, nyaman, kuat, efisien dan ekonomis maka tetap mematuhi peraturan yang berlaku dalam SNI. Agar suatu bangunan atau struktur dapat bertahan dalam waktu yang direncanakan, maka struktur bangunan harus mampu menahan beban dan gaya yang bekerja pada struktur.

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa masalah utama yang perlu diperhatikan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan sistem struktur gedung pondok pesantren 4 lantai di Ungaran sesuai dengan SNI 1726:2019?

2. Bagaimana mengetahui langkah-langkah dalam merencanakan gedung pondok pesantren 4 lantai di Ungaran sesuai dengan SNI 1726:2019?
3. Merencanakan detail struktur bagian atas dan struktur bagian bawah pada gedung pondok pesantren 4 lantai di Ungaran.

1.3 Maksud Dan Tujuan Tugas Akhir

Dalam perencanaan bangunan gedung pondok pesantren 4 lantai di Ungaran mempunyai tujuan untuk:

1. Merencanakan bangunan gedung pondok pesantren 4 lantai,
2. Mengetahui langkah-langkah dalam merencanakan gedung,
3. Menentukan sistem struktur bangunan gedung pondok pesantren 4 lantai di Ungaran sesuai dengan SNI Gempa 1726:2019,
4. Merencanakan detail struktur bagian atas dan struktur bagian bawah pada gedung pondok pesantren 4 lantai di Ungaran.

1.4 Lokasi Proyek

Adapun proyek Tugas Akhir “Perencanaan Bangunan Gedung 4 Lantai di Ungaran” ini memiliki lokasi dan batas-batas sebagai berikut:



Gambar 1. 1 Lokasi Proyek

Keterangan lokasi proyek :

1. Sebelah utara : Ayam Geprek Keju Ungaran
2. Sebelah timur : TB. Bangun Kencana
3. Sebelah selatan : GR. detailbox
4. Sebelah barat : Jl. Moh. Yamin

1.5 Ruang Lingkup

Inti pokok pembahasan tugas akhir ini adalah terkait dengan desain struktur gedung 5 lantai dengan tetap mempertahankan beberapa desain struktural yang ada. Program komputer SAP 2000 V.22 digunakan untuk permodelan struktural. Adapun ruang lingkup penulisan Tugas Akhir ini meliputi:

1. Perencanaan Pelat Atap,
2. Perencanaan Pelat Lantai,
3. Perencanaan Balok,
4. Perencanaan Kolom,
5. Perencanaan Pondasi

1.6 Batasan Masalah

Tugas akhir dengan judul “Perencanaan Bangunan Gedung 4 Lantai di Pondok Pesantren Ungaran”, memiliki ruang lingkup pembahasan penelitian dalam pembahasan masalah sebagai berikut:

1. Peraturan yang dipakai antara lain:
 - Melakukan perhitungan serta perencanaan terhadap selimut beton dipakai bangunan khususnya untuk gedung (SNI 2847:2019)
 - Mendeteksi ketahanan bangunan terhadap pengaruh gempa dengan cara melakukan perencanaan pada bangunan (SNI 1726:2019)
 - Membahas terkait dengan beban yang ada pada design minimum yang sesuai dengan kriteria untuk bangunan (SNI 1727:2019)
 - Memakai baja struktural yang dipakai untuk pembangunan pada gedung (SNI 1729:2019)

2. Analisis struktur bangunan hanya terbatas pada struktur atas pondasi.
3. Proses desain bangunan pondasi pondok pesantren 4 lantai di Ungaran.
4. Desain tidak termasuk instalasi plumbing, kelistrikan dan mekanikal.
5. Tidak ada tinjauan analisis biaya dan metode pelaksanaan, dan manajemen konstruksi.
6. Untuk memodelkan struktur digunakan perangkat lunak SAP 2000 V.22

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan penjelasan isi dari latar belakang, tujuan, manfaat dari analisis yang sudah dilakukan. BAB I juga memberikan informasi tentang lokasi, ruang lingkup permasalahan dan penelitian.

BAB II STUDI PUSTAKA

Dalam bab ini dijelaskan mengenai rencana pola struktur umum dari teori dalam merencanakan pembangunan gedung pondok pesantren, serta peraturan-peraturan, pembebanan dan rumus-rumus yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

Pada bab ini berisi mengenai data perencanaan, metode atau perencanaan dan pengelolaan data secara sistematika perencanaan.

BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR

Bab ini merupakan pengiraian mengenai hasil dari permodelan struktur kontruksi bangunan baik secara manual maupun dengan progam aplikasi.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil perencanaan gedung 4 lantai di pondok pesantren.

DAFTAR PUSTAKA

Menulis secara rinci referensi yang telah digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

PENUTUP

Berisi lampiran seperti tabel perhitungan atau surat-surat dan gambar struktur akhir (*final design drawing*).

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perencanaan bangunan adalah proses yang komprehensif dan sistematis untuk merancang dan mengembangkan sebuah bangunan, mulai dari tahap awal konsep hingga pelaksanaan konstruksi. Salah satu aspek penting dalam proses perencanaan adalah perencanaan struktur. Perencanaan struktur sendiri merupakan analisis yang dilakukan untuk menentukan dimensi dan spesifikasi struktur bangunan sebelum konstruksi dimulai. Selain itu, perencanaan struktur mencakup seluruh bagian struktur bangunan mulai dari pondasi hingga atap.

Perencanaan bangunan memiliki tujuan untuk memastikan bahwa bangunan aman, fungsional, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan anggaran. Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisis struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis diatas tidaklah cukup karena analisa secara teoritis tersebut hanya berlaku pada kondisi struktur ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya yang diharapkan terjadi.

Berbagai kriteria yang perlu ditinjau dalam perencanaan struktur adalah kekuatan, stabilitas, ketahanan gempa, dan keamanan. Berbagai kombinasi pembebanan yang dipakai adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

Dalam perencanaan struktur gedung pondok pesantren 4 lantai ini penulis menggunakan software SAP2000. Software ini merupakan salah satu perangkat lunak yang cukup populer di kalangan insinyur sipil di Indonesia.

2.2 Pedoman Perencanaan

Dalam merencanakan struktur gedung terdapat beberapa pedoman yang dapat dijadikan sebagai standar dalam melakukan sebuah perencanaan. Dalam Perencanaan Bangunan Pondok Pesantren Kota Ungaran ini berpedoman pada

Standar Nasional Indonesia (SNI 1727:2020) mengenai perencanaan gedung, diantaranya adalah :

1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (SNI 1727-2020).
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019).
3. Persyaratan Perancangan Geoteknik (SNI 8460-2017)
4. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726-2019).
5. Pedoman Perencanaan Pembangunan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987).

2.3 LANDASAN TEORI

2.3.1 Program SAP 2000 V.22

Program SAP2000 dibuat dan dikembangkan oleh Computers and Structures, Inc. (CSI), sebuah perusahaan perangkat lunak yang berbasis di Berkeley, California, Amerika Serikat.

CSI adalah perusahaan yang mengkhususkan diri dalam pengembangan perangkat lunak teknik sipil dan struktural. Mereka memiliki reputasi yang kuat dalam menyediakan perangkat lunak yang andal dan inovatif untuk analisis dan desain struktur.

SAP2000, termasuk versi 22, adalah salah satu produk unggulan dari CSI yang banyak digunakan oleh para insinyur sipil di seluruh dunia.

Program SAP 2000 V.22 dapat melakukan perhitungan analisis struktur statik/dinamik, saat melakukan desain penampang beton bertulang maupun struktur baja, SAP2000 V.22 juga menyediakan metode interface (antarmuka) yang secara grafis mudah digunakan dalam proses penyelesaian analisis struktur.

2.3.2 Program AllPile7

Allpile7 merupakan sebuah perangkat lunak (software) yang digunakan dalam bidang Teknik sipil, khususnya untuk analisis dan desain pondasi tiang.

Aplikasi ini adalah alat bantu yang memungkinkan insinyur dan desainer untuk memodelkan perilaku tiang pondasi akibat berbagai beban dan kondisi tanah.

Secara umum fungsi utama Allpile7 adalah untuk menganalisis kapasitas dan perilaku struktur pondasi tiang dalam berbagai kondisi pembebanan dan karakteristik tanah. Beberapa fungsi Allpile7 sebagai berikut:

Analisis Daya Dukung Tiang Tunggal: Menghitung kemampuan tiang tunggal dalam menahan beban vertikal (tekan dan tarik) berdasarkan sifat-sifat tanah di sekitarnya.

Analisis Kelompok Tiang (Pile Group Analysis): Menganalisis interaksi antar tiang dalam suatu kelompok dan menghitung kapasitas serta distribusi beban pada masing-masing tiang.

Analisis Penurunan (Settlement Analysis): Memprediksi penurunan yang terjadi pada tiang tunggal maupun kelompok tiang akibat beban yang bekerja.

Analisis Beban Lateral: Menganalisis respons tiang terhadap beban horizontal, termasuk defleksi dan momen lentur yang terjadi.

Pemodelan Tanah Berlapis: Memungkinkan pengguna untuk mendefinisikan profil tanah dengan berbagai lapisan yang berbeda sifat-sifatnya.

Berbagai Tipe Tiang: Mendukung analisis berbagai jenis tiang, seperti tiang pancang (driven piles), tiang bor (bored piles), dan jenis tiang lainnya.

Kombinasi Pembebanan: Memungkinkan pengguna untuk memasukkan berbagai kombinasi beban vertikal dan lateral untuk analisis yang lebih komprehensif.

Laporan Hasil Analisis: Menghasilkan laporan yang berisi hasil perhitungan, grafik deformasi, distribusi tegangan, dan informasi penting lainnya untuk keperluan desain dan dokumentasi.

2.3.3 Program PCA Column

PCA coloumn adalah software bantu perencanaan atau menginvestigasi struktur kolom. Software ini banyak digunakan oleh para engineer untuk mendesain kolom maupun pondasi. Software ini mudah digunakan karena bisa memiliki output

diagram interaksi. Diagram interaksi adalah diagram yang menunjukkan hubungan momen lentur dan gaya aksial tekan yang dapat dipikul elemen tekan pada kondisi batas. (Bestari,2008)

Diagram interaksi ini memiliki 2 lapis garis. Lapis garis luar adalah garis batas kekuatan nominal dan lapis dalam adalah garis batas kekuatan ijin. Titik plot pertemuan antara gaya aksial ultimate yang terjadi harus berada di dalam area garis batas kekuatan ijin suatu kolom ataupun pondasi agar desain rencana dinyatakan aman.

2.3.4 Mutu Beton

Beton didapat dari percampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan beto merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya (Bukhori, 2022).

2.3.5 Spesifikasi Material Tulangan

Baja tulangan merupakan salah satu material yang paling berpengaruh terhadap perilaku plastifikasi yang dihasilkan pada elemen struktur tahan gempa. Proses plastifikasi terjadi ketika material dikenai beban yang cukup besar, struktur atomnya mulai mengalami perubahan. Perubahan tersebut mengakibatkan ikatan antar atom meregang dan bergeser, menyebabkan deformasi yang permanen.

Berdasarkan kondisi permukaannya, baja tulangan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu BJTP (Baja Tulangan polos) dan BJTS (Baja tulangan sirip).

Tabel 2. 1 Spesifikasi Tulangan

Kelas baja tulangan	Nomor batang uji	Uji tarik			Uji lengkung		TS/YS
		Kuat luluh minimum	Kuat tarik minimum	Regangan minimum	Sudut lengkung	Diameter pelengkung	
		N/mm ² (kgf/mm ²)	N/mm ² (kgf/mm ²)	%			
BjTP 24	No. 2	235	380	20	180°	3 x d	-
	No. 3	(24)	(39)	24			
BjTP 30	No. 2	295	440	18	180°	d ≤ 16 = 3xd d >16 = 4xd	-
	No. 3	(30)	(45)	20			
BjTS 30	No. 2	295	440	18	180°	d ≤ 16 = 3xd d >16 = 4xd	-
	No. 3	(30)	(45)	20			
BjTS 35	No. 2	345	490	18	180°	d ≤ 16 = 3xd 16 < d ≤ 40 = 4xd d ≥ 40= 5xd	-
	No. 3	(35)	(50)	20			
BjTS 40	No. 2	390	560	16	180°	5 x d	Min 1,2
	No. 3	(40)	(57)	18			
BjTS 50	No. 2	490	620	12	90°	d ≤ 25 = 5xd d > 25 = 6xd	Min 1,2
	No. 3	(50)	(63)	14			
CATATAN:							
1. Hasil uji lengkung tidak boleh retak pada sisi luar lengkung							
2. Untuk baja tulangan sirip ≥ S.32 dikurangi 2 % dari nilai regangan							
3. Untuk baja tulangan sirip S.40 dan S.50 dikurangi 4 % dari nilai regangan							
4. 1 kgf/mm ² = 9,81 N/mm ²							
5. Regangan adalah regangan total panjang yang dihitung setelah sample uji putus							
6. Metode penentuan batas ulur dapat menggunakan metode <i>offset</i> dengan nilai <i>offset</i> 0,2%							
7. Batang uji tarik No. 2 untuk diameter ≤ 22 mm dan batang uji tarik No. 3 untuk diameter ≥ 25 mm							

2.3.6 Sistem Rangka Pemikul Momen

Berdasarkan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, ada beberapa sistem struktur yang dapat diterapkan dalam bangunan untuk menahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem rangka pemikul momen adalah suatu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup. Sedangkan beban angin dan beban gempa termasuk dalam beban lateral (SNI 1726:2019). Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. SRPM dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu:

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) adalah sistem rangka yang digunakan untuk bangunan yang dikenai beban gempa dengan tingkat deklitas terbatas, dapat di aplikasikan untuk kategori Desain Seismik A dan B.

Karakteristi SRPMB:

- Memiliki dektilitas terbatas
 - Komponen struktur seperti balok, plat, kolom dan joint menahan gaya melalui lentur, geser dan gaya aksial.
- b) Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah sistem rangka yang digunakan untuk perhitungan struktur gedung diwilayah dengan tingkat kegempaan sedang, dapat digunakan untuk kategori Desain Seismik C.

Karakteristis SRPMM:

- Memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa
 - Memiliki tingkat dektilitas sedang
- c) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah sistem rangka struktur beton bertulang yang dapat menahan gaya lentur, geser dan aksil. SRMPK digunakan pada bangunan bertingkat di daerah dengan resiko gempa tinggi, baik digunakan untuk kategori Desain Seismik D dan E.

Karakteristik SRPMK:

- Memiliki tingkat dektilitas tinggi.
- Memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa.
- Memiliki dektilitas penuh.

Perencanaan SRPMK:

- Pada SRPMK, beban lateral dan beban gravitasi dipancarkan terhadap setiap tingkat lantai.
- Pada SRPMK, rangka portal, elemen balok, elemen kolom dan joint balok-kolom harus di proporsikan dan di detailkan.
- Perencanaan ini sangat populer dengan sebutan Desain Kapasitas.

2.3.7 Analisis Struktur Bangunan Tahan Gempa

Gempa bumi adalah suatu gejala (*physik*) yang ditandai dengan bergetarnya bumi dengan berbagai intensitas. Selama gempa berlangsung, struktur bangunan mengalami gerakan vertikal dan horizontal. Struktur mampu bertahan dengan besarnya gaya gempa terjadi, maka diperlukan perencanaan dengan sistem dektilitas dan sendi praktis. Menurut Padoman Perencanaan Ketahanan Gempa

untuk Bangunan SNI 1726:2019, menetapkan bahwa semua persyaratan di peraturan ini sebagai pedoman minimum perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung, kecuali bangunan air, rumah tinggal lantai satu, penahan gelombang, serta gedung dengan sistem struktur yang tidak umum lainnya (SNI 1726:2019).

2.3.8 Pembebanan

1. Beban Statis

Beban statis adalah beban yang memiliki perubahan intensitas beban terhadap waktu berjalan lambat atau konstan. Jenis-jenis beban statis menurut Peraturan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung sebagai berikut:

a. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang mencakup dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung, komponen arsitektural dan struktural lainnya yang tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan itu. Berikut adalah besar beban yang melekat pada struktur perencanaan bangunan gedung 4 lantai pondok pesantren di Ungaran :

Tabel 2. 2 Beban Mati pada Struktur

Beban Mati	Besar Beban
Beton bertulang	2400 Kg/m ³
Spesi lantai	21 Kg/m ²
Sendiri plat (12cm)	288 Kg/m ²
Penutup lantai	24 Kg/m ²
Plafond dan penggantung	18 Kg/m ²
Instalasi lisrik	40 Kg/m ²
Instalasi perpipaan	25 Kg/m ²
Dinding hebel tebal 10cm	120 Kg/m ²

Lift	1000 Kg/m ²
Air	1000 Kg/m ³

b. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup yaitu beban yang memiliki sifat berpindah-pindah dan tidak tetap yang diakibatkan oleh pengguna dan pengguna bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati (SNI 1727:2019). Meskipun beban tersebut sewaktu-waktu dapat berpindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur yang direncanakan. Berikut adalah beban hidup merata yang digunakan dalam analisis struktur:

Tabel 2. 3 Beban Hidup pada Struktur

Beban Hidup	Besar Beban
Penginapan	250 Kg/m ²
Plat Atap	97 Kg/m ²

2. Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban dengan variasi perubahan intensitas beban terhadap waktu yang cepat. Beban dinamis terdiri dari beban gempa dan beban angin.

a. Beban Gempa

Gempa bumi adalah fenomena getaran yang dikaitkan dengan kejutan pada kera bumi. Beban kejut ini dapat disebabkan oleh banyak hal, tetapi salah satu faktor yang utama adalah benturan gesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Lokasi gesekan ini terjadi dapat disebut *fault zone*.

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada suatu struktur yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu. Kejutan yang berkaitan dengan benturan tersebut akan menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dan gerakan. Gaya yang timbul disebut gaya inersia, besar gaya tersebut bergantung pada banyak faktor yaitu:

- Massa bangunan
- Pendistribusian massa bangunan
- Kekakuan struktur
- Jenis tanah
- Mekanisme redaman dari struktur
- Perilaku dan besar alami getaran itu sendiri
- Wilayah gempa
- Periode getar alami

Dalam Tugas Akhir ini, faktor- faktor yang dapat mempengaruhi antara lain:

a. Kategori risiko struktur bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai pasal 4.1.2 SNI 1726-2019 tabel 3 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa (I).

Tabel 2. 4 Kategori Risiko Struktur Bangunan

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
-------------------	-----------------

Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, dan IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ Rumah susun - Pusat perbelanjaan/ Mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
---	----

(Sumber SNI 1726-2019)

b. Faktor Keutamaan gempa

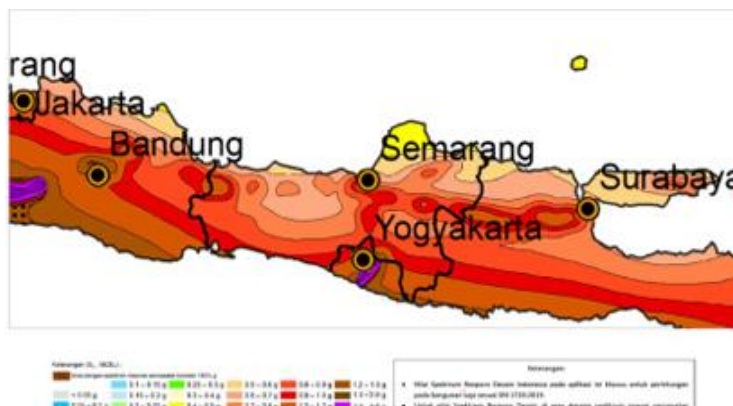
Tabel 2. 5 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

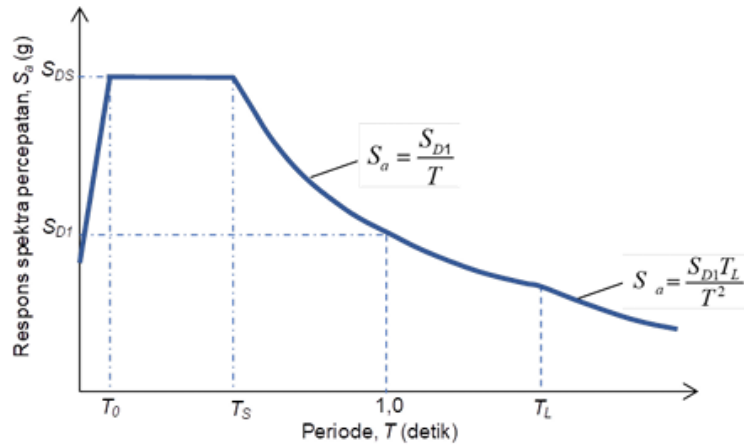
(Sumber SNI 1726-2019)

c. Parameter percepatan gempa

Parameter percepatan gempa yang digunakan adalah percepatan batuan dasar pada periode pendek $0,2$ detik (S_s) dan percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1) harus ditetapkan masing-masing dari respon spektral percepatan $0,2$ detik dan 1 detik dalam peta gerak taah seismik dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun dan di nyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Untuk menentukan S_s dan S_1 dengan melihat peta gempa <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> untuk melihat parameter percepatan gempa batuan dasar daerah, masukka nominal garis lintang dan garis bujur lokasi proyek dan klik tampilkan.



Nantinya akan muncul nilai spectrum respon percepatan desain (S_s) yang akan menghasilkan grafik. Dengan nilai S_s pada sumbu y dan nilai T pada sumbu x



Gambar 2. 3 Spektral Respon Desain

d. Kelas situs

Kelas situs tanah berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium. Pada Tugas Akhir ini ditentukan kelas situs termasuk **SC tanah keras**, dengan berikut tabel sesuai SNI 1726-2019.

Tabel 2. 6 Klarifikasi Situs

Kelas Situs	$\overline{Vs}$ (m/detik k)	$\overline{N}$ atau $\overline{N}_{ch}$	$\overline{Su}$ (kPa)
SA (batua keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $W \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\overline{Su} < 25 \text{ kPa}$		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah 2. Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3m$) 3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5m$ dengan indeks plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35m$ dengan $\overline{Su} < 50 \text{ kPa}$		

(Sumber SNI 1726-2019)

e. Koefisien Situs dan Parameter Situs Spektral Percepatan Gempa

Untuk penentuan respon spektral percepatan gempa di permukaan tanah, diperlukan suatu koefisien situs periode 0,2 detik (F_a) dan koefisien situs periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel sesuai SNI 1726-2019

Tabel 2. 7 Koefisien situs Fa

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE _R) Terpetakan pada Periode Pendek, T= 0,2 detik, S _s				
	S _s ≤0,25	S _s =0,5	S _s =0,75	S _s =1,0	S _s ≥1,25
SA	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	2,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9
SF			S _s		

(Sumber SNI 1726-2019)

Tabel 2. 8 Koefisien situs Fv

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE _R) Terpetakan pada Periode Pendek, T= 0,2 detik, S ₁				
	S ₁ ≤0,1	S ₁ =0,2	S ₁ =0,3	S ₁ =0,4	S ₁ ≥0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2
SF			S ₁		

(Sumber SNI 1726-2019)

f. Parameter percepatan spektral design

- Menghitung S_{ms} dan S_{mi}

$$S_{MS} = S_s \times F_a$$

$$S_{M1} = S_i \times F_v$$

- Menghitung S_{ds} dan S_{d1}

$$S_{DS} = 2/3 \times S_{MS}$$

$$S_{D1} = 2/3 \times S_{MS}$$

g. Kategori desain seismik

Semua struktur harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risiko (SNI 1726-2019) dan parameter respon spektral percepatan desainnya S_{DS} dan S_{D1} sesuai dengan SNI 1726-2019. Masing – masing bangunan dan struktur harus ditetapkan kedalam kategori desain seismik yang lebih parah dengan mengacu pada kedua tabel diatas SNI 1726-2019.

Tabel 2. 9 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	B
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	C
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber SNI 1726-2019)

Tabel 2. 10 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	B
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	C
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber SNI 1726-2019)

h. Koefisien Modifikasi Respon

Perencanaan struktur di daerah gempa menggunakan konsep desain kapasitas yang berarti bahwa ragam keruntuhan struktur akibat beban gempa yang besar ditentukan lebih dahulu dengan elemen-elemen kritisnya dipilih sedemikian rupa agar mekanisme keruntuhan struktur dapat memencarkan energi yang sebesar-besarnya. Konsep desain kapasitas dipakai untuk merencanakan kolom-kolom pada struktur agar lebih kuat dibandingkan dengan elemen-elemen balok (*Strong Column Weak Beam*). Koefisien Modifikasi Respon (R) bisa dilihat yang mengacu pada SNI 1726-2019.

Tabel 2. 11 Faktor-faktor untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respon R	Faktor Kuat lebih Sistem Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi $i \cdot C_d$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ²				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
1. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI

3. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI
--	---	---	-----	----	----	----	----	----

TB = Tidak Dibatasi

TI = Tidak Di ijin

(Sumber SNI 1726-2019)

2.3.9 Struktur Atas

Struktur atas adalah struktur bangunan gedung yang secara visual berada diatas tanah, yang terdiri dan struktur portal utama yaitu kesatuan antara balok, kolom dan struktur sekunder seperti pelat, tangga, lift, balok anak.

Pada penulisan tugas akhir ini penulis merencanakan gedung pondok pesantren 4 lantai.

2.3.9.1. Perhitungan Pelat

2.3.9.1.1. Definisi Pelat

Pelat beton merupakan suatu permukaan horizontal yang rata pada lantai bangunan, atap, jembatan, atau jenis struktur lainnya. Pelat beton di tumpu oleh dinding, balok, kolom, atau juga terletak langsung diatas tanah (*slab onground*). Pada struktur balok-pelat, umumnya balok dan pelat di cor secara bersama-sama sehingga menghasilkan satu kesatuan struktur yang monolit.

Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadinya momen lentur. Oleh karena itu pelat juga direncanakan terhadap beban lentur seperti pada balok. Untuk merencanakan pelat beton bertulang yang perlu diperhatikan tidak hanya pembebanan saja,

tetapi juga jenis perletakan dan jenis penghubung di tempat tumpuan. Kekakuan hubungan antara pelat dan tumpuan akan menentukan besar momen lentur yang terjadi pada pelat. Ada 3 jenis perletakan pelat pada balok, sebagai berikut:

1. Terletak Bebas

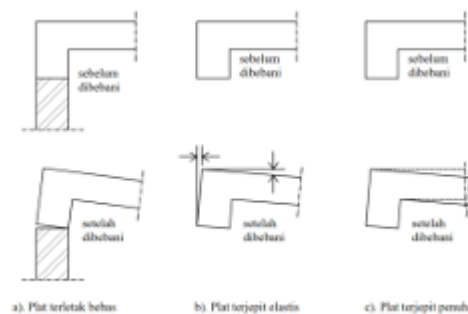
Keadaan ini terjadi jika pelat di letakkan begitu saja di atas balok atau antara pelat dan balok tidak dicor bersama-sama sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut, pelat yang ditumpu dengan tembok juga dapat disebut terletak bebas.

2. Terjepit Bebas

Keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicoe bersama-sama secara monolit, tetapi ukuran balok cukup kecil, sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi pelat.

3. Terjepit Penuh

Keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit dan ukuran balok cukup besar, sehingga balok dapat mencegah terjadinya rotasi pelat.



Gambar 2. 4 Jenis Perletakan Pelat pada Balok

2.3.9.1.2. Macam-Macam Sistem Pelat

Sistem perhitungan struktur pelat atap, pelat lantai, jembatan, pelabuhan dan lain-lain. Pada dasarnya sama saja, hanya berbeda dalam hal pembebanannya. Sistem perencanaan tulangan pelat pada daarnya dibagi dua macam, yaitu:

1. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

Pelat satu arah yaitu suatu pelat yang memiliki panjang lebih besar atau lebih lebar yang bertumpu menerus melalui balok-balok. Maka hampir sama semua beban lantai dipikul oleh balok-balok yang sejajar. Suatu pelat dikatakan satu arah apabila $L_y/L_x \geq 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang dari sisi-sisinya. Struktur pelat satu arah dapat digambarkan sebagai pelat yang didukung pada kedua tepinya sehingga lenturannya timbul hanya dalam satu arah. Ada berbagai jenis sistem pelat satu arah diantaranya:

- Sistem balok menerus pelat satu arah.
- Sistem pelat lantai satu arah atau *flat slab*.
- Sistem pelat berusuk satu arah.
- Sistem pelat datar atau *flat plate*.

2. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Pelat dua arah adalah pelat yang didukung dari keempat sisi dengan lendutan yang akan timbul saling tegak lurus, atau perbandingan antara sisi panjang dan pendek tidak lebih dari 2. Momen lentur yang bekerja pada pelat dua arah yaitu searah dengan bentang L_x dan L_y . Pelat dikatakan pelat dua arah apabila rasio bentang pada sisi panjang dan sisi pendeknya kurang dari atau sama dengan dua ($L_y/L_x \leq 2,0$), $\beta = L_y/L_x \leq 2$ (pelat 2 arah).....(2.1)

Dimana:

β = rasio antar bentang

L_y = panjang pelat pada sumbu y

L_x = panjang pelat pada sumbu x

Dan apabila rasio tersebut lebih dari dua ($L_y/L_x \geq 2,0$), maka pelat merupakan pelat satu arah.

- a. Untuk $\alpha_{Fm} \leq 0,2$ harus menggunakan SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.1 sebagai berikut:

Tabel 2. 12 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh f_y (Mpa)	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggiran	Dengan balok pinggiran		Tanpa balok pinggiran	Dengan balok pinggiran	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/43$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(Sumber : SNI 2847-2019)

- b. Untuk $0,2 < \alpha_{Fm} \leq 2$, dipilih nilai terbesar dari:

$$h_{min} = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{Fm} - 0,2)} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$h_{min} = 125 \dots\dots\dots(2.3)$$

- c. Untuk $\alpha_{Fm} > 2$, dipilih nilai terbesar dari:

$$h_{min} = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$h_{min} = 90 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan:

$$\alpha_f = \frac{E_c \text{ balok} \cdot I \text{ balok}}{E_c \text{ pelat} \cdot I \text{ pelat}} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$I \text{ Balok} = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \dots\dots\dots(2.8)$$

$$I \text{ Pelat} = \frac{1}{12} \cdot lb \cdot hf^3 \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

f_y = kuat leleh tulangan disyaratkan, Mpa

h_{min} = tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur terkecil,
mm

α_{Fm} = nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel

- α_f = rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel di sebelahnya (jika ada) pada setiap sisi balok.
- l_n = panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka balok, mm
- β = rasio dimensi panjang terhadap pendek bentang bersih untuk pelat dua arah
- E_c = modulus elastisitas beton, Mpa
- $\sqrt{f_c'}$ = akar kuadrat kekuatan tekan yang disyaratkan, Mpa
- I = momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm⁴
- h = tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm
- ℓ_b = panjang komponen struktur tekan alam rangka, yang diukur pusat ke pusat *joint* dalam rangka, mm
- h_f = tebal pelat rencana, mm
- d. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α tidak kurang dari 0,8

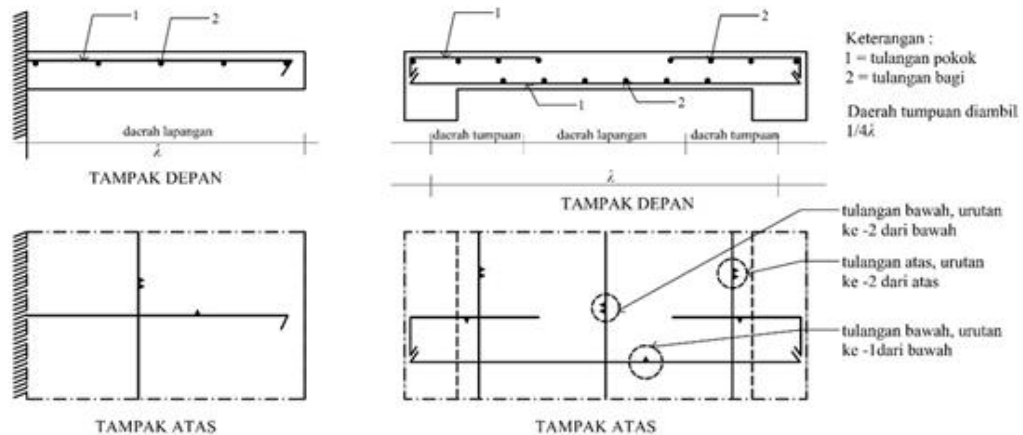
2.3.9.1.3. Sistem Penulangan Pelat

Sistem penulangan pelat pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam yaitu sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah (*one way slab*) dan sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok dua arah (*two way slab*).

1. Sistem penulangan satu arah (*one way slab*)

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan ditemui jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contohnya pelat satu arah adalah pelat kantilever dan pelat yang ditumpu oleh dua tumpuan sejajar. Karena momen lentur hanya bekerja pada 1 arah saja, yaitu searah bentang λ , maka tulangan pokok juga dipasang satu arah yang searah dengan bentang λ tersebut. Untuk menjaga agar kedudukan tulangan pokok pada saat pengecoran tidak berubah dari tempat semula, maka dipasang pula tulangan tambahan yang arahnya tegak lurus tulangan pokok. Tulangan pokok ini sering disebut dengan tulangan bagi. Kedudukan tulangan

pokok dan tulangan bagi selalu bersilangan tegak lurus, dimana tulangan pokok dipasang dekat dengan tepi luar beton sedangkan tulangan bagi dipasang dibagian dalamnya dan menempel pada tulangan pokok. Fungsi tulangan bagi selain memperkuat kedudukan tulangan pokok, juga sebagai tulangan untuk menahan retak beton akibat susut dan perbedaan suhu pada beton. Berikut gambaran tulangan satu arah:

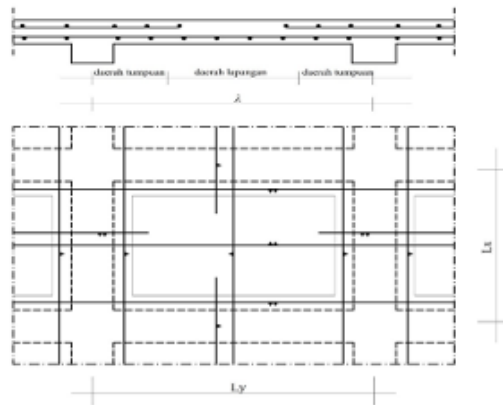


Gambar 2. 5 Penulangan Pelat Satu Arah

2. Sistem penulangan dua arah (*two way slab*)

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan ditemui jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Contoh pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh 4 sisi yang saling sejajar. Karena momen lentur bekerja pada dua arah yaitu searah bentang L_x dan bentang L_y , maka tulangan pokok juga dipasang pada dua arah yang saling tegak lurus sehingga tidak perlu tulangan bagi. Akan tetapi pada pelat di daerah tumpuan hanya bekerja momen lentur satu arah saja, sehingga untuk daerah tumpuan tetap dipasang tulangan pokok dan tulangan bagi. Bentang L_y selalu dipilih L_x , tetapi momennya M_{Ly} selalu M_{Lx} sehingga tulangan arah L_x (momen yang besar) dipasang didekat tepi luar.

Berdasarkan SNI 2847-2019 daerah tumpuan diambil $\frac{1}{4}$ kali bentang terpendek ($\frac{1}{4} \cdot L_x$). Dapat digambarkan sebagai berikut:

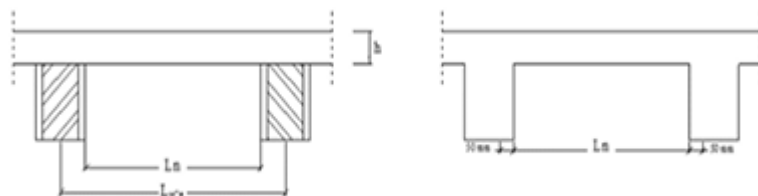


Gambar 2. 6 Penulangan Pelat Dua Arah

2.3.9.1.4. Perencanaan Dimensi Pelat

Pada perencanaan dimensi pelat beton bertulang, perlu diperhatikan beberapa persyaratan / ketentuan sebagai berikut:

1. Pada perhitungan pelat, lebar efektif pelat harus diambil selebar kolom ditambah $1,5h$ dari pelat atau *drop panel* pada salah sisi kolom atau kepala kolom (SNI 2847-2019 pasal 8.4.2.3.3)
2. Panjang bentang (L) – SNI 2847-2019 pasal 8.10.3
 - a. Pelat yang tidak menyatu dengan struktur pendukung
 $L = L_n + h$ dan $L < L_{as-as}$
 - b. Pelat yang menyatu dengan struktur pendukung jika $L_n \leq 3,0$ m, maka $L < L_{as-as}$ Jika $L_n \geq 3,0$ m, maka $L = L_n + 2 \times 50$ mm (PBI-1971)



Gambar 2. 7 Penentuan Bentang Pelat

3. Tebal minimum pelat (h)

- a. Untuk pelat satu arah (SNI 2847-2019 pasal 9.5.2.1), tebal minimum pelat dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 13 Tinggi Minimal Pelat Satu Arah

Kondisi tumpuan	h Minimum
Tumpuan sederhana	$\ell / 20$
Satu ujung menerus	$\ell / 24$
Kedua ujung menerus	$\ell / 28$
Kantilever	$\ell / 10$

(sumber SNI 2847-2019)

- b. Untuk pelat dua arah (SNI 2847-2019 pasal 13.6.1.6), tebal minimum pelat bergantung pada $\alpha_f m = \alpha f$ rata-rata, dimana α adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan rumus:

$$\alpha f = \frac{Ecb/Ib}{Ecp/Ip} \dots\dots\dots(2.10)$$

- Jika $\alpha_f m \leq 0,2$ maka ketebalan mengikuti ketentuan pada tabel yang di point 2.3.4
- Jika $0,2 < \alpha_f m \leq 2$ maka dipilih angka terbesar dari:

$$h = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 5.\beta.(am - 0,2)} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$h = 125 \text{ mm} \dots\dots\dots(2.12)$$

- Jika $\alpha_f m > 2$ maka dipilih angka terbesar dari:

$$h = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9.\beta} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$h = 90 \text{ mm} \dots\dots\dots(2.14)$$

dengan β = rasio bentangan bersih pelat dalam arah memanjang dan arah memendek

4. Tebal selimut beton minimal (SNI 2847-2019 pasal 20.6.1.3.1)
 - a. Untuk batang tulangan $D \leq 36$, tebal selimut beton $\geq 20\text{mm}$
 - b. Untuk batang tulangan D44-D55, tebal selimut beton $\geq 40\text{mm}$

2.3.9.1.5. Perencanaan Penulangan Pelat

Pada perencanaan pelat beton bertulang, perlu diperhatikan beberapa persyaratan atau ketentuan sebagai berikut:

1. Jarak bersih antar tulangan (s) – Pasal 25.2.3 SNI 2847-2019, yaitu jarak spasi bersih antar tulangan paling sedikit $1,5d_b$.
2. $s \geq d_b$ dan $s \geq 25 \text{ mm}$ (d_b adalah diameter tulangan) (SNI 2847-2019 Pasal 25.2.1)
3. SNI 2847-2019 pasal 25.2.3 – $s \geq \frac{4}{3} \times \text{Diameter maksimal agregat}$, atau $s \geq 40 \text{ mm}$

Catatan : diameter nominal maksimal kerikil $\approx 30 \text{ mm}$

4. Jarak maksimal tulangan (as ke as)
 - a. Tulangan Pokok :

Pelat 1 arah : $s \leq 3.h$ dan $s \leq 450 \text{ mm}$ (pasal 7.7.2.3)

Pelat 2 arah : $s \leq 2.h$ dan $s \leq 450 \text{ mm}$ (pasal 8.7.2.2)
 - b. Tulangan Bagi :

$s \leq 5.h$ dan $s \leq 450 \text{ mm}$ (pasal 7.7.6.2.1)

Luas tulangan minimum pelat

5. Tulangan pokok minimum (SNI 2847-2019 pasal 8.6.1.1)
 - Untuk $f_y < 420 \text{ Mpa}$, maka diambil nilai dari :

$$A_{s,\min} = 0,0020 b \cdot h \dots\dots\dots(2.15)$$
 - Untuk $f_y \geq 420 \text{ Mpa}$, maka diambil ilai terbesar dari :

$$A_{s,\min} = \frac{0,0018 \cdot 420}{f_y} b \cdot h \dots\dots\dots(2.15)$$

$$A_{s,\min} = 0,0014 b \cdot h \dots\dots\dots(2.16)$$

6. Menghitung rasio tulangan pada kondisi *balance* :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana :

ρ_b = rasio tulangan pada kondisi *balance*

β_1 = faktor distribusi tegangan beton, $\beta_1 = 0,85$

f_y = kuat leleh tulangan yang disyaratkan, MPa

$f_{c'}$ = kekuatan tekan beton yang disyaratkan, MPa

7. Menghitung faktor tahanan momen maksimum :

$$R_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \cdot f_y \left(1 - 0,5 \cdot 0,75 \cdot \rho_b \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \right) \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana :

R_{max} = faktor tahanan momen maksimum

8. Menghitung momen nominal rencana :

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana :

M_n = momen nominal rencana pelat, kNm

M_u = momen rencana (maksimum) pelat, kNm

Φ = faktor reduksi kekuatan lentur, $\Phi = 0,80$

9. Menghitung faktor tahanan momen :

$$R_n = \frac{M_n - 10^6}{(b \cdot d^2)} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana :

R_n = faktor tahanan momen nominal

b = lebar pelat yang ditinjau, mm

d = tebal efektif pelat, mm

- a. Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0,85 \frac{f_{c'}}{f_y} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_{c'}}} \right) \dots \dots \dots (2.21)$$

- b. Perhitungan luas tulangan yang diperlukan:

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2.22)$$

- c. Menghitung jarak tulangan pelat :

1. Jarak tulangan yang diperlukan :

$$s = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s} \dots\dots\dots (2.23)$$

2. Jarak tulangan maksimum :

$$s_{max} = 2 \cdot h \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

s = jarak tulangan, mm

ϕ = diameter tulangan yang digunakan, mm

h = tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm

b = lebar muka tekan komponen struktur, mm

A_s = luas tulangan tarik longitudinal non-prategang, mm²

2.3.9.2. Perhitungan Balok

2.3.9.2.1. Definisi Balok

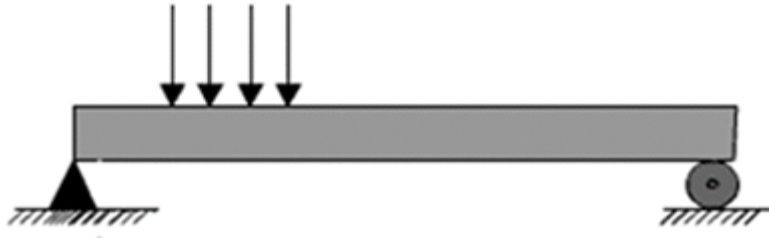
Balok adalah elemen struktur yang berfungsi menyalurkan beban ke kolom. Balok merupakan bagian dari struktur inti bangunan selain kolom dan fondasi. Beban-beban yang bekerja pada balok akan menghasilkan gaya reaksi pada titik perletakan/tumpu balok. Beban-beban yang bekerja juga akan menghasilkan gaya geser dan momen lentur pada balok, efek total dari semua gaya yang bekerja balok menghasilkan gaya geser dan momen lentur pada balok, menimbulkan gaya dalam berupa tarikan dan tekanan, dan menimbulkan lendutan pada balok.

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal, sedangkan portal merupakan kerangka utama garis-garis horizontal (balok) dan vertikal (kolom) yang saling berpotongan/bertemu pada titik buhul (*joint*). Perkembangan teknologi konstruksi saat ini telah dikembangkan beberapa jenis balok sesuai dengan fungsi dan posisinya pada bangunan. Berikut ini adalah jenis-jenis balok :

1. Balok sederhana

Balok sederhana itu sendiri pada ujung kolom bertumpu. Dimana dengan menggunakan satu ujung bebas berotasi dan tidak memiliki momen tahan. Balok

jenis ini hampir sama seperti struktur statis lainnya. Nilai dari semua reaksi serta pergeseran dan juga momen untuk balok sederhana itu sendiri tidak tergantung bentuk penampang dan materialnya.



Gambar 2. 8 Balok Sederhana

2. Balok dengan ujung tetap

Jenis balok ini disebut balok dengan ujung tetap karena dikaitkan kuat. Selain itu, balok tersebut juga dibuat untuk menahan translasi dan rotasi. Pada umumnya ujung-ujung dari balok ini dikunci sedemikian kuat sehingga tidak bergerak ataupun berotasi karena momen.



Gambar 2. 9 Balok Ujung Tetap

3. Balok kantilever

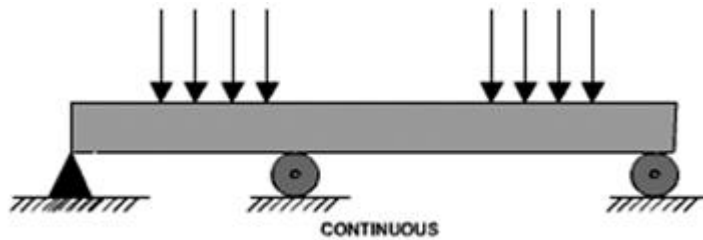
Kantilever merupakan salah satu jenis balok yang diproyeksikan atau struktur kaku lainnya didukung hanya pada satu ujung. Dalam arti lain, balok yang satu ini berguna untuk menanggung beban di ujung yang tidak memiliki penyangga.



Gambar 2. 10 kantilever

4. Balok kontinyu atau Balok menerus

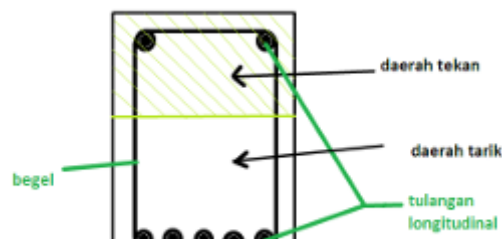
Balok kontinyu atau balok menerus ini memiliki bentuk yang memanjang secara menerus serta melewati lebih dari dua kolom tumpuan. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan kekakuan yang lebih besar dan momen yang lebih kecil dari serangkaian balok tidak menerus dengan panjang dan beban yang sama pada bangunan.



Gambar 2. 11 Balok Menerus

2.3.9.2.2 Balok dengan Tulangan Tunggal

Balok dengan tulangan tunggal adalah balok yang hanya memerlukan tulangan tarik saja. Tulangan di daerah tekan hanya berfungsi sebagai menjaga tulangan lentur tetap pada posisinya, sebagai tulangan integritas dan menjaga bentuk dan posisi sengkang. Tulangan di daerah tekan tersebut biasa disebut sebagai tulangan praktis.



Gambar 2. 12 Gambar Penampang Balok Tulangan Tunggal

Jika balok menahan momen lentur cukup besar, maka pada serat-serat balok bagian atas akan mengalami tegangan tekan dan pada serat-serat balok bagian bawah mengalami tegangan tarik. Untuk serat-serat balok bagian atas yang mengalami tegangan tekan, tegangan ini akan ditahan oleh beton, sedangkan untuk serat-serat bawah yang mengalami tegangan tarik akan ditahan oleh baja tulangan, karena kuat tarik beton diabaikan.

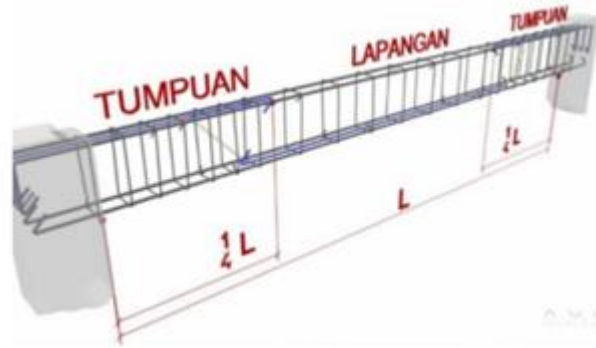
2.3.9.2.3 Balok dengan Tulangan Rangkap

Yang dimaksud dengan balok beton bertulang tulangan rangkap adalah balok beton yang diberikan tulangan pada penampang beton daerah tarik dan daerah tekan sehingga balok akan lebih kuat dalam hal menerima beban yang berupa momen lentur. Pada praktik di lapangan hampir semua balok dipasang tulangan rangkap. Meskipun penampang beton pada balok dapat dihitung dengan tulangan tunggal, tetapi pada kenyataannya selalu tulangan tekan minimal 2 batang dan dipasangkan pada bagiansudut penampang balok beton yang menahan tekan.

Tulangan longitudinal tarik maupun tekan maupun tekan pada balok dipasang dengan arah sejajar sumbu balok. Biasanya tulangan tarik dipasang lebih banyak daripada tulangan tekan, kecuali pada balok yang menahan lentur kecil. Misalnya balok praktis cukup dipasang tulangan tarik dan tulangan tekan masing-masing 2 batang dan diletakkan pada 4 sudut penampang balok.

Untuk balok yang menahan momen lentur besar, tulangan tarik dipasang lebih banyak daripada tulangan tekan. Keadaan ini disebabkan oleh kekuatan beton pada daerah tarik yang diabaikan, sehingga praktis semua beban tarik ditahan oleh tulangan longitudinal tarik. Sedangkan pada daerah beton dan sisa beban tekan tersebut sebagian besar ditahan oleh tulangan sehingga jumlah tulangan lebih sedikit.

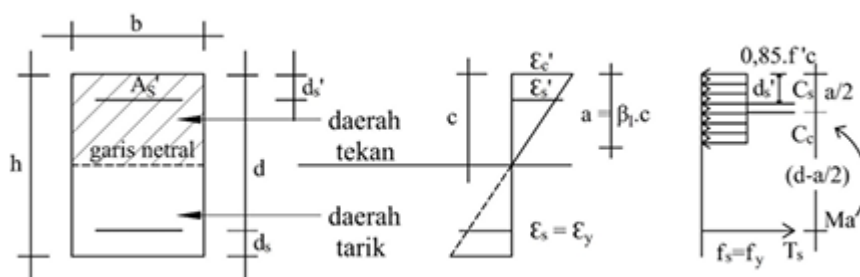
Pada protal bangunan bangunan gedung, balok yang menahan momen lentur besar terjadi pada daerah lapangan (bentang tengah) dan ujung balok (tumpuan jepit balok).



Gambar 2. 13 Pemasangan Tulangan pada Balok

Pada gambar pemasangan tulangan pada balok di daerah lapangan dipasang tulangan bawah 3 buah yang lebih banyak dari pada tulangan atas yang hanya 2 buah karena dilapangan (bentang tengah balok) terjadi momen positif, berarti penampang beton daerah tarik berada dibagian bawah. Sedangkan diujung dekat kolom terjadi sebaliknya yaitu momen negatif, berarti penampang beton daerah tarik berada dibagian atas. Oleh karena itu dipasang tulangan atas 2 buah lebih banyak daripada tulangan dibawah.

Regangan dan tegangan yang terjadi pada balok dengan penampang beton bertulang rangkap seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 14 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Rangkap

Keterangan :

a = tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen $\beta_1 \cdot C$, mm

A_s = luas tulangan tarik, mm^2

A_s' = luas tegangan tekan, mm^2

b = lebar penampang balok, mm

b_s' = jarak antar titik berat tulangan tekan dan tepi serat beton tekan, mm

c = jarak antara garis netral dan tepi serat beton tekan, mm

C_c = gaya tekan beton, kN

C_s = gaya tekan baja tulangan, kN

d = tinggi efektif penampang balok, mm

d_s = jarak antara titik berat tulangan tarik dan tepi serat beton tarik, mm

E_s = modulus elastisitas baja tulangan, diambil 200.000 MPa

f_c' = tegangan tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari, MPa

f_s = tegangan tarik baja tulangan = $\epsilon_s \cdot E_s$, MPa

f_s' = tegangan tarik baja tulangan = $\epsilon_s' \cdot E_s$, MPa

f_y = tegangan tarik baja tulangan pada saat leleh, MPa

h = tinggi penampang balok, mm

M_n = momen nominal aktual, kNm

T_s = gaya tarik baja tulangan, Kn

β_1 = faktor pembentuk blok tegangan beton tekan persegi ekuivalen, yang nilainya bergantung pada mutu beton

ϵ_c' = regangan tekan beton, dengan ϵ_c maksimal (ϵ_{cu}) = 0,003

ϵ_s = regangan tarik baja tulangan = $\frac{f_s}{E_s}$

ϵ_s' = regangan tekan baja tulangan = $\frac{f_s'}{E_s}$

ϵ_y = regangan tarik baja tulangan pada saat leleh = $\frac{f_y}{E_s} = \frac{f_y}{200.000}$

2.3.9.2.4. Perencanaan Dimensi Balok

Pada perencanaan dimensi balok beton bertulang, perlu diperhatikan beberapa persyaratan / ketentuannya sebagai berikut :

1. Syarat kelangsingan balok:

Untuk $f_y \leq 420$ Mpa harus menggunakan ketentuan dari tabel sebagai berikut:

Tabel 2. 14 Tinggi Minimum Balok Nonprategang

Kondisi perlekatan	Minimum h
Perlekatan sederhana	$\ell/16$
Menerus dua sisi	$\ell/18,5$
Menerus satu sisi	$\ell/21$
kantilever	$\ell/8$

(Sumber SNI 2847-2019)

Untuk $f_y > 420$ Mpa persamaan dari tabel harus dikalikan

dengan $\left(\frac{0,4+f_y}{700}\right)$(2.25)

$\frac{h}{b} \geq 3$(2.26)

Dimana :

ℓ = panjang balok, m

f_y = kuat leleh tulangan yang disyaratkan, MPa

h = tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm

b = lebar minimum balok, mm

2. Tebal selimut beton minimal (SNI 2847-2019 pasal 20.6.1.3.1)

Tabel 2. 15 Ketebalan Selimut Beton untuk Balok

Paparan	Tulangan	Ketebalan selimut
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Batang D19 > D57	50
	Batang D16 Kawat $\leq \varnothing 13$ atau D13	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dang sengkang pengekang	40

(Sumber SNI 2847-2019)

2.3.9.2.5. Perencanaan Penulangan Balok

Pada balok terdapat beberapa jenis tulangan, yaitu tulangan lentur dan tulangan geser. Pada perencanaan penulangan balok beton bertulang, perlu diperhatikan ketentuan dan persyaratan pada setiap jenis-jenis tulangnya sebagai berikut:

1. Tulangan Lentur pada Balok
 - a. Jarak bersih antar tulangan (s) – Pasal 25.2.3 SNI 2847 – 2019, yaitu jarak spasi bersih antar tulangan paling sedikit 1 db.
 - b. $s \geq db$ and $s \geq 25 \text{ mm}$ (db adalah diameter tulangan) (Pasal 25.2.1 SNI 2847 – 2019)
 - c. Luas tulangan minimum balok ($A_{s \text{ min}}$)

Tulangan pokok minimum (SNI 2843:2019 pada Pasal 9.6.1.2)

$$A_{s \min 1} = \frac{0,25x\sqrt{f_c}}{f_y} x b x d \dots\dots\dots(2.27)$$

$$A_{s \min 2} = \frac{1,4}{f_y} x b x d \dots\dots\dots(2.28)$$

d. Rasio tulangan maksimum ($\rho_{\max}$)

$$\rho_{\max 1} = 0,75. \beta_1. 0,85. \frac{f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana:

$\rho_{\max 1}$ = rasio tulangan maksimum

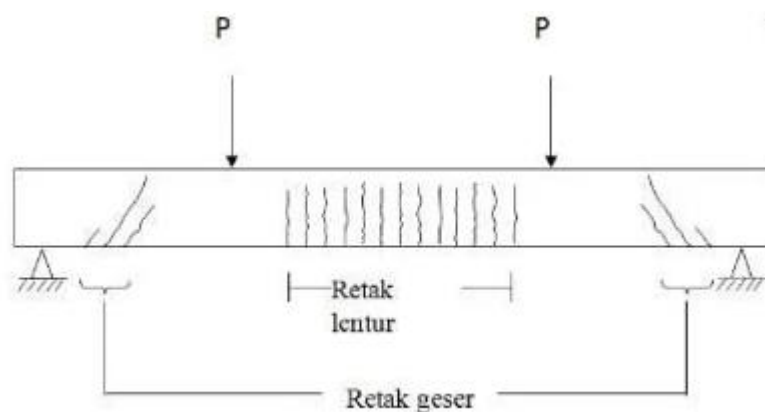
β_1 = faktor distribusi tegangan beton, $\beta_1 = 0,85$

f_y = kuat leleh tulangan yang disyaratkan ,MPa

f_c = kekuatan tekan beton yang disyaratkan, MPa

2. Tulangan Geser Balok

Gaya geser biasanya tidak bekerja sendiri, namun terjadi secara bersamaan menggunakan gaya lentur/momen, torsi atau nominal/aksial. Besar gaya geser pada balok, umumnya bervariasi sepanjang bentang. Jika ada sebuah balok yang ditumpu secara sederhana (tumpuan sendi pada ujung yang satu dan tumpuan rol pada ujung lainnya), kemudian di atas balok diberi beban cukup berat, balok tersebut dapat terjadi 2 retakan yaitu retakan akibat lentur/momen dan retakan akibat geser.



Retakan lentur terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan beban

Gambar 2. 15 Jenis Retakan pada Balok

lentur, sehingga biasanya terjadi pada daerah lapangan (bentang tengah) balok, karena pada daerah timbul momen lentur paling besar. Retakan geser terjadi

pada daerah ujung (dekat tumpuan) balok, karena pada daerah ini timbul gaya geser/gaya lintang paling besar.

2.3.9.3. Perhitungan Kolom

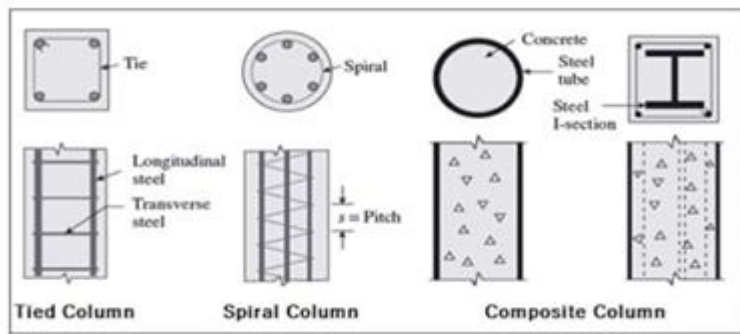
2.3.9.3.1. Definisi Kolom

Kolom adalah salah satu elemen struktur vertikal yang berfungsi meneruskan beban aksial dan diteruskan ke pondasi. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur.

Dalam merencanakan kolom perlu diwaspadai, yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi daripada yang dilakukan pada balok dan elemen struktural horizontal lainnya, karena keruntuhan tekan tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas.

Beberapa jenis kolom yang sering ditemui di lapangan, yaitu :

- a. Kolom penampang persegi (*tie column*) yang memiliki besi tulangan pokok memanjang dan memiliki besi pengikat (sengkang) arah lateral sepanjang kolom dengan spasi tertentu.
- b. Kolom penampang bulat (*spiral column*) yang memiliki besi tulangan pokok memanjang yang dililitkan keliling membentuk *helix* di sepanjang kolom.
- c. Kolom komposit (*composite column*) merupakan komponen struktur tekan arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi besi tulangan pokok memanjang.



Gambar 2. 16 Tipe Kolom

Berdasarkan hasil percobaan, kolom bulat yang dipasang sengkang spiral mempunyai pelenturan lebih baik dibandingkan dengan kolom persegi dengan sengkang ikat biasa. Kolom dengan sengkang ikat persegi mempunyai perilaku keruntuhan yang tiba-tiba setelah beban puncak, namun pada kolom bulat dengan sengkang spiral setelah beban-beban puncak mengalami penurunan kekuatan yang relatif kecil dan mampu mengembangkan perubahan bentuk pelenturan secara signifikan.

Pada SNI 2847-2019 pasal 6.2.5 membedakan antara kolom panjang dan kolom pendek untuk kolom bergoyang yaitu:

$$\frac{k.Lu}{r} \leq 22 \rightarrow \text{Kolom Pendek} \dots \dots \dots (2.30)$$

$$\frac{k.Lu}{r} > 22 \rightarrow \text{Kolom Panjang} \dots \dots \dots (2.31)$$

Dimana:

Lu = tinggi bagian kolom yang ditumpu secara lateral

k = faktor panjang efektif kolom

r = radius garis atau jari-jari inersia penampang kolom (0,3.h untuk kolom persegi, 0,25. Diameter untuk kolom bulat)

2.3.9.3.2 Kekuatan Kolom

Kekuatan kolom pendek yang dibebani secara konsentrik terbagi atas komponen sambungan beton.

P_c kekuatan aksial beton tanpa tulangan adalah :

$$P_c = 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_s) \dots \dots \dots (2.32)$$

Pc kekuatan aksial beton tulangan baja adalah :

$$P_c = f_y \cdot A_s \dots \dots \dots (2.33)$$

Dimana :

A_s = luas total tulangan baja yaitu $A_g + A_s'$, mm²

A_g = luas total penampang kotor, mm²

f_c' = kuat tekan beton, MPa

f_y = kuat leleh tulangan yang disyaratkan, MPa

Penggunaan nilai 0,85 dalam perhitungan kekuatan kolom didasari atas adanya perbedaan kekuatan tekan beton pada elemen struktur aktual terhadap kuat tekan beton silinder, yaitu $f_c' = 0,85 \cdot f_c'$.

Berdasarkan persamaan tersebut, kekuatan aksial kolom adalah penjumlahan dari:

$$P_o = 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_s) + f_y \cdot A_s \dots \dots \dots (2.34)$$

Pada SNI 2847-2019 pasal 22.4.2.1 mensyaratkan adanya reduksi kekuatan sedemikian rupa sehingga persamaan kekuatan kolom sebagai berikut

1. Untuk kolom dengan tulangan spiral

$$P_{n,max} = 0,85 \cdot P_o$$

2. Untuk kolom dengan tulangan-tulangan pengikat / sengkang

$$P_{n,max} = 0,80 \cdot P_o$$

Nilai kekuatan nominal di atas harus dikalikan dengan faktor reduksi untuk elemen struktural tekan (SNI 2847-2019 pasal 21.2.1), yaitu :

1. $\Phi = 0,75$ untuk kolom dengan tulangan spiral
2. $\Phi = 0,65$ untuk kolom dengan tulangan pengikat / sengkang

SNI 2847-2019 memperbolehkan untuk komponen struktur yang memakai

$f_y \leq 420$ MPa dengan tulangan simetris, meningkatkan nilai Φ secara linier menjadi 0,9 apabila $\Phi \cdot P \leq 0,10 \cdot f_c' \cdot A_s$ sedangkan untuk kolom lain

($f_y \geq 420 \text{ MPa}$) nilai Φ boleh ditingkatkan secara linier menjadi 0,9 apabila $\Phi \cdot P \leq$ nilai terkecil dari $0,10 \cdot f_c' \cdot A_g$ dan $\Phi \cdot P_n \cdot b$.

Untuk kolom dengan tulangan sengkang berlaku ketentuan sebagai berikut:

1. Jika beban P_u ($P_u = \Phi \cdot P_n$) $\geq P_u \Phi$, maka nilai $\Phi = 0,65$
2. Jika beban P_u ($P_u = \Phi \cdot P_n$) $< P_u \Phi$, maka nilai $\Phi = 0,9 - \frac{0,25 \cdot P_u}{P_u \Phi}$

Dimana:

P_u = gaya aksial tekan perlu atau gaya aksial tekan faktor, Kn

$P_u \Phi$ = gaya aksial terfaktor pada batas nilai Φ yang sesuai, Kn

$P_{n,b}$ = gaya aksial nominal pada kondisi regangan penampang seimbang, Kn

A_g = luas penampang kolom, mm^2

Φ = faktor reduksi kekuatan

Ada dua tipe keruntuhan kolom yang mengalami beban aksial yaitu:

1. Keruntuhan Tarik.
2. Keruntuhan Tekan.

2.3.9.3.3. Perencanaan Dimensi Kolom

Berdasarkan analisis yang pernah dilakukan, Mac Gregor (1997) mengungkapkan bahwa pemilihan tipe kolom dengan sistem penulangannya ditentukan berdasarkan rasio antara eksentrisitas beban terhadap tinggi penampang (e/h) yang dilakukan sebagai berikut:

1. Untuk $e/h < 0,1$ kolom penampang bulat dengan sengkang bulat (spiral atau hoop) lebih efisien digunakan, terutama yang berkaitan dengan kapasitas beban yang dimilikinya.
2. Untuk $0,1 \leq e/h \leq 0,2$ kolom persegi dengan penulangan dua sisi (*two faces*) lebih efisien penggunaannya.
3. Untuk $e/h > 0,2$ penggunaan kolom persegi dengan penulangan empat sisi (*four faces*) lebih efisien penggunaannya.

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 22.4.2.1 kekuatan tekan rencana ΦP_n maksimum dari komponen struktur tekan yang dibebani gaya aksial dengan eksentrisitas nol dapat dinyatakan sebagai berikut:

1. Komponen struktur non-pratekan dengan tulangan spiral:

$$\Phi P_{n,max} = 0,85. [0,85 f'c'(A_g - A_s) + A_{st}f_y] \dots\dots\dots(2.35)$$

2. Komponen struktur non-pratekan dengan tulangan pengikat:

$$\Phi P_{n,max} = 0,80. [0,85 f'c'(A_g - A_s) + A_{st}f_y] \dots\dots\dots(2.36)$$

Sementara luas penampang kolom A_g yang diperlukan dengan rasio penulangan A_g dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$A_g = \frac{P_u}{0,80.\phi.[0,85.f'c'(1-P_g)+(f_y.P_g)]} \dots\dots\dots(2.37)$$

2.3.9.3.4 Perhitungsn Faktor Panjang Tekuk Efektif Kolom

Menurut SNI 2847-2019 pasal 6.2.5, komponen tekan yang tidak ditahan terhadap goyang samping, pengaruh batas kelangsingannya boleh diabaikan jika memenuhi persamaan berikut:

$$\frac{k.Lu}{r} \leq 22 \dots\dots\dots(2.38)$$

Faktor panjang efektif $((EI)_{eff})$ harus ditentukan menggunakan nilai E_c dan

I. Untuk komponen struktur tidak bergoyang k boleh diambil sebesar 1,0 dan untuk komponen struktur bergoyang k tidak boleh kurang dari 0,1.

$$E_c = 4700\sqrt{f'c'} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$((EI)_{eff}) = \frac{E_c I}{1+\beta_{dns}} \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana:

E_c = modulus elastisitas beton, MPa

$f'c'$ = kuat tekan beton, MPa

$(EI)_{eff}$ = faktor panjnag efektif

I = momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm⁴

β_{dns} = 0,6. Rasio yang digunakan untuk memperhitungkan reduksi kekakuan kolom akibat beban aksial tetap

Cek terhadap kelangsingan kolom arah x dan arah y menurut SI 2847-2019 pasal 6.2.5 rumus harus berdasarkan pada persamaan (2.3.8.3.4(1)). Jika kolom bangunan yang ditinjau termasuk kolom panjang (langsing), maka perlu dipertimbangkan besarnya bbeban tekuk dan beban kapasitas tekan (P_c) yang dihitung dengan rumus menurut SNI 2847-2019 pasal 6.6.4.4.2 :

$$P_c = \frac{\pi^2 (EI)_{eff}}{(k\ell_u)^2} \dots\dots\dots (2.41)$$

Dimana:

P_c = gaya tekuk, kN

2.3.9.3.5. Faktor Pembesaran Momen

Pada SNI 2847-2019 pasal 6.6.4.5.1 menyatakan bahwa apabila suatu kolom adalah kolom panjang, maka momen yang terjadi harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran momen menjadi:

$$M_c = \delta M_2 \dots\dots\dots (2.42)$$

Dimana :

M_c = momen terfaktor orde pertama, kNm

M_2 = momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen struktur tekan.

M_2 diambil sebagai momen terbesar yang terjadi dalam komponen struktur.

Nilai M_2 selalu positif, kNm

δ = faktor pembesaran momen

Dimana nilai M_2 tidak boleh kurang dari $M_{2,min}$ sesuai SNI 2847-2019 pasal 6.6.4.5.4 sebagai berikut:

$$M_{2,min} = P_u(15 + 0,03h) \dots\dots\dots (2.43)$$

Dimana :

P_u = gaya aksial terfaktor, kN

h = gaya tekuk, Kn

Faktor pembesaran momen δ harus dihitung dengan cara:

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75P_c}} \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana :

C_m = faktor yang menghubungkan diagram momen aktual ke diagram momen seragam ekuivalen

P_u = gaya aksial terfaktor, kN

P_c = gaya tekuk, kN

Nilai faktor C_m harus dihitung dengan sesuai SNI 2847-2019 pasal 6.6.4.5.3 sebagai berikut:

1. Untuk kolom tanpa beban transversal yang bekerja di antara tumpuannya:

$$C_m = 1,0 - 0,4 \frac{M_{1s}}{M_{2s}} \dots \dots \dots (2.45)$$

Nilai faktor pembesaran momen dihitung untuk arah X dan Y, dengan memperhitungkan pengaruh momen berikut :

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \dots \dots \dots (2.46)$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \dots \dots \dots (2.47)$$

Dimana:

M_{1ns} = Momen ujung terfaktor komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, kNm

M_{1s} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, kNm

M_{2ns} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, kNm

M_{2s} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar,

yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, kNm

Dengan M_1/M_2 bernilai negatif bila kolom melentur dengan kelengkungan tunggal dan positif bila kolom melentur dengan kelengkungan ganda. M_1 dikaitkan dengan momen ujung dengan nilai absolut terkecil.

2. Untuk kolom dengan beban transversal yang bekerja di antara tumpuannya:

$$C_m = 1,0 \dots \dots \dots (2.48)$$

2.3.9.3.6. Perencanaan Tulangan Longitudinal Kolom

Luas tulangan longitudinal harus sekurang-kurangnya $0,01A_g$, namun tidak boleh melebihi $0,08A_g$ (SNI 2847-2019 pasal 10,6,1,1).

Tulangan minimum tetap diperlukan untuk memberikan tahanan terhadap lentur terlepas dari hasil perhitungan analisis, dan digunakan untuk mengurangi pengaruh rangkai dan susut beton akibat tegangan tekan tetap. Rangkai dan susut cenderung mengirim beban dari beton ke tulangan, dan hasilnya akan meningkatkan tegangan tulangan menjadi lebih besar bila rasio tulangan diperkecil.

Jumlah maksimum tulangan longitudinal dibatasi untuk menjamin bahwa beton dapat terkonsolidasi secara efektif di sekeliling tulangan dan untuk menjamin bahwa kolom yang di desain sesuai peraturan adalah sama seperti benda uji yang diakui untuk penyesuaian peraturan tersebut. Batasan rasio tulangan sebesar 0,08 ditetapkan pada semua bagian, termasuk bagian sambungan lewatan, dan juga dapat dipakai sebagai pertimbangan praktis untuk keperluan tulangan longitudinal maksimum secara ekonomis serta persyaratan untuk penempatannya. Pada kolom sebaiknya tidak lebih dari 4% tulangan longitudinalnya jika tulangan kolom menggunakan sambungan lewatan, karena zona pada sambungan lewatan akan mempunyai jumlah tulangan dua kali lipat pada lokasi sambungan bila disambung ditempat yang sama.

Dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan diagram interaksi pada buku tabel grafik dan diagram interaksi untuk

Perhitungan Struktur Beton. Berikut adalah keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi yaitu:

$$\frac{h'}{h} \dots\dots\dots (2.49)$$

Dimana:

h' = jarak as ke as antar tulangan paling pinggir, mm

h = tinggi penampang kolom, mm

Persyaratan eksentrisitas minimum dari kolom:

$$e_{min} = (15 + 0,03h) \dots\dots\dots (2.50)$$

Eksentrisitas total beban yang bekerja:

$$e_t = \frac{M_u}{P_u} \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana:

M_u = momen total terfaktor, kNm

P_u = gaya aksial total terfaktor, kN

Koefisien untuk sumbu vertikal Diagram Interaksi M-P

$$\frac{P_u}{\phi \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f_c'} \dots\dots\dots (2.52)$$

Koefisien untuk sumbu horizontal Diagram Interaksi M-P

$$\frac{P_u}{\phi \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f_c'} \cdot \frac{e_t}{h} \dots\dots\dots (2.53)$$

Dari diagram interaksi M-P didapatkan nilai ρ . Maka untuk menentukan luas tulangan perlu digunakan cara sebagai berikut:

$$A_s = \rho \cdot A_g \dots\dots\dots (2.54)$$

Dimana:

A_s = luas tulangan perlu, mm²

Dengan didapatkan luas tulangan perlu maka perlu dicari jumlah tulangannya n dengan cara sebagai berikut:

$$n = \frac{A_s}{A_{s1}} \dots \dots \dots (2.55)$$

Dengan rumus per satuan tulangan sebagai berikut:

$$A_{s1} = \frac{1}{4} \pi D^2 \dots \dots \dots (2.56)$$

Dimana:

A_{s1} = luas 1 buah tulangan perlu, mm²

D = diameter tulangan, mm²

2.3.9.3.7. Tulangan Geser Kolom

Penulangan geser kolom pada dasarnya adalah sama dengan penulangan geser pada balok. Hanya pada kolom daerah ujung-ujung kolom harus mendapat perhatian khusus sebagai syarat bagi suatu struktur bangunan bertulang yang tahan gempa.

Menurut SNI 2847-2019 pasal 22.5.1.1 mengenai kemampuan geser bisa disumbangkan oleh kuat tekan beton dan kuat tarik baja yang dirumuskan sebagai berikut:

$$V_n = V_c + V_s \dots \dots \dots (2.57)$$

Dimana:

V_n = kuat geser nominal, kN

V_c = kuat geser nominal yang disediakan oleh beton, Kn

V_s = kuat geser nominal yang disediakan oleh tulangan, Kn

Ukuran dimensi untuk desain penampang harus memiliki batasan. Batasan tersebut ditunjukkan untuk meminimalisasi keruntuhan diagonal tekan dalam beton dan batas perkembangan retak. Batasan dimensi untuk dimensi

penampang harus memenuhi persamaan (2.3.8.3.7(2)) yang mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 22.5.1.2 :

$$V_c = \phi (V_c + 0,006 \sqrt{f c' b_w d.}) \dots\dots\dots(2.58)$$

Untuk menentukan kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton yang memikul gaya aksial tekan dapat dicari dengan persamaan (2.3.8.3.7(4)) yang mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 22.5.6.1 :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f c' b_w d} \dots\dots\dots(2.59)$$

Dimana :

λ = 1 (untuk beton normal)

b_w = lebar penampang, mm

d = tinggi efektif penampang, mm

Untuk menentukan kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan harus memenuhi persyaratan pada persamaan (2.3.8.3.7.(5)) yang mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 22.5.10.1 :

$$V_n \geq \frac{V_c}{\phi} - V_c \dots\dots\dots(2.60)$$

Untuk mendapatkan nilai V_s dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \dots\dots\dots(2.61)$$

Dimana:

s = Jarak spiral (*pitch*) atau spesi longitudinal dari tulangan geser, mm

A_v = Luas efektif semua kaki tulangan atau kawat dengan spesi, mm.

Untuk setiap sengkang lingkaran atau spiral, A_v adalah dua kali luas tulangan atau kawat dengan spasi s

Untuk spasi maksimum tulangan geser dapat ditentukan menggunakan tabel 2.20 sesuai SNI 2847-2019 pasal 10.7.6.5.2 sebagai berikut :

Tabel 2. 16 Ketebalan Selimut Beton untuk Balok

V_s	Spasi maksimum, s, mm	
		Kolom non-prategang
$\leq 0,33\sqrt{f'c' b_w d}$	Terkecil dari:	$d/2$
		600
$> 0,33\sqrt{f'c' b_w d}$	Terkecil dari:	$d/4$
		300

(Sumber SNI 2847-2019)

2.3.10 Pondasi

2.3.10.1. Definisi Pondasi

Fondasi adalah bagian suatu sistem struktur bawah yang menahan berat sendiri dan seluruh beban gaya dari struktur atas, kemudian meneruskan ke lapisan tanah dan batuan yang terletak di bawahnya. Beban dari kolom yang bekerja pada pondasi ini harus disebar ke permukaan tanah yang luas sehingga tanah dapat memikul beban dengan aman. Suatu perencanaan fondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah itu akan terjadi. Jika tegangan tekan melebihi tekanan yang di ijin, maka dapat menggunakan

batuan fondasi tiang untuk membantu memikul tegangan tekan pada dinding dan kolom pada struktur bangunan.

Dari uraian di atas dapat kita pahami bahwa fondasi merupakan bagian yang paling penting untuk sebuah struktur bangunan. Karena jika terjadi kerusakan pada fondasi akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan di atasnya atau bahkan terjadi robohnya struktur bangunan secara keseluruhan. Perencanaan pondasi harus di dasari beberapa aspek, antara lain:

- Keadaan tanah pondasi

Faktor tanah yang diperhitungkan antara jenis tanah, parameter tanah, daya dukung, kedalaman tanahkeras dan lain sebagainya.

- Batasan akibat struktur di atasnya

Kondisi beban struktur atas dapat meliputi total besar beban akibat struktur atas, arah gaya beban baik beban vertikal atau beban horizontal dan penyebaran beban serta sifat dinamis yang dimiliki struktur tersebut.

- Batasan keadaan lingkungan dari sekitar

- Biaya dan waktu pekerjaan

2.3.10.2. Jenis Pondasi

Berdasarkan letak kedalaman tanah kuat yang harus digunakan sebagai pendukung pondasi, maka fondasi dapat digolongkan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Pondasi dangkal

Pondasi yang dipasangkan di kedalaman tanah yang relatif dangkal, yaitu kurang dari 3 meter. Pondasi ini biasanya digunakan untuk bangunan yang tidak terlalu berat, seperti rumah tinggal, ruko atau gedung bertingkat rendah. Berikut yang termasuk dalam pondasi dangkal yaitu:

a. Pondasi lajur

Pondasi lajur harus dibuat dengan pasangan batu kali dengan kualitas yang baik, tidak mudah hancur atau retak.

b. Pondasi telapak (foot plate)

Pondasi telapak dibuat dari beton bertulang, dengan kedalaman tanah kuat mencapai 2 meter dibawah permukaan tanah.

c. Pondasi pyler

Pondasi pyler dibuat dari pasangan batu kali berbentuk piramida berpancung. Pondasi ini sering dipasangkan pada sudut-sudut bangunan dan pertemuan tembok-tembok dengan jarak $\pm 2,5$ meter s/d 3,5 meter, dengan kedalaman tanah juat mencapai 2,5 meter s/d 3 meter dibawah permukaan tanah. Di atas fondasi pyler ini di pasangkan balok sloof.

d. Pondasi sumuran

Pondasi sumuran digunakan apabila tanah dasar yang baik agak dalam perletakannya serta didalam tanah terdapat gangguan yang menghalangi pelaksanaan pembuatan fondasi.

e. Pondasi rakit

Pondasi rakit digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah yang lunak atau digunakan apabila susunan kolom-kolom jaraknya terlalu dekat di semua arahnya, sehingga menggunakan pondasi telapak, sisinya berhimpit satu sama lain.

2. Pondasi dalam

Struktur bawah bangunan yang berfungsi menyalurkan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang berada jauh dibawah permukaan tanah. Pondasi dalam pada umumnya digunakan untuk bangunan bertingkat. Berikut yang termasuk pondasi dalam yaitu:

a. Pondasi tiang pancang

Pondasi tiang pancang dibuat dari bahan kayu, besi profil, pipa baja dan beton bertulang dengan kedalaman sampai ± 60 meter dibawah permukaan tanah.

b. Pondasi bored pile

Pondasi tersebut ditempatkan sampai kedalaman yang dibutuhkan dengan cara membuat lubang dengan sistrtem pengeboran atau pengerukan tanah. Dalam perencanaan ini kami menggunakan pondasi bored pile dikarenakan adanya beberapa pertimbangan diantaranya:

- Lokasi: Pondasi bored pile cocok untuk bangunan yang mempunyai lokasi sempit dan diantaranya bangunan yang sudah berdiri.

- Getaran: Pondasi bored pile dapat meminimalisir getaran tanah dan tidak menimbulkan gangguan pada bangunan di sekitarnya.
- Pergeseran: Pondasi bored pile tidak menyebabkan pergeseran pada tiang maupun gelombang pada tanah.
- Daya tahan: Pondasi bored pile cocok untuk tanah dasar yang kokoh dan daya dukungnya besar, pondasi bore pile dapat juga digunakan untuk tanah keras yang berada di kedalaman sekitar 10 meter.

Dimana pondasi bored pile merupakan sebuah pondasi dalam yang berbentuk layaknya tabung panjang dan ditancapkan ke dalam tanah, tujuan dari penggunaan pondasi ini agar bangunan dapat berdiri dengan kokoh setelah proses pembangunan selesai. Pondasi bored pile ini memiliki jenis dan manfaat untuk konstruksi bangunan, penggunaan bored pile ini difungsikan untuk mengalirkan beban berat konstruksi ke dalam lapisan tanah yang lebih keras.

2.3.10.3. Metode Pelaksanaan Pondasi Bore Pile

Terdapat 3 metode yang dapat digunakan dalam pelaksanaan pondasi bored pile, yaitu:

1. Metode Kering

Metode kering dapat digunakan pada tanah diatas muka air yang ketika di bor dinding lubangnya tidak longsor. Pada metode ini, lubang dibuat dengan menggunakan mesin bor tanpa pipa pelindung (*casing*).

2. Metode Basah

Metode basah pada umumnya dilakukan bila lubang bor melewati muka air tanah, sehingga dinding lubang bor akan selalu longsor jika tidak ditahan. Untuk menangani agar lubang bor tidak longsor, di dalam lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung / bentonite. Setelah kedalaman yang diinginkan telah tercapai, maka dilakukan pembersihan pada lubang bor setelah itu tulangan yang sudah dirangkai dimasukkan dan dilakukan pengecoran dengan pipa *tremy*. Larutan bentonite tadi akan terdesak ke atas oleh adukan beton dan dapat digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya.

3. Metode Casing

Metode casing digunakan untuk lubang bordengan kondisi tanah sangat mudah longsor. Misalnya tanah pada lubang bor adalah pasir bersih di bawah muka air tanah, maka untuk menahan agar tidak longsor digunakan selongsong (casing). Proses ini kemudian dilanjutkan dengan pemasangan tulangan dan pengecoran.

2.3.10.4. Kapasitas dan Daya Dukung Tanah

Kapasitas dukung adalah kapasitas atau kemampuan tiang dalam yang mendukung beban. Perhitungan kapasitas dukung pondasi dilakukan menurut teori-teori mekanika tanah, yaitu dengan mempelajari sifat-sifat teknis tanah, sedangkan perhitungan dilakukan dengan cara dinamis dimana dengan menganalisis kapasitas ultimit dari data yang diperoleh.

Daya dukung tanah adalah kekuatan tanah atau batuan untuk menahan beban yang bekerja, kapasitas daya dukung pondasi dalam bentuk dan jenis pondasi ditentukan oleh struktur tanah dan bangunan yang akan ditopangnya. Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung nilai daya dukung sudah banyak dikemukakan para ahli.

Sebagai contoh untuk pondasi telapak, semakin kuat daya dukung tanah maka semakin kecil ukuran fondasi yang direncanakan. Adapun sebaliknya, semakin lemah daya dukung tanah maka semakin besar ukuran pondasi yang direncanakan. Sebagai langkah praktis untuk keperluan perencanaan pondasi, pada umumnya jenis tanah berikut dapat dipakai sebagai perkiraan daya dukung tanah yaitu:

1. Jenis tanah cedas/batuan: daya dukung tanah lebih baik
2. Jenis tanah kerikil/batu: daya dukung baik
3. Jenis tanah pasir/split: daya dukung meragukan (hati-hati)

Pada tanah pasir jika dalam kondisi jenuh air dan menerima getaran, maka butir-butirnya saling memisahkan diri sehingga daya dukung nol. Peristiwa ini dapat disebut dengan likuifaksi yang sangat berbahaya untuk bangunan.

4. Jenis tanah liat: daya dukungnya sangat meragukan (sangat hati-hati)

Sifat tanah liat yakni pada keadaan kering menjadi keras, namun dalam keadaan basah akan menjadi lunak (daya dukung menurun). Di samping itu jika terjadi getaran pada tanah liat basah, maka sifat getaran tersebut dapat berubah menjadi getaran harmonis.

Sebelum suatu proyek dilaksanakan, umumnya pekerjaan penyelidikan tanah akan dilakukan terlebih dahulu. Penyelidikan tanah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jenis pondasi yang akan digunakan pada suatu konstruksi bangunan, selain itu dari hasil penyelidikan tanah dapat ditentukan perlakuan terhadap tanah agar daya dukungnya mampu menahan beban konstruksi yang akan rencanakan. Dari hasil penyelidikan tanah ini akan dipilih jenis, kedalaman serta dimensi fondasi yang efisien. Metode penyelidikan tanah yang digunakan pada Proyek Pembangunan Pondok Pesantren di Ungaran ini adalah metode Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) dan pengujian laboratorium.

Setelah dilakukan penyelidikan, maka akan diketahui nilai perlawanan penetrasi *conus* dan gembatan lekat tanah pada *biconus* (H) pada setiap elevasi kedalaman tertentu. Nilai tahanan kerucut statis atau tahanan *conus* yang diperoleh dari pengujian dapat dikorelasikan secara langsung dengan kapasitas dukung tanah dan penurunan pondasi.

Dalam perencanaan pondasi, perlu mempertimbangkan pula sifat kohesi, sudut geser serta kerapatan tanah. Dengan mengetahui sifat-sifat tanah secara lebih detail, maka pondasi yang direncanakan akan semakin efisien. Pada pengujian Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) berlangsung, pengujian tidak mengeluarkan tanah sehingga jenis tanah tidak dapat diketahui dengan pasti. Dengan demikian, hubungan antara tahanan konus (qc) dengan rasio gesekan (fr) untuk dapat mengklasifikasikan tanah dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Robertson dan Campanella 1983):

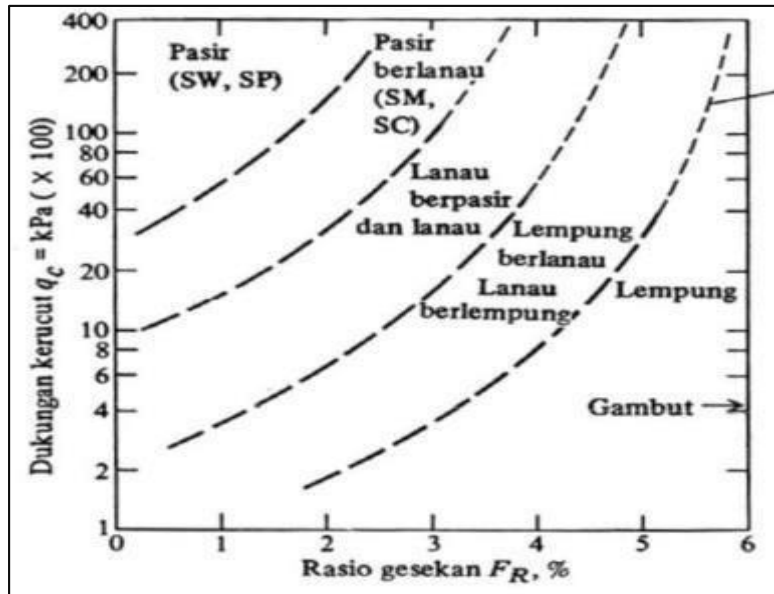
$$fr = \frac{fs}{qc} \times 100$$

Dimana =

f_r = Rasio Gesekan

f_s = Local friction

q_c = Tahanan Konus



Gambar 2. 17 Grafik hubungan Q_c (Perlawanan conus) dan f_s (friction ratio) menurut Robertson dan Campanella (Bowles,1997)

Tabel 2. 17 Korelasi pembacaan conus (Q_c) terhadap parameter tanah

Pasir	
Kepadatan	q_c (kg/cm ²)
Sangat lepas	< 25
Lepas	25 – 75
Sedang	75 – 150
Padat	150 – 250
Sangat padat	> 250

Lempung	
Konsistensi	q_c (kg/cm ²)
Sangat lunak	0 – 6
Lunak	6 – 10
Sedang	10 – 30
Kaku	30 – 60
Sangat kaku	60 – 150
Keras	150 – 300

Tabel 2. 18 korelasi q_c dan kepadatan relatif dengan sudut geser pada tanah pasir (Mayehoff,1956)

Konsistensi	Kepadatan Relatif	N-SPT	q_c (MPa)	Perkiraan sudut geser triaksial (ϕ)
Sangat lepas	<0.2	<4	<2	<30
Lepas	0.2 – 0.4	4-10	2-4	30-35
Padat sedang	0.4 – 0.6	10-30	4-12	35-40
Padat	0.6 – 0.8	30-50	12-20	40-45
Sangat padat	>0.8	>50	>20	>45

(Sumber SNI 2847-2019)

2.3.10.4.1. Kapasitas Dukung menurut Metode Mayerhof

Kapasitas dukung tiang dapat diperoleh dari data uji kerucut statis (CPT) atau Sondir. Tahanan ujung yang termobilisasi pada tiang pancang harus setara dengan tahanan ujung saat uji penetrasi. Fleming et al. (2009) menyarankan untuk tiang pancang yang ujungnya tertutup maka tahanan ujung satuan tiang sama dengan tahanan konus (q_c), namun untuk tiang pancang yang ujungnya terbuka atau tiang bor, tahanan ujung satuan tiang diambil 70%-nya. Tahanan gesek tiang umumnya bergantung pada bahan tiang dan jenis tanahnya. Beberapa peneliti menyarankan tahanan satuan tiang diambil sama dengan tahanan gesek local sisi konus (q_f).

a) Tahanan Ujung

Tahanan ujung metode mayerhof dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$f_b = \omega_1 \omega_2 q_{ca}$$

Perhitungan luas dasar tiang:

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2$$

Perhitungan tahanan ujung ultimit tiang:

$$Q_b = A_b f_b$$

Dimana:

f_b = tahanan ujung satuan

$\omega_1 = \{(d + 0,5)/2d\}^n$; persamaan ini digunakan jika $d < 0,5\text{m}$. Jika $d < 0,5\text{m}$ maka $\omega_1 = 1$

$\omega_2 = L/10d$; jika $L > 10d$, maka $\omega_2 = 1$

$q_{ca} = q_c$ rata-rata (Kn/m^2) pada zona $1d$ dibawah ujung tiang dan $4d$ diatasnya

d = diameter tiang (m)

L = kedalaman penetrasi tiang didalam lapisan pasir padat (m)

n = nilai eksponensial : 1. Untuk pasir longgar ($q_c < 5 \text{ Mpa}$)

2. untuk pasir kepadatan sedang ($5 \text{ Mpa} < q_c < 12 \text{ Mpa}$)

3. untuk pasir padat ($q_c > 12 \text{ Mpa}$)

Q_b = tahanan ujung bawah ultimit (Kn)

A_b = luas ujung bawah tiang (cm^2)

b) Tahanan Gesek

Untuk tiang pancang, tahanan gesek satuan diambil salah satu dari:

$$f_s = K_f q_f \quad \text{dengan } K_f = 1$$

Atau, bila tidak dilakukan pengukuran tahanan gesek sisi konos:

$$f_s = K_c q_c \quad \text{dengan } K_c = 0,005$$

Dimana:

f_s = tahanan gesek satuan (kg/cm^2)

K_f = koefisien modifikasi tahanan gesek sisi konus

K_c = koefisien modifikasi tahanan konus

Untuk tiang bor, metode Mayerhof menyarankan menggunakan faktor reduksi 70% dan 50% dalam menghitung tahanan gesek tiang dengan menggunakan persamaan diatas.

Sedangkan untuk perhitungan tahanan gesek ultimit tiang, maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_s = A_s f_s$$

Dimana:

Q_s = tahanan gesek ultimit (kN)

A_s = luas selimut tiang (cm²)

f_s = tahanan gesek satuan (kg/cm²)

2.3.10.4.2. Kapasitas Dukung menurut Metode Aoki dan De Alencar

Untuk menghitung daya dukung pondasi bored pile berdasarkan data hasil uji sondir selain dapat menggunakan metode Mayerhof bisa juga dengan metode Aoki dan De Alencar.

Daya dukung ultimate pondasi bored pile dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_{ult} = (qb \times A_p)$$

Dimana:

Q_{ult} = kapasitas daya dukung bored pile

qb = tahanan ujung sondir

A_p = luas penampang tiang

Aoki dan De Alencar mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data sondir, kapasitas dukung ujung persatuan luas (qb) diperoleh:

$$qb = \frac{qca(base)}{Fb}$$

Dimana:

$qca(base)$ = perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D dibawah ujung tiang

Fb = faktor empirik yang tergantung pada tipe tanah

Untuk faktor aman di ambil dari pendapat Mayerhof, besarnya beban bekerja (*working load*) atau kapasitas tiang ijin (Q_a) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor

aman (SF) yang sesuai. Variasi besarnya faktor aman banyak digunakan untuk perancangan pondasi tiang pancang, sebagai berikut:

1. Untuk dasar tiang yang dibesarkan dengan $d < 2 \text{ m}$

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5}$$

2. Untuk dasar tiang tanpa pembesaran dibagian bawah

$$Q_a = \frac{Q_u}{2}$$

2.3.10.5. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Kapasitas kelompok tiang tidak selalu samadengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada di kelompoknya. Hal ini terjadi jika tiang dipancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat, namun dibawahnya terdapat lapisan lunak. Dalam ini stabilitas kelompok tiang dalam mendukung beban total struktur serta pengaruh penurunan konsolidasi tanah yang terletak dibawah kelompok tiang. Apabila dasar kelompok tiang pada lapisan keras penurunan kelompok tiang maka akan sama dengan penurunan tiang tunggal. Apabila tiang tunggal luas zona tertekan untuk kelompok tiang, maka penurunan kelompok tiang menjadi lebih besar dari pada penurunan tiang tunggal (Hardiyatmo, 2020).

Kapasitas dukung tiang tunggal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_{tiang} , \text{ dengan faktor aman (SF) = 3}$$

Dimana:

Q_u = kapasitas dukung ultimit tiang tunggal

Q_p = kapasitas tahanan ujung tiang

Q_s = kapasitas tahanan gesek tiang

W_{tiang} = berat sendiri tiang

Kapasitas daya dukung pondasi dalam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_a = \frac{A \cdot q_c}{3} + \frac{Q_s}{5}$$

Dimana:

Q_a = daya dukung pondasi dalam

A = luas pemapang pondasi

q_c = tahanan konus

Q_s = tahanan gesek tiang tunggal

Kapasitas dukung ultimit kelompok tiang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_g = E_g n Q_u$$

Dimana:

Q_g = kapasitas dukung kelompok tiang

E_g = efisiensi kelompok tiang

n = jumlah tiang

Q_u = kapasitas dukung ultimit tiang tunggal

Menentukan jumlah tiang dalam persamaan berikut:

$$n = \frac{P}{Q_a}$$

Dimana:

P = beban yang bekerja

Q_a = kapasitas dukung tiang ijin

Jarak antar tiang dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut ini

(Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L.):

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \leq 3 D$$

Dimana:

S = jarak pusat tiang ke pusat tiang lainnya (m)

D = diameter tiang (m)

Jarak antar tiang dalam suatu kelompok tiang diisyaratkan dengan minimum 0,6m – 2,0m. Hal ini didasarkan oleh pertimbangan berikut:

- Apabila $S \geq 2,5 D$

Tanah disekitar kelompok tiang tersebut akan mengalami kenaikan yang berlebihan. Kenaikan tersebut disebabkan oleh tiang-tiang yang dipancangkan

berdekatan maka pada pemasangannya tiang yang dipancang terlebih dahulu akan terangkat.

- Apabila $S \leq 3D$

Dengan menggunakan jarak tiang sebesar $3D$ kelompok tiang tidak akan ekonomis, karena hanya akan memperbesar *pile cap*.

2.3.10.6 Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi kelompok tiang dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Eg = 1 - \frac{\phi}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right]$$

Dimana:

Eg = efisiensi kelompok tiang bor

m = jumlah tiang baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

ϕ = Arc tg D/S dalam derajat

s = jarak *bored pile* (m)

d = diameter *bored pile* (m)

Loehr et al.(2011) menyarankan untuk kelompok tiang yang berada dalam tanah granuler(pasir) dan tanah kohesif(lempung), nilai efisien tiang Eg menggunakan tabel berikut dimana terdapat faktor-faktor efisiensi yang digunakan, baik untuk *pile cap* yang menyentuh tanah maupun yang tidak menyentuh tanah.

Tabel 2. 19 Efisiensi Tiang Bor

Tiang bor pada	Jarak tiang (s)	Efisiensi tiang bor Eg
Pasir	$2,5d$	0,65
	$4d$	1
	2,5 sampai $4d$	Interpolasi linier antara 0,65 ~ 1
Lempung	$2,5d$	0,65
	$6d$	1

	2,5 sampai $6d$	Interpolasi linier antara $0,65 \sim 1$
--	-----------------	--

2.3.10.7 Penurunan Pondasi

Pada saat pondasi menerima beban, maka pondasi akan mengalami pemendekan dan tanah di sekitarnya akan mengalami penurunan. Hal tersebut dapat terjadi karena berubahnya susunan tanah dan berkurangnya rongga pori pada tanah. Adapun beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan:

- Kegagalan atau keruntuhan geser akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah.
- Kerusakan atau terjadinya defleksi yang besar pada pondasi.
- Penurunan tanah akibat perubahan angka pori, dan
- Distorsi geser (*shear distortion*) dari tanah pendukungnya.

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan pencegahan terhadap penurunan pada pondasi yang berlebihan dengan melakukan perhitungan penurunan pondasi agar tidak terjadi kegagalan struktur.

Menurut Marban (2009) penurunan yang diizinkan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut antara lain tinggi, jenis, kekakuan, dan fungsi bangunan serta besar dan kecepatan penurunannya. Jika penurunannya berjalan lambat, maka semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan pada strukturnya oleh pengaruh rangkai. Penurunan izin menurut SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perencanaan Geoteknik pasal 9.2.4.3 penurunan izin yang diperbolehkan yaitu:

$$S \leq 15 + b/600$$

Dimana:

b = lebar pondasi

2.3.10.7.1. Penurunan pada Pondasi Bored Pile

Penurunan pada pondasi bored pile biasanya hanya terjadi sedikit saja, karena dalam perencanaan pondasi tersebut sudah mempertimbangkan daya dukung ujung tiangnya serta friksinya. Berikut ini adalah persamaan penurunan pondasi menurut Vesic (1977).

$$S_t = S_1 + S_2 + S_3$$

Dimana:

S = total penuruna (mm)

S_1 = akibat batang (mm)

S_2 = akibat beban di ujung (mm)

S_3 = akibat beban yang tersalurkan sepanjang selimut (mm)

Persamaan semi empiris untuk menentukan S_1 , S_2 dan S_3 sebagai berikut:

$$S_1 = \frac{(Q_{WP} + \xi Q_{WS})}{Ab E_P}$$

$$S_2 = \frac{Q_{WP} C_P}{D q_p}$$

$$S_3 = \frac{Q_{WP}}{P.L} \times \frac{D}{E_X} \chi (1 \mu s^2) lws$$

$$lws = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

Dimana:

Q_{wp} = beban yang diterima ujung tiang (kN)

Q_{ws} = beban yang diterima selimut tiang (kN)

L = panjang tiang (m)

Ab = luas penampang tiang (m²)

E_P = modulus elastisitas tiang (Mpa)

ξ = 0,5 (distribusi tahanan sepanjang tiang)

q_p = tahanan ujung batas tiang (kN)

C_p = koefisien empiris, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 20 Tabel Koefisien C_p

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Sand (padat – lepas)	0,02 – 0,04	0,09 – 0,18
Clay (kaku – lunak)	0,02 – 0,03	0,03 – 0,06
Silty (padat – lepas)	0,03 – 0,05	0,09 – 0,12

2.3.10.7.2. Penurunan Pondasi Tiang Kelompok

Pada kondisi tertentu, kapasitas dukung ijin tiang lebih didasarkan pada persyaratan penurunan. Penurunan tiang terutama bergantung pada nilai banding tahanan ujung dengan beban tiang. Jika beban yang didukung pertiang lebih kecil atau sama dengan tahanan ujung tiang, maka penurunan yang akan menjadi besar. Kesulitan dalam menghitung penurunan kelompok tiang, antara lain:

1. Dalam memprediksi besarnya tegangan didalam tanah akibat beban tiang dan sifat-sifat tanah yang berada dibawah ujung tiang.
2. Dalam menentukan besarnya beban yang didukung oleh masing-masing tiang di dalam kelompoknya dan beban aksial yang terjadi di sepanjang tiang-tiang tersebut, untuk menghitung perpendekan tiang.

Distribusi tekanan tiang ke tanah di sekitarnya bergantung pada tipe tiang dalam mendukung beban struktur.

$$S_2 = S \sqrt{\frac{Bg}{D}}$$

Dimana:

S_2 = penurunan pondasi kelompok tiang

S = penurunan pondasi tiang tunggal

Bg = lebar kelompok tiang

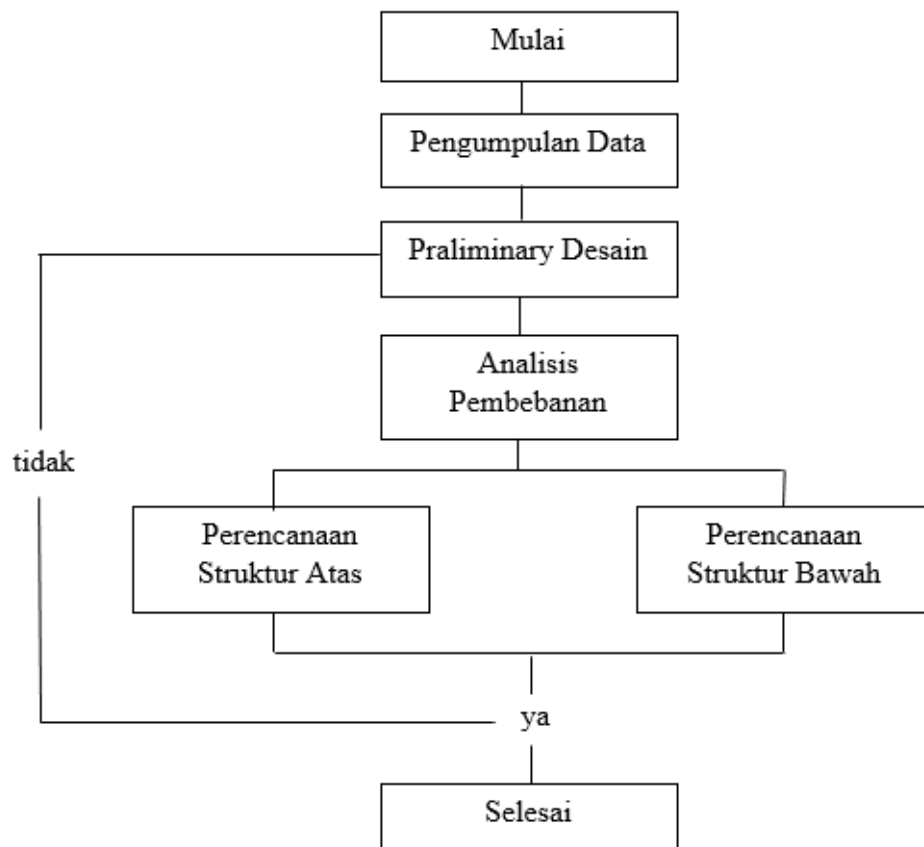
D = diameter tiang tunggal

BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Tahapan Perencanaan Struktur Beton Bertulang

Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam Perencanaan Gedung Pondok Pesantren Al-Hikmah di Ungaran :



Gambar 3. 1 Flowchart Perencanaan Struktur Bangunan

3.2 Pengumpulan Data

Dalam Perencanaan Gedung Pondok Pesantren Al-Hikmah di Ungaran ini memerlukan beberapa data, diantaranya adalah :

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari lokasi rencana pembangunan maupun hasil survey yang dapat langsung digunakan

untuk proses perencanaan. Dalam hal ini penyusun mendapatkan informasi data tanah yang berupa data sondir yang dapat digunakan untuk perhitungan gempa dan perencanaan pondasi dalam. Data tanah didapatkan dari Laporan Hasil Penelitian Geoteknik Rencana Bangunan Toko Plastik Kuncen Ungaran Timur dengan menggunakan data tanah berbeda dengan proyek tersebut. Selain itu, perencanaan sementara yang digunakan sebagai dasar perhitungan antara lain :

➤ Gambar rencana bangunan

➤ Data Bangunan :

- Fungsi bangunan : Asrama pondok pesantren
- Jumlah lantai : 4 Lantai
- Tinggi Struktur : 19 m
- Tinggi antar lantai : 4 m (lantai 1-4) dan 3 m (lantai atap)
- Panjang bangunan : 27,6 m
- Lebar bangunan : 13 m
- Material konstruksi : Struktur Beton
- Struktur pondasi : Pondasi dalam (Bored Pile)

➤ Spesifikasi material

- Mutu beton (f_c') : 25 MPa
- Berat jenis (γ) : 2400 kg/m²
- Modulus elastisitas beton (E_c) : 23500 MPa
- Mutu baja tulangan utama (f_y) : 400 MPa (BJTS 400)
- Mutu baja tulangan sengkang (f_y) : 280 Mpa (BJTP 280)
- Modulus elastisitas baja (E_s) : 200000 Mpa

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapatkan dari peraturan SNI terbaru yang berlaku dan digunakan dalam perencanaan bangunan

gedung. Adapun peraturan yang digunakan sebagai penunjang perencanaan antara lain :

- SNI 1727 : 2020 : Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- SNI 1726 : 2019 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Kerangka Bangunan Gedung dan Non Gedung..
- SNI 2847 : 2019 : Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- SNI 8460 : 2017 : Persyaratan Perancangan Geoteknik
- Data seismik gempa wilayah Ungaran.

3.3 Preliminary Desain

Preliminary desain adalah perencanaan dimensi komponen-komponen struktur bangunan berdasarkan gambar arsitektur dan struktural bangunan tersebut. Elemen-elemen struktur yang direncanakan:

3.3.1 Dimensi Plat

Preliminary desain struktur plat meliputi plat lantai, tangga dan atap.

1. Penentuan Dimensi Pelat

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 7.5, komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan apapun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja. Penentuan dimensi pelat dibedakan menjadi dua, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

a. Perencanaan Pelat Satu Arah

Pelat satu arah terjadi apabila $L_y/L_x > 2$; dimana L_y adalah bentang panjang dan L_x adalah bentang pendek,

SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.1 menyatakan bahwa tebal minimum yang ditentukan dalam SNI 2847-2019 tabel 3.1 berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan

menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa pengaruh yang merugikan.

Tabel 3. 1 Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

	Tebal Minimum (h)			
Komponen Struktur	Tertumpu Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

(SNI 2847-2019)

b. Perencanaan Pelat Dua Arah

Pelat dua arah terjadi apabila $L_y/L_x < 2$, dimana L_y adalah bentang panjang dan L_x adalah bentang pendek.

- Untuk am yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:
 - Tanpa penebalan > 125 mm
 - Dengan penebalan > 100 mm

Tabel 3. 2 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, f_y Mpa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa Balok pinggir	Dengan Balok pinggir		Tanpa Balok pinggir	Dengan Balok pinggir	
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 43$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$

- Untuk am lebih besar dari 0,2 tidak lebih dari 2,0 h , ketebalan pelat minimum harus memenuhi persamaan berikut.

$$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(am - 0.2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- Untuk am lebih besar dari 2 h , ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut:

$$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

3.3.2 Dimensi Tangga

Ukuran anak tangga dapat digunakan rumus:

- Panjang miring tangga:

$$L = \sqrt{(\text{tinggi bordes})^2 + (\text{panjang tangga})^2}$$

- Sudut kemiringan tangga:

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

- Syarat sudut kemiringan

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

- Syarat lebar tanjakan (antrade) dan tinggi injakan (optrade)

$$600 \leq 2t_i \leq 650$$

- Jumlah tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi pelat tangga}}{t}$$

- Jumlah injakan

$$n_i = n_t - 1$$

- Lebar efektif pelat tangga

$$n_t = \frac{i \times t}{\text{panjang miring anak tangga}}$$

keterangan:

t = tinggi bidang injakan (optrade)

i = lebar bidang injakan (antrade)

$$T = \sum t$$

$$I = \sum i$$

3.3.3 Dimensi Balok

Mencari bentang sloof atau balok rencana yang paling penting :

- Menghitung tinggi sloof atau balok dari panjang sloof atau yang telah didapat (SNI 2847-2019)
- Menghitung lebar sloof atau balok dari hasil yang didapatkan dari tinggi sloof atau balok ($2/3$ tinggi)

3.3.4 Dimensi Kolom

- Mencari inersia balok yang telah di ketahui
- Membandingkan perbandingan inersia dan panjang antara balok dan kolom
- Menghitung dimensi kolom dari perbandingan inersia

3.4 Perhitungan Pembebanan

3.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian,

mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung itu.

1. Beban mati pada atap:
 - Beban sendiri struktur plat dan lantai atap
 - Beban plafond dan penggantung
2. Beban mati pada plat lantai 2 dan 3:
 - Beban sendiri struktur plat lantai
 - Beban plafond dan penggantung
 - Beban instalasi listrik dan plumbing
 - Beban keramik dan spesi
3. Beban mati pada plat lantai dasar:
 - Beban sendiri struktur plat lantai
 - Beban keramik dan spesi
 - Beban instalasi listrik dan plumbing
4. Beban mati pada balok:
 - Beban sendiri balok
 - Beban mati plat atap atau plat lantai
 - Beban dinding setengah hebel
5. Beban mati pada plat tangga dan bordes:
 - Beban sendiri tangga atau bordes
 - Beban keramik
 - Beban spesi
 - Beban railinh hand

3.4.2 Beban Hidup

- a. Beban Hidup pada Atap Bangunan
 - Pada atap yang dibeban pada gedung ini memiliki beban hidup sebesar 97 kg/m^2 atau $0,97 \text{ KN/m}^2$
 - Beban akibat air hujan $24,5 \text{ kg/m}^2$ atau $0,245 \text{ KN/m}^2$
- b. Beban Hidup pada Lantai Bangunan
 - Beban yang didapat di lantai gedung pondok pesantren 4 lantai adalah sebagai hunian dengan beban 250 kg/m^2 atau $2,5 \text{ KN/m}^2$

- Tangga, bordes tangga untuk rumah tinggal adalah 300 kg/m² atau 3 KN/m²

3.4.3 Beban Gempa

Analisa pembebanan gempa bangunan sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (SNI 1727-2020). Dalam proyek akhir ini perhitungan beban gempa menggunakan analisa beban gempa dinamis respons spektrum.

3.4.4 Kombimasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727-2020 Pasal , telah diatur kombinasi pembebanan untuk perencanaan struktur gedung sebagai berikut:

- 1) $1,4D$
- 2) $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- 3) $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L, \text{ atau } 0,5W)$
- 4) $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- 5) $0,9D + 1,0W$

Keterangan :

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat kontruksi bangunan gedung seperti dinding, lantai, atap, platfond, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung, komponen arsitektural dan struktural lain yang tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan tersebut.

L adalah beban hidup yang memiliki sifat berpindah-pindah dan tidak tetap yang diakibatkan oleh penggna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban kontruksi dan beban lingkungan, seperti beban hujan, beban angin, beban gempa, beban banjir atau beban mati,

L_r adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material atau selama pengguna biasa oleh orang dan benda bergerak

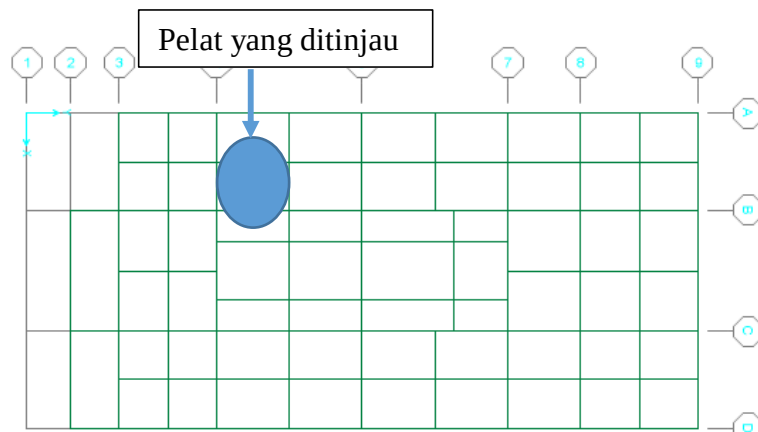
R adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

4.1.1 Dimensi Pelat

a. Tipe Pelat



Gambar 4. 1 Premilinary Design Plat

Tebal Pelat Rencana (h_f)	= 12 cm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 25 MPa
Kuat Leleh Tulangan (f_y)	= 390 MPa
Panjang Pelat (L_y)	= 400 cm
Lebar Pelat (L_x)	= 300 cm
Balok yang ditumpu pelat	= 40/60

Perhitungan perencanaan

1) Bentang bersih sumbu panjang

- $L_y = 400 \text{ cm}$
- Bw balok = 40/60
- $Ln = Ly - \left(\frac{bw_1 - bw_2}{2}\right)$
- $Ln = 400 - \left(\frac{60 - 40}{2}\right)$
- $Ln = 390 \text{ cm}$

2) Bentang bersih sumbu pendek

- $L_x = 300 \text{ cm}$

- Bw balok = 40/60
- $S_n = Ly - (\frac{bw1-bw2}{2})$
- $S_n = 300 - (\frac{60-40}{2})$
- $S_n = 290 \text{ cm}$

3) Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{390}{290} = 1,34 < 2 \text{ (two way slab)}$$

b. Perhitungan tebal minimum pelat

$$\text{Tebal Pelat Rencana (hf)} = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi balok (h)} = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Panjang balok (Lb)} = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 23500 \text{ MPa} \\ &= 235000000 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= \frac{1}{12} b h^3 \\ &= \frac{1}{12} 0,4 \cdot 0,6^3 \\ &= 0,0072 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{pelat}} &= \frac{1}{12} l b \cdot h f^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 4 \cdot 0,12^3 \\ &= 0,00058 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_m &= \frac{E_{\text{balok}} \cdot I_{\text{balok}}}{E_{\text{pelat}} \cdot I_{\text{pelat}}} \\ &= \frac{235000000 \cdot 0,0072}{235000000 \cdot 0,00058} \\ &= 12,5 \end{aligned}$$

Untuk $a_m = 12,5 > 2$ maka ketebalan minimum harus memenuhi SNI 2847:2019 pasal 13.6.1.6, namun tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h_{\min} = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9, \beta}$$

$$h_{\min} = \frac{3900 \left(0,8 + \frac{390}{1400} \right)}{36 + 9, (1,35)}$$

$$h_{\min} = 128,95 \text{ mm}$$

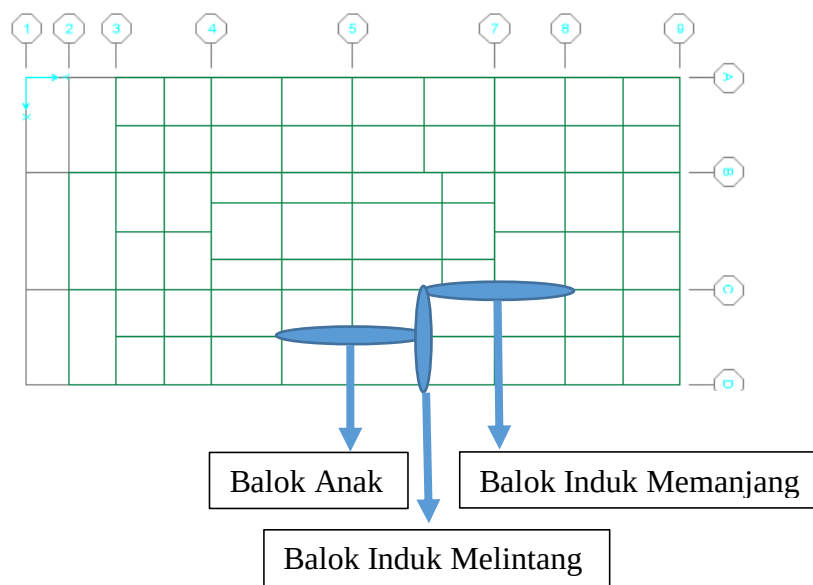
Maka tebal pelat 12 cm dapat diaplikasikan.

4.1.2. Dimensi Balok

Pada perencanaan balok beton bertulang telah diatur dalam SNI 2847:2019 dengan syarat kelangsingan sebagai berikut :

1. Balok tertumpu sederhana $= l/16$
2. Balok satu ujung menerus $= l/18,5$
3. Balok dua ujung menerus $= l/21$
4. Balok kantilever $= l/8$

Untuk $fy > 420 \text{ MPa}$, maka nilainya harus dikalikan dengan $\frac{0,4 + fy}{700}$.



Gambar 4. 2 Preliminari Desing Balok

Perhitungan perencanaan =

1. Dimensi balok induk memanjang

$$\text{Bentang} = 6\text{m}$$

$$h \text{ min} = \frac{l}{16}$$

$$h \text{ min} = \frac{6}{16}$$

$$= 0,359 \approx 0,7 \text{ m}$$

$$b = \frac{1}{2} (0,7)$$

$$= 0,35 \approx 0,4 \text{ m}$$

Digunakan balok induk ukuran 40/70.

2. Dimensi balok induk melintang

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

$$h \text{ min} = \frac{l}{16}$$

$$h \text{ min} = \frac{4}{16}$$

$$= 0,24 \approx 0,7 \text{ m}$$

$$b = \frac{1}{2} (0,7)$$

$$= 0,35 \approx 0,4 \text{ m}$$

Digunakan balok induk ukuran 40/70.

3. Dimensi sloof

$$\text{Bentang} = 6\text{m}$$

$$h \text{ min} = \frac{l}{16}$$

$$h \text{ min} = \frac{6}{16}$$

$$= 0,36 \approx 0,6 \text{ m}$$

$$b = \frac{1}{2} (0,6)$$

$$= 0,3 \text{ m}$$

Digunakan sloof ukuran 30/60.

4. Dimensi balok anak

$$\text{Bentang} = 6\text{m}$$

$$h_{\min} = \frac{l}{21}$$

$$h_{\min} = \frac{6}{21}$$

$$= 0,27 \approx 0,5 \text{ m}$$

$$b = \frac{1}{2} (0,5)$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

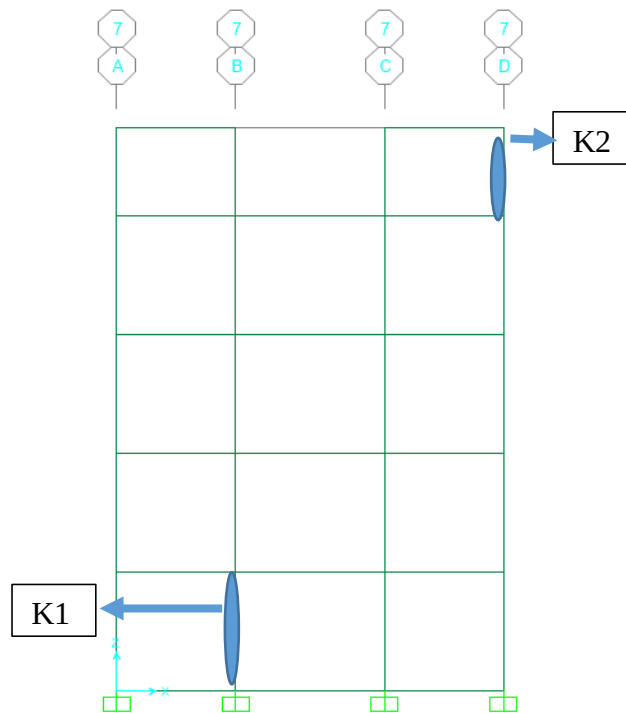
Digunakan balok anak ukuran 25/50.

4.1.3. Dimensi Kolom

Berikut data-data yang digunakan untuk merencanakan kolom lantai 1

- Kuat leleh (f_y) = 390 MPa
- Tinggi kolom = 400 cm
- Bentang balok (L balok) = 600 cm
- Dimensi balok = 40/70

Perhitungan perencanaan



Gambar 4. 3 Preliminary Design Kolom

Ketentuan perencanaan =

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

Direncanakan kolom dengan dimensi $b=h$

a. Tipe kolom K1

$$\frac{\frac{1}{12}h^4}{L_{balok}} \geq \frac{\frac{1}{12}bh^3}{L_{kolom}}$$

$$\frac{\frac{1}{12}h^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12}40.60^3}{600}$$

$$h \geq 5760000 \text{ cm}^4$$

$$h \geq 48,99 \text{ cm}$$

maka direncanakan dimensi kolom K1 adalah 60/60.

b. Tipe kolom K2

$$\frac{\frac{1}{12}h^4}{L_{balok}} \geq \frac{\frac{1}{12}bh^3}{L_{kolom}}$$

$$\frac{\frac{1}{12}h^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 50^3}{600}$$

$$h \geq 2812500 \text{ cm}^4$$

$$h \geq 40,95 \text{ cm}$$

maka direncanakan dimensi kolom K2 adalah 50/50.

4.1.4. Dimensi Tangga

Data perencanaan

- Pereletakan = Jepit, sendi, jepit
- Pembebanan = Beban mati
- Kombinasi = 1,4 D
- Distribusi = Uniform Shell Load
- Panjang tangga datar (L) = 270 cm
- Tinggi tangga = 400 cm
- Panjang pelat bordes (P) = 120 cm
- Tinggi pelat bordes (T) = 200 cm
- Lebar intrade (i) = 30 cm
- Tinggi oprade (t) = 20 cm

Perhitungan perencanaan

- Panjang miring tangga
 $= \sqrt{L^2 + T^2} = \sqrt{270^2 + 200^2} = 336,006 \text{ cm}$
- Panjang miring anak tangga
 $= \sqrt{t^2 + i^2} = \sqrt{20^2 + 30^2} = 36,05 \text{ cm}$
- Sudut kemiringan tangga
 $\alpha = \arctan \frac{t}{i} = \arctan \frac{20}{30} = 33,69^\circ$
- Syarat sudut kemiringan
 $= 25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ = 25^\circ \leq 33,69^\circ \leq 40^\circ$
- Jumlah tanjakan
 $nt = \frac{\text{tinggi pelat tangga}}{t} = \frac{200}{20} = 10$

- Jumlah injakan

$$n_i = n_t - 1 = 10 - 1 = 9$$

- Tebal efektif plat tangga

$$h_e = \frac{i \times t}{\text{panjang miring anak tangga}} = \frac{30 \times 20}{36,05} = 16,64$$

$$h = \frac{2}{3} \times h_e = \frac{2}{3} \times 16,64 = 11,094 \approx 12 \text{ cm}$$

4.1.5. Perencanaan Pondasi Bored Pile

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang berdasarkan uji sondir pada titik sondir S-2 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Tabel Tahanan Ujung Konus

Kedalaman (m)	Tahanan ujung konus (kg/cm ²)
0	0
0,5	10
1	35
1,5	5
2	8
2,5	5
3	15
3,5	25
4	95
4,5	65
5	160
5,5	220
6	250
6,5	250
7	250

- Data perencanaan bored pile BP1 :

Tipe Bored Pile = BP1

Diameter Bored Pile = 500 mm

Panjang Bored Pile = 5100 mm

Didapatkan nilai $q_{ca} = 154,6875 \text{ Kg/cm}^2$

Luas Bored Pile $A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 50^2 = 1.962,5 \text{ cm}^2 = 0,19625 \text{ m}^2$

Tahanan ujung satuan $Q_b = q_{ca} \times A_b = 154,6875 \times 1.256$
 $= 303574 \text{ kg} = 3035,74 \text{ kN}$

Tahanan selimut tiang $Q_s = 2\pi r \times L \times JHP$
 $= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \times 5,1 \times 347,793$
 $= 2784,779 \text{ kN}$

Berat sendiri Bored pile W

$W = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot l \cdot \gamma_c = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 5,1 \cdot 24 = 24,021 \text{ kN}$

Daya dukung ijin pondasi Bored pile

$Q_{all} = \frac{Q_b}{SF} - \frac{Q_s}{SF} - W = \frac{3035,743297}{3} - \frac{2784,77}{5} - 24,021 = 430,9374 \text{ kN}$

Dari data dukung ijin diatas maka selanjutnya akan digunakan untuk merencanakan jumlah tiang bored pile. Diambil salah satu sample dari output SAP2000 dengan mempertimbangkan nilai gaya aksial terbesar.

$P_u = 777,653 \text{ kN}$

Jumlah tiang, $n = \frac{P_u}{Q_{all}} = \frac{777,653}{430,9374} = 1,8045 \approx 4 \text{ buah}$

Direncanakan jarak antar tiang adalah $S = 1,5 \text{ m}$

Efisiensi kelompok tiang

$E_g = 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \theta = 1 - \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \cdot 2 \cdot 2} \right) 18,43 = 0,76 = 76\%$

$$Q_g = E_g \times n \times Q_{all} = 0,76 \times 4 \times 430,9374 = 1306,192 \text{ kN} > 777,653 \text{ kN (aman)}$$

- Data perencanaan bored pile BP2 :

Tipe Bored Pile = BP2

Diameter Bored Pile = 500 mm

Panjang Bored Pile = 5500 mm

Didapatkan nilai $q_{ca} = 182,8125 \text{ Kg/cm}^2$

Luas Bored Pile $A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 50^2 = 1.962,5 \text{ cm}^2 = 0,19625 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} \text{Tahanan ujung satuan } Q_b &= q_{ca} \times A_b \\ &= 182,8125 \times 1.256 = 358770 \text{ kg} = 3587,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tahanan selimut tiang } Q_s &= 2\pi r \times L \times JHP \\ &= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \times 5,5 \times 372,394 = 3125,622 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berat sendiri Bored pile W

$$W = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot l \cdot \gamma_c = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 5,5 \cdot 24 = 25,905 \text{ kN}$$

Daya dukung ijin pondasi Bored pile

$$Q_{all} = \frac{Q_b}{SF} - \frac{Q_s}{SF} - W = \frac{3587,7}{3} - \frac{3125,622}{5} - 25,905 = 526,869 \text{ kN}$$

Dari data dukung ijin diatas maka selanjutnya akan digunakan untuk merencanakan jumlah tiang bored pile. Diambil salah satu sample dari output SAP2000 dengan mempertimbangkan nilai gaya aksial terbesar.

$$P_u = 1085,632 \text{ kN}$$

$$\text{Jumlah tiang, } n = \frac{P_u}{Q_{all}} = \frac{1085,632}{526,869} = 2,0605 \approx 4 \text{ buah}$$

Direncanakan jarak antar tiang adalah $S = 1,5 \text{ m}$

Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \theta = 1 - \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \cdot 2 \cdot 2} \right) 18,43 = 0,76 = 76\%$$

$$Q_g = E_g \times n \times Q_{all} = 0,76 \times 4 \times 526,869 = 1596,965 \text{ kN} > 1085,632 \text{ kN (aman)}$$

- Data perencanaan bored pile BP3 :

Tipe Bored Pile = BP3

Diameter Bored Pile = 500 mm

Panjang Bored Pile = 6000 mm

Didapatkan nilai $q_{ca} = 214,0625 \text{ Kg/cm}^2$

Luas Bored Pile $A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 50^2 = 1.962,5 \text{ cm}^2 = 0,19625 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} \text{Tahanan ujung satuan } Q_b &= q_{ca} \times A_b \\ &= 214,0625 \times 1.256 = 420097 \text{ kg} = 4200,977 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tahanan selimut tiang } Q_s &= 2\pi r \times L \times JHP \\ &= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \times 6 \times 372,394 = 3507,951 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berat sendiri Bored pile W

$$W = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot l \cdot \gamma_c = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 6 \cdot 24 = 28,26 \text{ kN}$$

Daya dukung ijin pondasi Bored pile

$$Q_{all} = \frac{Q_b}{SF} - \frac{Q_s}{SF} - W = \frac{4200,977}{3} - \frac{3507,951}{5} - 28,26 = 670,475 \text{ kN}$$

Dari data dukung ijin diatas maka selanjutnya akan digunakan untuk merencanakan jumlah tiang bored pile. Diambil salah satu sample dari output SAP2000 dengan mempertimbangkan nilai gaya aksial terbesar.

$$P_u = 1423,533 \text{ kN}$$

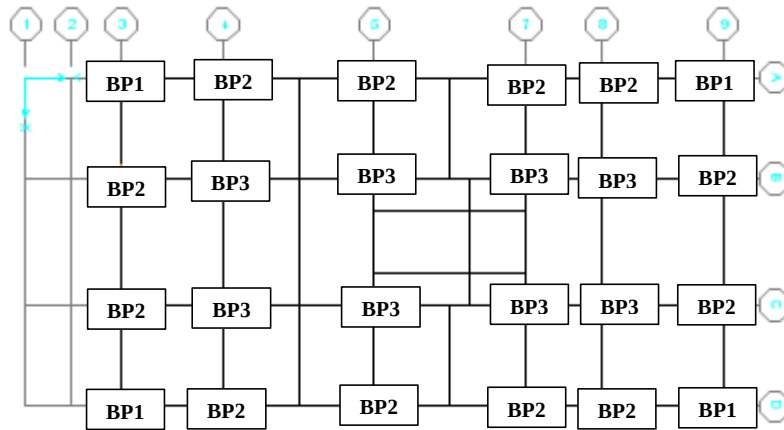
$$\text{Jumlah tiang, } n = \frac{P_u}{Q_{all}} = \frac{1423,533}{670,475} = 2,123 \approx 4 \text{ buah}$$

Direncanakan jarak antar tiang adalah $S = 1,5 \text{ m}$

Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right) \theta = 1 - \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90.2.2} \right) 18,43 = 0,76 = 76\%$$

$$Q_g = E_g \times n \times Q_{all} = 0,76 \times 4 \times 670,475 = 2032,243 \text{ kN} > 1423,533 \text{ kN (aman)}$$



Gambar 4. 4 Denah Pemasangan Bore Pile

4.2. Analisa Pembebanan

4.2.1. Pembebanan Pelat

a) Pelat lantai

Beban mati (q DL)

- Beban pelat (12 cm) $= t_s \times \text{berat jenis beton}$
 $= 0,12 \times 2400 \text{ Kg/m}^3$
 $= 288 \text{ Kg/m}^2$
- Berat spesi lantai $= 21 \text{ Kg/m}^2$
- Berat penutup lantai $= 24 \text{ Kg/m}^2$
- Berat plafond dan penggantung $= 18 \text{ Kg/m}^2$
- Berat instalasi listrik $= 40 \text{ Kg/m}^2$
- Berat instalasi perpipaan $= 25 \text{ Kg/m}^2$
- Berat partisi $= 72 \text{ Kg/m}^2$

Beban hidup (q LL)

- Beban hidup lantai $= 250 \text{ Kg/m}^2$

b) Pelat atap

Beban mati (q DL)

- Beban pelat (10 cm) $= t_s \times \text{berat jenis beton}$
 $= 0,1 \times 2400 \text{ Kg/m}^3$
 $= 240 \text{ Kg/m}^2$
- Berat spesi lantai $= 21 \text{ Kg/m}^2$
- Berat plafond dan penggantung $= 18 \text{ Kg/m}^2$
- Berat instalasi listrik $= 40 \text{ Kg/m}^2$
- Berat instalasi perpipaan $= 25 \text{ Kg/m}^2$

Beban hidup (q LL)

- Beban hidup lantai atap $= 97 \text{ Kg/m}^2$
- Beban hujan atap $= 24,5 \text{ Kg/m}^2$

4.2.2. Pembebanan Tangga

a) Pelat anak tangga

Beban mati (q DL)

- Berat pelat (12 cm) $= t_s \times \text{berat jenis beton}$
 $= 0,12 \times 2400 \text{ Kg/m}^3$
 $= 288 \text{ Kg/m}^2$
- Berat spesi $= 21 \text{ Kg/m}^2$
- Berat keramik $= 24 \text{ Kg/m}^2$
- Berat railing $= 10 \text{ Kg/m}^2$

b) Pelat bordes

Beban mati (q DL)

- Berat pelat (12 cm) $= t_s \times \text{berat jenis beton}$
 $= 0,12 \times 2400 \text{ Kg/m}^3$
 $= 288 \text{ Kg/m}^2$
- Berat spesi $= 21 \text{ Kg/m}^2$
- Berat keramik $= 24 \text{ Kg/m}^2$
- Berat railing $= 10 \text{ Kg/m}^2$

4.2.3. Pembebanan Dinding

Pembebanan yang ada pada komponen struktur dinding yaitu pasangan bata ringan (hebel) sebesar 120 kg/m^2 .

Tabel 4. 2 Pembebanan pada dinding

Elevasi lantai (m)	Tinggi perlantai (m)	Berat hebel (kN/m)	Beban merata (kN/m)
Lantai 1 (0.00)	4	120	480
Lantai 2 (4.00)	4	120	480
Lantai 3 (8.00)	4	120	480
Lantai 4 (12.00)	4	120	480
Lantai 5 (16.00)	3	120	360

4.2.4. Pembebanan Air Hujan

d_s = Kedalaman air yang melendut

$$= 20 \text{ mm}$$

d_h = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut

$$= 5 \text{ mm}$$

$$R = 0,0098 (d_s + d_h)$$

$$= 0,0098 (20 + 5)$$

$$= 24,5 \text{ kg/m}^2$$

4.2.5. Pembebanan Gempa

1. Menentukan faktor keutamaan gedung

Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 4.1.2 (Tabel 3-Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa) bangunan gedung pondok pesantren yang direncanakan termasuk dalam kategori risiko II.

2. Menentukan faktor keutamaan gempa

Untuk kategori risiko II faktor keutamaan gempa $I = 1$ (Tabel 4-Faktor keutamaan Gempa).

3. Menentukan klasifikasi situs

Mengacu pada standar SNI 1726:2019 terdapat 3 parameter untuk menentukan jenis klasifikasi situs, salah satu diantaranya adalah

berdasarkan penentuan N (tahanan ppenetrasi standar). Dalam perencanaan gedung pondok pesantren ini data tanah diperoleh dari pengujian sondir atau CPT. Dari data sondir yang telah tersedia, penulis mengkonversikan niali q_c ke dalam nilai N sesuai dengan tabel dibaah ini.

Tabel 4. 3 korelasi q_c dan kepadatan relatif dengan sudut geser pada tanah pasir (Mayehoff,1956)

Konsistensi	Kepadatan Relatif	N-SPT	q_c (MPa)	Perkiraan sudut geser triaksial ($^\circ$)
Sangat lepas	<0.2	<4	<2	<30
Lepas	0.2 – 0.4	4-10	2-4	30-35
Padat sedang	0.4 – 0.6	10-30	4-12	35-40
Padat	0.7 – 0.8	30-50	12-20	40-45
Sangat padat	>0.8	>50	>20	>45

Berdasarkan Pasal 5.3 pada SNI 1726:2019 tanah teridentifikasi memiliki nilai $N-SPT > 50$ sehingga tergolong dalam klasifikasi situs SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak).

4. Menentukan parameter percepatan Gempa batuan dasar

Parameter percepatan $S_s = 0,9015$ dan $S_1 = 0,3823$ berdasarkan pada peta parameter respon spektrum dengan aplikasi desain spektra Indonesia yang dapat diakses melalui link http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/design_spektra_indonesia_2011/.

Gedung pondok pesantren ini terletak pada pada koordinat garis lintang - 7.127687912600209 dan garis bujur 110.4091952741146.

5. Menentukan parameter percepatan Gempa

Koefisien Situs (F_a) pada bangunan Gedung Pondok Pesantren Ungaran di dapatkan dari Tabel 2.4 dengan metode interpolasi linear yaitu untuk kelas situs SC 1,2. Sedangkan nilai koefisien situs (F_v) dengan metode yang sama dari Tabel 2.5 untuk kelas situs SC yaitu 1,5.

6. Menghitung parameter percepatan desain spektral

Menurut pasal 6.3 sebelum menghitung parameter percepatan desain spektral perlu dihitung nilai parameter percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}).

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,2 \times 0,9015 = 1,0818 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,5 \times 0,3823 = 0,5734 \text{ g}$$

Selanjutnya S_{DS} dan S_{D1} dapat dicari sesuai Pasal 6.3

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 2/3 \times 1,0818 = 0,7212 \text{ g}$$

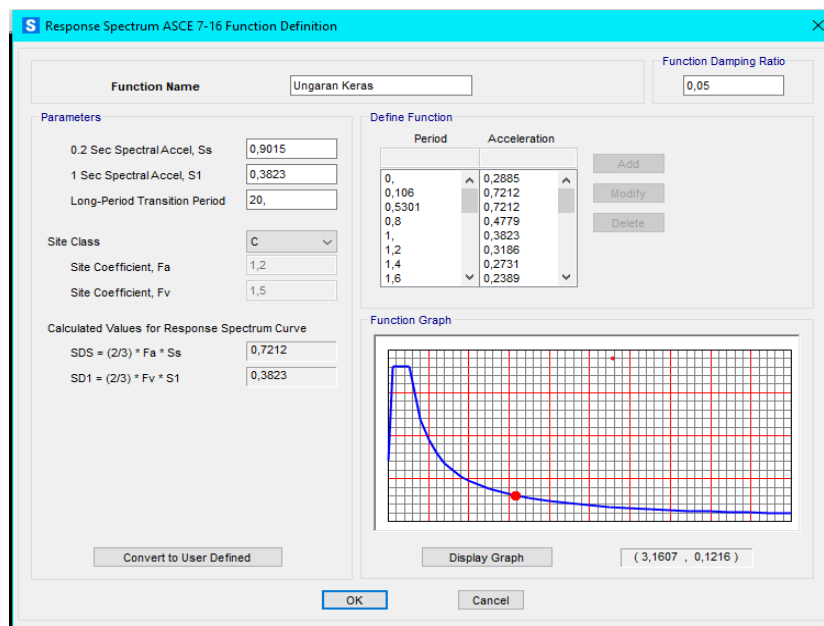
$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 2/3 \times 0,5734 = 0,3823 \text{ g}$$

7. Menghitung parameter percepatan desain spektral

Bila spektrum respon desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifikasi situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respon desain harus dikembangkan dengan mengikutiketentuan sebagai berikut :

- Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 ($T < T_0$), spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan dibawah ini :

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



Gambar 4. 5 Input Desain Spektrum pada SAP2000

- Untuk periode yang lebih besar dari T_0 ($T_0 \leq T \leq T_s$), spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk periode yang lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s ($T > T_s$), spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan $S_a = \frac{S_{DS}}{T}$.
- Dengan menggunakan T_0 dan T_s sebagai berikut :

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,3832}{0,7212} = 0,1063$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,3832}{0,7212} = 0,5313$$

8. Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan pasal 6.5 penentuan kategori desain seismik dengan parameter respons percepatan S_{DS} dan S_{D1} . $S_{DS} = 0,7212$ dengan kategori resiko II maka sesuai dengan Tabel 2.6 masuk dalam Kategori Desain Seismik D. Sedangkan untuk nilai $S_{D1} = 0,3823$ dengan kategori resiko II maka sesuai dengan Table 2.7 masuk dalam Kategori Desain D.

9. Menentukan Struktur dan Parameter

Pemilihan sistem struktur berkaitan dengan elemen penahan beban lateral dan juga Kategori Desain Seismik yang sudah direncanakan, pada perencanaan ini akan digunakan sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus.

Parameter faktor Gempa yang digunakan adalah :

Keofisien modifikasi respons, $R = 8$

Faktor kuat leleh sistem, $\Omega_0 = 3$

Faktor pembesaran defleksi, $C_d = 5,5$

Skala faktor beban Gempa respons spektrum : $\frac{g.I}{R} = \frac{9,81.1}{R} = 1,22625$

4.2.6. Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1726:2019 Pasal 4.2.2.1 struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen pondasi harus didesain sedemikian sehingga kekuatan rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi berikut :

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. $(1,2 + 0,2SDS)DL + 1 LL \pm pQE \pm 0,3(pQE)$

4. $(1,2 + 0,2SDS)DL + 1 LL \pm 0,3(\rho QE) \pm \rho QE$
5. $(0,9 - 0,2SDS)DL \pm \rho QE \pm 0,3(\rho QE)$
6. $(0,9 - 0,2SDS)DL \pm 0,3(\rho QE) \pm \rho QE$
7. $1,2 DL + 1 LL \pm 1,6 WL$
8. $0,9 DL \pm 1,6 WL$

Dimana nilai :

$S_{DS} = 0,7212$, diperoleh dari perhitungan analisa sebelumnya.

$\rho = 1,3$ (faktor redundansi sesuai pasal 7.3.4.2 karena kategori desain seismik masuk di kategori D).

Tabel 4. 4 Kombinasi Pembebanan

NO	KOMBINASI										
1	=	1,4	DL								
2	=	1,2	DL	+	1,6	LL					
3	=	1,34	DL	+	1,0	LL	+	1,30	Ex	+	0,39 Ey
4	=	1,34	DL	+	1,0	LL	+	1,30	Ex	-	0,39 Ey
5	=	1,34	DL	+	1,0	LL	-	1,30	Ex	+	0,39 Ey
6	=	1,34	DL	+	1,0	LL	-	1,30	Ex	-	0,39 Ey
7	=	1,34	DL	+	1,0	LL	+	0,39	Ex	+	1,30 Ey
8	=	1,34	DL	+	1,0	LL	+	0,39	Ex	-	1,30 Ey
9	=	1,34	DL	+	1,0	LL	-	0,39	Ex	+	1,30 Ey
10	=	1,34	DL	+	1,0	LL	-	0,39	Ex	-	1,30 Ey
11	=	0,76	DL	+	1,30	Ex	+	0,39	Ey		
12	=	0,76	DL	+	1,30	Ex	-	0,39	Ey		
13	=	0,76	DL	-	1,30	Ex	+	0,39	Ey		
14	=	0,76	DL	-	1,30	Ex	-	0,39	Ey		
15	=	0,76	DL	+	0,39	Ex	+	1,30	Ey		
16	=	0,76	DL	+	0,39	Ex	-	1,30	Ey		
17	=	0,76	DL	-	0,39	Ex	+	1,30	Ey		
18	=	0,76	DL	-	0,39	Ex	-	1,30	Ey		

4.3. Perhitungan Penulangan Struktur

4.3.1. Perhitungan Penulangan Pelat

4.3.1.1. Pelat Lantai Hunian

a. Data perencanaan

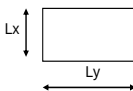
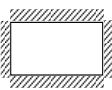
Tipe Pelat	= P1
Mutu beton (f_c')	= 25 MPa
Mutu baja (f_y)	= 280 MPa
Selimut beton	= 20 mm (SNI 2847:2019 Tabel 20.6.1.3.1)
β_1	= 0,85 (untuk $f_c' < 30$ MPa)
$\varnothing$ Tulangan rencana	= 10 mm
Bentang sumbu panjang (L_y)	= 400 cm
Bentang sumbu pendek (L_x)	= 300 cm

b. Perhitungan momen pelat

Perhitungan momen pelat didasarkan pada perletakan pelat yang diatur dalam PBI 1971.

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{400}{300} = 1,33$$

Tabel 4. 5 Momen Pelat persegi akibat beban merata

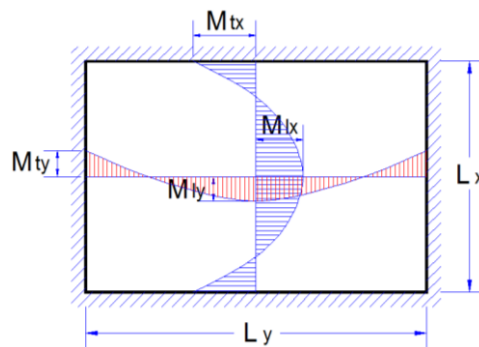
Kondisi Pelat	Nilai Momen Pelat	Perbandingan L_y/L_x																
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	> 2,5
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

(Sumber : Peraturan Beton Indonesia 1971)

$$\begin{aligned}
 M_{ulx} &= 0,001 \cdot Q_u \cdot L_x^2 \cdot C_{lx} \\
 &= 0,001 \cdot 8,992 \cdot 3^2 \cdot 69 \\
 &= 5,584 \text{ kNm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{uly} &= 0,001 \cdot Q_u \cdot L_y^2 \cdot C_{ly} \\
 &= 0,001 \cdot 8,992 \cdot 4^2 \cdot 31
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 2,509 \text{ kNm}^2 \\
M_{utx} &= 0,001 \cdot Q_u \cdot L_x^2 \cdot C_{lx} \\
&= 0,001 \cdot 8,992 \cdot 3^2 \cdot 19 \\
&= 1,538 \text{ kNm}^2 \\
M_{uty} &= 0,001 \cdot Q_u \cdot L_y^2 \cdot C_{ly} \\
&= 0,001 \cdot 8,992 \cdot 4^2 \cdot 57 \\
&= 4,613 \text{ kNm}^2
\end{aligned}$$



Gambar 4. 6 Perletakan momen pada pelat terjepit

c. Perhitungan Penulangan Pelat

$$d_s = t_s + \frac{\emptyset}{2} = 20 + \frac{10}{2} = 25 \text{ mm}$$

$$d = h - d_s = 120 - 25 = 95 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Rasio penulangan seimbang, minimum dan maksimum :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{280} = 0,005$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{280} \left(\frac{600}{600 + 280} \right) = 0,044$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,044 = 0,33$$

$$R_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \cdot f_y \cdot \left(1 - 0,5 \cdot 0,75 \cdot \rho_b \cdot \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \right)$$

$$= 0,75 \cdot 0,044 \cdot 280 \cdot \left(1 - 0,5 \cdot 0,75 \cdot \frac{280}{0,85 \cdot 25} \right)$$

$$= 7,2291$$

a) Penulangan lapangan arah x

$$M_u = 5,584 \text{ kNm}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{5,584}{0,9} = 6,98 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n \cdot 10^6}{(b \cdot d^2)} = \frac{6,98 \cdot 10^6}{(1000 \cdot 95^2)} = 0,77341$$

Karena $R_n < R_{max} = 0,77341 < 7,2291$ (aman)

$$\rho = 0,85 \frac{f_{c'}}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_{c'}}}\right)$$

$$\rho = 0,85 \frac{25}{280} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot (0,77341)}{0,85 \cdot 25}}\right) = 0,0028$$

$$\rho_{min} = 0,005$$

ρ yang digunakan = 0,005

$$A_{Spakai} = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 1000 \cdot 95 = 475 \text{ mm}^2$$

$$A_{Sperlu} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{A_s} = \frac{\frac{\pi}{4} 10^2 \cdot 1000}{475} = 165 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang digunakan $s = 200 \text{ mm}$

Luas tulangan terpakai :

$$A_{st} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{s} = \frac{\frac{\pi}{4} 10^2 \cdot 1000}{200} = 393 \text{ mm}^2$$

b) Penulangan lapangan arah y

$$M_u = 2,509 \text{ kNm}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{2,509}{0,9} = 3,136 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n \cdot 10^6}{(b \cdot d^2)} = \frac{3,136 \cdot 10^6}{(1000 \cdot 95^2)} = 0,34747$$

Karena $R_n < R_{max} = 0,34747 < 7,2291$ (aman)

$$\rho = 0,85 \frac{f_{c'}}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_{c'}}}\right)$$

$$\rho = 0,85 \frac{25}{280} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot (0,34747)}{0,85 \cdot 25}}\right) = 0,0013$$

$$\rho_{min} = 0,005$$

ρ yang digunakan = 0,005

$$A_{Spakai} = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 1000 \cdot 95 = 475 \text{ mm}^2$$

$$A_{Sperlu} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{A_s} = \frac{\frac{\pi}{4} 10^2 \cdot 1000}{475} = 165 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang harus digunakan $s = 200 \text{ mm}$

Luas tulangan terpakai :

$$A_{st} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{s} = \frac{\frac{\pi}{4} 10^2 \cdot 1000}{200} = 393 \text{ mm}^2$$

c) Penulangan tumpuan arah x

$$M_u = 1,538 \text{ kNm}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{1,538}{0,9} = 1,922 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n \cdot 10^6}{(b \cdot d^2)} = \frac{1,922 \cdot 10^6}{(1000 \cdot 95^2)} = 0,21297$$

Karena $R_n < R_{max} = 0,21297 < 7,2291$ (aman)

$$\rho = 0,85 \frac{f_{c'}}{f_y} \cdot (1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_{c'}}})$$

$$\rho = 0,85 \frac{25}{280} \cdot (1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot (0,21297)}{0,85 \cdot 25}}) = 0,0008$$

$$\rho_{min} = 0,005$$

ρ yang digunakan = 0,005

$$A_{Spakai} = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 1000 \cdot 95 = 475 \text{ mm}^2$$

$$A_{Sperlu} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{A_s} = \frac{\frac{\pi}{4} 10^2 \cdot 1000}{475} = 165 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang harus digunakan $s = 200 \text{ mm}$

Luas tulangan terpakai :

$$A_{st} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{s} = \frac{\frac{\pi}{4} 10^2 \cdot 1000}{200} = 393 \text{ mm}^2$$

d) Penulangan tumpuan arah y

$$M_u = 4,613 \text{ kNm}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{4,613}{0,9} = 5,766 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n \cdot 10^6}{(b \cdot d^2)} = \frac{5,766 \cdot 10^6}{(1000 \cdot 95^2)} = 0,6389$$

Karena $R_n < R_{max} = 0,6389 < 7,2291$ (aman)

$$\rho = 0,85 \frac{f_{c'}}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{1-2R_n}{0,85 f_{c'}}}\right)$$

$$\rho = 0,85 \frac{25}{280} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{1-2(0,6389)}{0,85 \cdot 25}}\right) = 0,0023$$

$$\rho_{min} = 0,005$$

ρ yang digunakan = 0,005

$$A_{spakai} = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 1000 \cdot 95 = 475 \text{ mm}^2$$

$$A_{Sperlu} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{A_s} = \frac{\frac{\pi}{4} 10^2 \cdot 1000}{475} = 165 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang harus digunakan $s = 200 \text{ mm}$

Luas tulangan terpakai :

$$A_{st} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{s} = \frac{\frac{\pi}{4} 10^2 \cdot 1000}{200} = 393 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan yang dipasang adalah Ø10-200.

4.2.1.2. Pelat Lantai Atap

a. Data perencanaan

Tipe Pelat = P2

Mutu beton ($f_{c'}$) = 25 MPa

Mutu baja (f_y) = 280 MPa

Selimut beton = 20 mm (SNI 2847:2019 Tabel 20.6.1.3.1)

β_1 = 0,85 (untuk $f_{c'} < 30 \text{ MPa}$)

Ø Tulangan rencana = 8 mm

Bentang sumbu panjang (L_y) = 400 cm

Bentang sumbu pendek (L_x) = 300 cm

b. Perhitungan momen pelat

Perhitungan momen pelat didasarkan pada Tabel 4.5 perletakan pelat yang diatur dalam PBI 1971.

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{400}{300} = 1,33$$

$$M_{ulx} = 0,001 \cdot Q_u \cdot L_x^2 \cdot C_{lx}$$

$$= 0,001 \cdot 5,68 \cdot 3^2 \cdot 69$$

$$= 3,527 \text{ kNm}^2$$

$$M_{uly} = 0,001 \cdot Q_u \cdot L_y^2 \cdot C_{ly}$$

$$= 0,001 \cdot 5,68 \cdot 4^2 \cdot 31$$

$$= 1,585 \text{ kNm}^2$$

$$M_{utx} = 0,001 \cdot Q_u \cdot L_x^2 \cdot C_{lx}$$

$$= 0,001 \cdot 5,68 \cdot 3^2 \cdot 19$$

$$= 0,971 \text{ kNm}^2$$

$$M_{uty} = 0,001 \cdot Q_u \cdot L_y^2 \cdot C_{ly}$$

$$= 0,001 \cdot 5,68 \cdot 4^2 \cdot 57$$

$$= 2,914 \text{ kNm}^2$$

c. Perhitungan Penulangan Pelat

$$d_s = t_s + \frac{\emptyset}{2} = 20 + \frac{8}{2} = 24 \text{ mm}$$

$$d = h - d_s = 100 - 25 = 76 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Rasio penulangan seimbang, minimum dan maksimum :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{280} = 0,005$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{280} \left(\frac{600}{600 + 280} \right) = 0,044$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,044 = 0,33$$

$$R_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \cdot f_y \cdot \left(1 - 0,5 \cdot 0,75 \cdot \rho_b \cdot \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \right)$$

$$= 0,75 \cdot 0,044 \cdot 280 \cdot \left(1 - 0,5 \cdot 0,75 \cdot \frac{280}{0,85 \cdot 25} \right)$$

$$= 7,2291$$

a) Penulangan lapangan arah x

$$M_u = 3,527 \text{ kNm}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3,527}{0,9} = 4,409 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n \cdot 10^6}{(b \cdot d^2)} = \frac{4,409 \cdot 10^6}{(1000 \cdot 95^2)} = 0,76335$$

Karena $R_n < R_{max} = 0,76335 < 7,2291$ (aman)

$$\rho = 0,85 \frac{f_{c'}}{f_y} \cdot (1 - \sqrt{\frac{1-2.R_n}{0,85.f_{c'}}})$$

$$\rho = 0,85 \frac{25}{280} \cdot (1 - \sqrt{\frac{1-2.(0,76335)}{0,85.25}}) = 0,0028$$

$$\rho_{min} = 0,005$$

$$\rho \text{ yang digunakan} = 0,005$$

$$A_{Spakai} = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 1000 \cdot 75 = 380 \text{ mm}^2$$

$$A_{Sperlu} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{A_s} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 8^2 \cdot 1000}{380} = 132 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan yang digunakan } s = 200 \text{ mm}$$

Luas tulangan terpakai :

$$A_{st} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{s} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251 \text{ mm}^2$$

b) Penulangan lapangan arah y

$$M_u = 1,585 \text{ kNm}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{1,585}{0,9} = 1,981 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n \cdot 10^6}{(b \cdot d^2)} = \frac{1,981 \cdot 10^6}{(1000 \cdot 95^2)} = 0,34295$$

$$\text{Karena } R_n < R_{max} = 0,34295 < 7,2291 \text{ (aman)}$$

$$\rho = 0,85 \frac{f_{c'}}{f_y} \cdot (1 - \sqrt{\frac{1-2.R_n}{0,85.f_{c'}}})$$

$$\rho = 0,85 \frac{25}{280} \cdot (1 - \sqrt{\frac{1-2.(0,34295)}{0,85.25}}) = 0,0012$$

$$\rho_{min} = 0,005$$

$$\rho \text{ yang digunakan} = 0,005$$

$$A_{Spakai} = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 1000 \cdot 75 = 380 \text{ mm}^2$$

$$A_{Sperlu} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{A_s} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 8^2 \cdot 1000}{380} = 132 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan yang digunakan } s = 200 \text{ mm}$$

Luas tulangan terpakai :

$$A_{st} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{s} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251 \text{ mm}^2$$

c) Penulangan tumpuan arah x

$$M_u = 0,971 \text{ kNm}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{0,971}{0,9} = 1,214 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n \cdot 10^6}{(b \cdot d^2)} = \frac{1,214 \cdot 10^6}{(1000 \cdot 95^2)} = 0,2102$$

Karena $R_n < R_{max} = 0,2102 < 7,2291$ (aman)

$$\rho = 0,85 \frac{f_{c'}}{f_y} \cdot (1 - \sqrt{\frac{1-2R_n}{0,85 \cdot f_{c'}}})$$

$$\rho = 0,85 \frac{25}{280} \cdot (1 - \sqrt{\frac{1-2 \cdot (0,2102)}{0,85 \cdot 25}}) = 0,0008$$

$$\rho_{min} = 0,005$$

ρ yang digunakan = 0,005

$$A_{Spakai} = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 1000 \cdot 75 = 380 \text{ mm}^2$$

$$A_{Sperlu} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{As} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 8^2 \cdot 1000}{380} = 132 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang digunakan $s = 200 \text{ mm}$

Luas tulangan terpakai :

$$A_{st} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{s} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251 \text{ mm}^2$$

d) Penulangan tumpuan arah y

$$M_u = 2,914 \text{ kNm}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{2,914}{0,9} = 3,624 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n \cdot 10^6}{(b \cdot d^2)} = \frac{1,981 \cdot 10^6}{(1000 \cdot 95^2)} = 0,6306$$

Karena $R_n < R_{max} = 0,6306 < 7,2291$ (aman)

$$\rho = 0,85 \frac{f_{c'}}{f_y} \cdot (1 - \sqrt{\frac{1-2R_n}{0,85 \cdot f_{c'}}})$$

$$\rho = 0,85 \frac{25}{280} \cdot (1 - \sqrt{\frac{1-2 \cdot (0,6306)}{0,85 \cdot 25}}) = 0,0023$$

$$\rho_{min} = 0,005$$

ρ yang digunakan = 0,005

$$A_{Spakai} = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 1000 \cdot 75 = 380 \text{ mm}^2$$

$$A_{Sperlu} = \frac{\frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot b}{As} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 8^2 \cdot 1000}{380} = 132 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 2. h = 2. 100 = 200 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang digunakan $s = 200 \text{ mm}$

Luas tulangan terpakai :

$$A_{st} = \frac{\pi \phi^2 . b}{s} = \frac{\pi . 8^2 . 1000}{200} = 251 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan yang dipasang adalah Ø8-200.

4.3.2. Perhitungan Penulangan Balok

Tipe balok yang akan digunakan sebagai sample perhitungan adalah balok 40/70. Berikut adalah data perencanaan balok:

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

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$t_s = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur direncanakan} = D \ 19 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan geser direncanakan} = \emptyset \ 10 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{tebal selimut} - 1/2 D - \emptyset \text{ sengkang}$$

$$= 700 - 40 - \frac{1}{2}(19) - 10$$

$$= 640,5 \text{ mm}$$

$$f_c' \text{ beton} = 25 \text{ MPa}$$

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

$$f_y \text{ tulangan geser} = 280 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\text{Faktor reduksi lentur} = 0,9$$

$$\text{Faktor reduksi geser} = 0,75$$

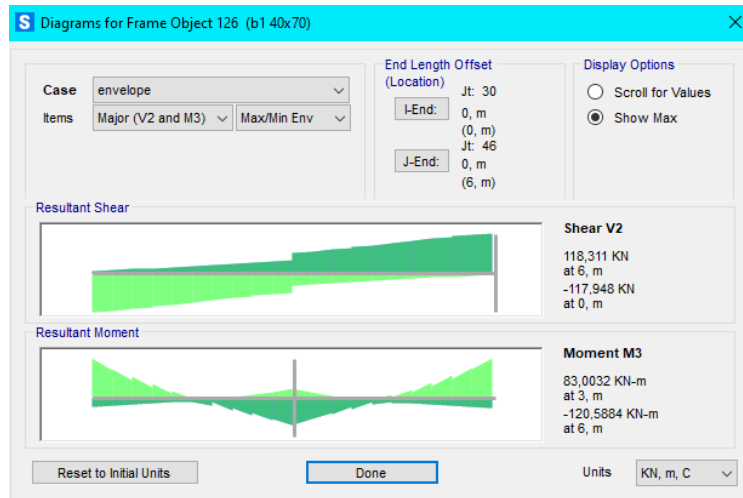
$$\text{Panjang kolom (c1)} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar kolom (c2)} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang bersih balok (Ln)} = L - c1 = 6000 - 600 = 5400 \text{ mm}$$

4.3.2.1. Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok

Gaya dalam pada balok B1 didapat dari SAP2000 yang digunakan untuk mendesain tulangan longitudinal balok sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Momen Ultimit B1

Mu lapangan (+) = 83,0032 kN-m

Mu lapangan (-) = 28,0115 kN-m

Mu tumpuan (+) = 30,8749 kN-m

Mu tumpuan (-) = 120,588 kN-m

Pu = 279,426 kN

a) Syarat Gaya dan Geometri

- Syarat Gaya Aksial

(SNI 2847:2019 pada Penjelasan R18.6.1 dan Pasal 18.6.4.7)

$$\begin{aligned}\text{Syarat} &= P_u \leq 0,1 A_g \times f_c' \\ &= 0 \leq 0,1 \times 400 \times 700 \times 25 \\ &= 279,426 \leq 700000 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

Syarat Tinggi Efektif

(SNI 2847:2019 pada Pasal 18.6.2.1)

$$\text{Syarat} = L_n \geq 4 d$$

$$= 6000 \geq 4 \times 640,5$$

$$= 6000 \geq 2562 \rightarrow \text{OK}$$

Syarat Lebar 1

(SNI 2847:2019 pada Pasal 18.6.2.1)

Syarat = $b \geq$ minimal ($0,3 h$ atau 250 mm) $\rightarrow$ ambil nilai terkecil

$$= 400 \geq \text{minimal } (0,3 \times 700 \text{ atau } 250 \text{ mm})$$

$$= 400 \geq \text{minimal } (210 \text{ atau } 250 \text{ mm})$$

$$= 400 \geq 210 \rightarrow \text{OK}$$

Syarat Lebar 2

(SNI 2847:2019 pada Pasal 18.6.2.1)

Syarat = $b \leq c_2 + 2 \times \text{minimal } (c_2 \text{ atau } 0,75 c_1)$ $\rightarrow$ ambil terkecil

$$= 400 \leq 700 + 2 \times \text{minimal } (1000 \text{ atau } 0,75 \times 1000)$$

$$= 400 \leq 700 + 2 \times \text{minimal } (1000 \text{ atau } 750)$$

$$= 400 \leq 700 + 2 \times 750$$

$$= 400 \leq 2200 \rightarrow \text{OK}$$

b) Tulangan Tumpuan Atas

- Jumlah tulangan tumpuan atas (n)

$$n = 7$$

- Diameter tulangan longitudinal (d_b)

$$d_b = 19 \text{ mm}$$

- Jarak bersih antar tulangan

$$= \frac{b_w - 2t_s - 2\phi_{senggang} - n \text{ tul utama}}{n-1}$$

$$= \frac{400 - 2(40) - 2(10) - 7(19)}{7-1}$$

$$= 28 \text{ mm}$$

- Cek jarak bersih
(SNI 2847:2019 pada Pasal 25.2.1)

Syarat = Jarak bersih $\geq$ maksimal (d_b atau 25 mm)

$$= 28 \geq \text{maksimal } (d_b \text{ atau } 25 \text{ mm}) \rightarrow \text{ambil nilai terkecil}$$

$$= 28 \geq \text{maksimal } (19 \text{ atau } 25 \text{ mm})$$

$$= 28 \geq 25 \rightarrow \text{OK}$$

- Luas tulangan yang dipasang ($A_{s \text{ pasang}}$)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d_b^2 \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \\ &= 1984,701 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas tulangan minimum ($A_{s \text{ min}}$)
(SNI 2843:2019 pada Pasal 9.6.1.2)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min } 1} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c}}{f_y} \times b \times d \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{25}}{400} \times 400 \times 640,5 \\ &= 800,625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min } 2} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 400 \times 640,5 \\ &= 896,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \text{maksimum } (A_{s \text{ min } 1} \text{ atau } A_{s \text{ min } 2}) \\ &= 896,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Cek $A_{s \text{ min}}$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &= A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ min}} \\ &= 1983,695 \geq 896,7 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{A_{s \text{ pasang}}}{b \times d} = \frac{1984,701}{400 \times 640,5} = 0,00775$$

- Rasio tulangan maksimum ($\rho_{\max}$)

$$\begin{aligned}\rho_{\max 1} &= 0,75 \cdot \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,02032\end{aligned}$$

$$\rho_{\max 2} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2019 pada Pasal 18.6.3.1)}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= \text{maksimum } (\rho_{\max 1} \text{ atau } \rho_{\max 2}) \\ &= 0,025\end{aligned}$$

- Cek $\rho_{\max}$

$$\begin{aligned}\text{Syarat} &= \rho \leq \rho_{\max} \\ &= 0,00775 \leq 0,025 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Tinggi blok beton (α)

(SNI 2847 pada Pasal 22.2.2.4.1)

$$\begin{aligned}\alpha &= A_s \cdot \left(\frac{f_y}{0,85 \cdot f_{cxb}} \right) \\ &= 1984,701 \cdot \left(\frac{400}{0,85 \cdot 25 \cdot 400} \right) \\ &= 93,397 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Kapasitas lentur (M_n)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.2.4.1)

$$\begin{aligned}M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) 10^{-6} \\ &= 1984,701 \cdot 400 \cdot \left(640,5 - \frac{93,397}{2} \right) 10^{-6} \\ &= 471,407 \text{ kN-m}\end{aligned}$$

- Lokasi garis netral (c)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.2.4.1)

$$c = \left(\frac{a}{\beta_1} \right) = \left(\frac{93,397}{0,85} \right) = 109,88 \text{ mm}$$

- Regangan tulangan tarik (ε_t)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.1.2 dan 22.2.2.1)

$$\varepsilon_t = \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003$$

$$= \left(\frac{640,5 - 109,88}{109,88} \right) \times 0,003$$

$$= 0,01449$$

- Faktor reduksi (ϕ)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.1.2 dan 22.2.2.1)

$$\phi = 0,9 \text{ (karena } \varepsilon_t \geq 0,005 = 0,01449 \geq 0,005)$$

- Kapasitas lentur tereduksi (ϕM_n)

$$\phi M_n = \phi \times M_n$$

$$= 0,90 \times 471,407$$

$$= 424,266 \text{ kN-m}$$

- Momen ultimit (M_u)

$$M_u = |M_{u \text{ tumpuan}} (-)|$$

$$= |-120,588|$$

$$= 120,588 \text{ kN-m}$$

- Cek kapasitas :

$$\text{Syarat} = \phi M_n > M_u$$

$$= 424,266 > 120,588 \rightarrow \text{OK}$$

- Luas tulangan yang diperlukan ($A_s \text{ perlu}$)

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{f_y \times (d - \frac{a}{2})} \times 10^6$$

$$= \frac{120,588}{400 \times (640,5 - \frac{93,397}{2})} \times 10^6$$

$$= 507,695 \text{ mm}^2$$

c) Tulangan Tumpuan Bawah

- Jumlah tulangan tumpuan atas (n)

$$n = 4$$

- Diameter tulangan longitudinal (d_b)

$$d_b = 19 \text{ mm}$$

- Jarak bersih antar tulangan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{b_w - 2t_s - 2\phi_{senggang} - n \text{ tul utama}}{n-1} \\
 &= \frac{400 - 2(40) - 2(10) - 4(19)}{4-1} \\
 &= 75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Cek jarak bersih
(SNI 2847:2019 pada Pasal 25.2.1)

Syarat = Jarak bersih $\geq$ maksimal (d_b atau 25 mm)

$$\begin{aligned}
 &= 75 \geq \text{maksimal } (d_b \text{ atau } 25 \text{ mm}) \rightarrow \text{ambil nilai terkecil} \\
 &= 75 \geq \text{maksimal } (19 \text{ atau } 25 \text{ mm}) \\
 &= 75 \geq 25 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Luas tulangan yang dipasang (A_s pasang)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang}} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d_b^2 \\
 &= 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \\
 &= 1134,115 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Luas tulangan minimum (A_s min)
(SNI 2843:2019 pada Pasal 9.6.1.2)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min } 1} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c}}{f_y} \times b \times d \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{25}}{400} \times 400 \times 640,5 \\
 &= 800,625 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min } 2} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\
 &= \frac{1,4}{400} \times 400 \times 640,5 \\
 &= 896,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min } 3} &= 0,5 \times A_s \text{ tumpuan (-)} \\
 &= 0,5 \times 1984,701
 \end{aligned}$$

$$= 992,351 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \text{maksimum} (A_{s \text{ min } 1}; A_{s \text{ min } 2} \text{ atau } A_{s \text{ min } 3})$$

$$= 992,351 \text{ mm}^2$$

- Cek $A_{s \text{ min}}$

$$\text{Syarat} = A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ min}}$$

$$= 1134,115 \geq 992,351 \rightarrow \text{OK}$$

- Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{A_{s \text{ pasang}}}{b \times d} = \frac{1134,115}{400 \times 640,5} = 0,00443$$

- Rasio tulangan maksimum (ρ_{max})

$$\rho_{\text{max } 1} = 0,75 \cdot \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,02032$$

$$\rho_{\text{max } 2} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2019 pada Pasal 18.6.3.1)}$$

$$\rho_{\text{max}} = \text{maksimum} (\rho_{\text{max } 1} \text{ atau } \rho_{\text{max } 2})$$

$$= 0,025$$

- Cek ρ_{max}

$$\text{Syarat} = \rho \leq \rho_{\text{max}}$$

$$= 0,00443 \leq 0,025 \rightarrow \text{OK}$$

- Tinggi blok beton (α)

$$\text{(SNI 2847 pada Pasal 22.2.2.4.1)}$$

$$\alpha = A_s \cdot \left(\frac{f_y}{0,85 \times f_{cxb}} \right)$$

$$= 1134,115 \cdot \left(\frac{400}{0,85 \times 25 \times 400} \right)$$

$$= 53,37 \text{ mm}$$

- Kapasitas lentur (M_n)

$$\text{(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.2.4.1)}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) 10^{-6}$$

$$= 1134,115 \cdot 400 \cdot \left(640,5 - \frac{53,37}{2}\right) 10^{-6}$$

$$= 278,454 \text{ kN-m}$$

- Lokasi garis netral (c)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.2.4.1)

$$c = \left(\frac{a}{\beta_1}\right) = \left(\frac{53,37}{0,85}\right) = 62,79 \text{ mm}$$

- Regangan tulangan tarik (ε_t)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.1.2 dan 22.2.2.1)

$$\varepsilon_t = \left(\frac{d-c}{c}\right) \times 0,003$$

$$= \left(\frac{640,5-62,79}{62,79}\right) \times 0,003$$

$$= 0,0276$$

- Faktor reduksi (ϕ)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.1.2 dan 22.2.2.1)

$$\phi = 0,9 \text{ (karena } \varepsilon_t \geq 0,005 = 0,0276 \geq 0,005)$$

- Kapasitas lentur tereduksi (ϕM_n)

$$\phi M_n = \phi \times M_n$$

$$= 0,90 \times 278,454$$

$$= 250,609 \text{ kN-m}$$

- Momen ultimit (M_u)

$$M_u = |M_{u \text{ tumpuan (+)}}|$$

$$= |30,8749|$$

$$= 30,8749 \text{ kN-m}$$

- Cek kapasitas :

$$\text{Syarat} = \phi M_n > M_u$$

$$= 250,609 > 30,8749 \rightarrow \text{OK}$$

- Luas tulangan yang diperlukan ($A_s \text{ perlu}$)

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{f_y \times (d - \frac{a}{2})} \times 10^6$$

$$= \frac{30,8749}{400 \times (640,5 - \frac{53,37}{2})} \times 10^6$$

$$= 125,75 \text{ mm}^2$$

d) Tulangan Lapangan Atas

- Jumlah tulangan tumpuan atas (n)

$$n = 4$$

- Diameter tulangan longitudinal (d_b)

$$d_b = 19 \text{ mm}$$

- Jarak bersih antar tulangan

$$= \frac{b_w - 2t_s - 2\phi_{sengkang} - n \text{ tul utama}}{n-1}$$

$$= \frac{400 - 2(40) - 2(10) - 4(19)}{4-1}$$

$$= 75 \text{ mm}$$

- Cek jarak bersih

(SNI 2847:2019 pada Pasal 25.2.1)

Syarat = Jarak bersih $\geq$ maksimal (d_b atau 25 mm)

$$= 75 \geq \text{maksimal } (d_b \text{ atau } 25 \text{ mm}) \rightarrow \text{ambil nilai terkecil}$$

$$= 75 \geq \text{maksimal } (19 \text{ atau } 25 \text{ mm})$$

$$= 75 \geq 25 \rightarrow \text{OK}$$

- Luas tulangan yang dipasang ($A_s \text{ pasang}$)

$$A_s \text{ pasang} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d_b^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2$$

$$= 1134,115 \text{ mm}^2$$

- Luas tulangan minimum ($A_s \text{ min}$)

(SNI 2843:2019 pada Pasal 9.6.1.2)

$$A_s \text{ min } 1 = \frac{0,25x\sqrt{f_c}}{f_y} \times b \times d$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{25}}{400} \times 400 \times 640,5$$

$$= 800,625 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min } 2} = \frac{1,4}{f_y} \times b \times d$$

$$= \frac{1,4}{400} \times 400 \times 640,5$$

$$= 896,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min } 3} = 0,25 \times A_{s \text{ tumpuan (-)}}$$

$$= 0,25 \times 1984,701$$

$$= 496,175 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \text{maksimum } (A_{s \text{ min } 1}; A_{s \text{ min } 2} \text{ atau } A_{s \text{ min } 3})$$

$$= 896,7 \text{ mm}^2$$

- Cek $A_{s \text{ min}}$

$$\text{Syarat} = A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ min}}$$

$$= 1134,115 \geq 896,7 \rightarrow \text{OK}$$

- Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{A_{s \text{ pasang}}}{b \times d} = \frac{1134,115}{400 \times 640,5} = 0,00443$$

- Rasio tulangan maksimum (ρ_{max})

$$\rho_{\text{max } 1} = 0,75 \cdot \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,02032$$

$$\rho_{\text{max } 2} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2019 pada Pasal 18.6.3.1)}$$

$$\rho_{\text{max}} = \text{maksimum } (\rho_{\text{max } 1} \text{ atau } \rho_{\text{max } 2})$$

$$= 0,025$$

- Cek ρ_{max}

$$\text{Syarat} = \rho \leq \rho_{\text{max}}$$

$$= 0,00443 \leq 0,025 \rightarrow \text{OK}$$

- Tinggi blok beton (α)

(SNI 2847 pada Pasal 22.2.2.4.1)

$$\begin{aligned}\alpha &= A_s \cdot \left(\frac{f_y}{0,85 f_{cxb}} \right) \\ &= 1134,115 \cdot \left(\frac{400}{0,85 \times 25 \times 400} \right) \\ &= 53,37 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Kapasitas lentur (M_n)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.2.4.1)

$$\begin{aligned}M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) 10^{-6} \\ &= 1134,115 \cdot 400 \cdot \left(640,5 - \frac{53,37}{2} \right) 10^{-6} \\ &= 278,454 \text{ kN-m}\end{aligned}$$

- Lokasi garis netral (c)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.2.4.1)

$$c = \left(\frac{a}{\beta_1} \right) = \left(\frac{53,37}{0,85} \right) = 62,79 \text{ mm}$$

- Regangan tulangan tarik (ε_t)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.1.2 dan 22.2.2.1)

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &= \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 \\ &= \left(\frac{640,5-62,79}{62,79} \right) \times 0,003 \\ &= 0,0276\end{aligned}$$

- Faktor reduksi (ϕ)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.1.2 dan 22.2.2.1)

$$\phi = 0,9 \text{ (karena } \varepsilon_t \geq 0,005 = 0,0276 \geq 0,005)$$

- Kapasitas lentur tereduksi (ϕM_n)

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0,90 \times 278,454 \\ &= 250,609 \text{ kN-m}\end{aligned}$$

- Momen ultimit (M_u)

$$\begin{aligned}M_u &= |M_{u \text{ lapangan}} (-)| \\ &= |28,0115|\end{aligned}$$

$$= 28,0115 \text{ kN-m}$$

- Cek kapasitas :

$$\text{Syarat} = \phi M_n > M_u$$

$$= 250,609 > 28,0115 \rightarrow \text{OK}$$

- Luas tulangan yang diperlukan (A_s perlu)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \frac{M_u}{f_y \times (d - \frac{a}{2})} \times 10^6 \\ &= \frac{28,0115}{400 \times (640,5 - \frac{53,37}{2})} \times 10^6 \\ &= 114,088 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

e) Tulangan Lapangan Bawah

- Jumlah tulangan tumpuan atas (n)

$$n = 6$$

- Diameter tulangan longitudinal (d_b)

$$d_b = 19 \text{ mm}$$

- Jarak bersih antar tulangan

$$\begin{aligned} &= \frac{b_w - 2t_s - 2\phi \text{sengkang} - n \text{ tul utama}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2(40) - 2(10) - 6(19)}{6-1} \\ &= 37 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Cek jarak bersih

(SNI 2847:2019 pada Pasal 25.2.1)

$$\text{Syarat} = \text{Jarak bersih} \geq \text{maksimal } (d_b \text{ atau } 25 \text{ mm})$$

$$= 37 \geq \text{maksimal } (d_b \text{ atau } 25 \text{ mm}) \rightarrow \text{ambil nilai terkecil}$$

$$= 37 \geq \text{maksimal } (19 \text{ atau } 25 \text{ mm})$$

$$= 37 \geq 25 \rightarrow \text{OK}$$

- Luas tulangan yang dipasang (A_s pasang)

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d_b^2 \\
 &= 6 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \\
 &= 1701,172 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Luas tulangan minimum ($A_{s \text{ min}}$)
(SNI 2843:2019 pada Pasal 9.6.1.2)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min } 1} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c}}{f_y} \times b \times d \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{25}}{400} \times 400 \times 640,5 \\
 &= 800,625 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min } 2} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\
 &= \frac{1,4}{400} \times 400 \times 640,5 \\
 &= 896,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min } 3} &= 0,25 \times A_s \text{ tumpuan (-)} \\
 &= 0,25 \times 1984,701 \\
 &= 496,175 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= \text{maksimum } (A_{s \text{ min } 1}; A_{s \text{ min } 2} \text{ atau } A_{s \text{ min } 3}) \\
 &= 896,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Cek $A_{s \text{ min}}$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat} &= A_s \text{ pasang} \geq A_{s \text{ min}} \\
 &= 1701,172 \geq 896,7 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{A_s \text{ pasang}}{b \times d} = \frac{1701,172}{400 \times 640,5} = 0,0066$$

- Rasio tulangan maksimum (ρ_{max})

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max } 1} &= 0,75 \cdot \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,02032
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max } 2} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2019 pada Pasal 18.6.3.1)}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= \text{maksimum } (\rho_{\max 1} \text{ atau } \rho_{\max 2}) \\ &= 0,025\end{aligned}$$

- Cek $\rho_{\max}$

$$\text{Syarat } = \rho \leq \rho_{\max}$$

$$= 0,0066 \leq 0,025 \rightarrow \text{OK}$$

- Tinggi blok beton (α)

(SNI 2847 pada Pasal 22.2.2.4.1)

$$\begin{aligned}\alpha &= A_s \cdot \left(\frac{f_y}{0,85 f_{cxb}} \right) \\ &= 1701,172 \cdot \left(\frac{400}{0,85 \times 25 \times 400} \right) \\ &= 80,05 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Kapasitas lentur (M_n)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.2.4.1)

$$\begin{aligned}M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) 10^{-6} \\ &= 1701,172 \cdot 400 \cdot \left(640,5 - \frac{80,05}{2} \right) 10^{-6} \\ &= 408,603 \text{ kN-m}\end{aligned}$$

- Lokasi garis netral (c)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.2.4.1)

$$c = \left(\frac{a}{\beta_1} \right) = \left(\frac{80,05}{0,85} \right) = 94,18 \text{ mm}$$

- Regangan tulangan tarik (ε_t)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.1.2 dan 22.2.2.1)

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &= \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 \\ &= \left(\frac{640,5-94,18}{94,18} \right) \times 0,003 \\ &= 0,0174\end{aligned}$$

- Faktor reduksi (ϕ)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.1.2 dan 22.2.2.1)

$$\phi = 0,9 \text{ (karena } \varepsilon_t \geq 0,005 = 0,0174 \geq 0,005)$$

- Kapasitas lentur tereduksi (ϕM_n)

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0,90 \times 408,603 \\ &= 367,743 \text{ kN-m}\end{aligned}$$

- Momen ultimit (M_u)

$$\begin{aligned}M_u &= |M_{u \text{ lapangan}} (+)| \\ &= |83,0032| \\ &= 83,0032 \text{ kN-m}\end{aligned}$$

- Cek kapasitas :

$$\begin{aligned}\text{Syarat} &= \phi M_n > M_u \\ &= 367,743 > 83,0032 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Luas tulangan yang diperlukan (A_s perlu)

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \frac{M_u}{f_y \times (d - \frac{a}{2})} \times 10^6 \\ &= \frac{83.0032}{400 \times (640,5 - \frac{80,05}{2})} \times 10^6 \\ &= 345,573 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

4.3.2.2. Perhitungan Tulangan Transversal Balok

Gaya dalam berupa gaya geser ultimit yang diambil pada sample balok B1 (40X70).

$$V_u \text{ tumpuan} = 118,311 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ lapangan} = 99,322 \text{ kN}$$

a) Tulangan transversal tumpuan

Gaya geser terfaktor akibat beban gravitasi dengan kombinasi 1,2DL dan 1,6LL yang didapat dari output SAP2000 adalah sebagai berikut:

$$V_g \text{ tumpuan} = -72,079 \text{ Kn}$$

Dari hasil perhitungan tulangan longitudinal balok diatas, luas tulangan yang didapatkan di daerah tumpuan yaitu:

$$A_s \text{ tumpuan (+)} = 1134,115 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tumpuan (-)} = 1984,701 \text{ mm}^2$$

- *Probable Moment Capacities* (M_{pr})

$$a_{pr}^+ = 1,25 a \text{ (tumpuan positif desain lentur)}$$

$$= 1,25 \times 53,37$$

$$= 66,7125 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr}^- = 1,25 a \text{ (tumpuan negatif desain lentur)}$$

$$= 1,25 \times 93,397$$

$$= 116,7463 \text{ mm}^2$$

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

$$= 1134,115 \times 1,25 \times 400 \times \left(640,5 - \frac{66,7125}{2} \right)$$

$$= 344285417 \text{ Nmm}$$

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

$$= 1984,701 \times 1,25 \times 400 \times \left(640,5 - \frac{116,7463}{2} \right)$$

$$= 577673870 \text{ Nmm}$$

- Gaya geser akibat goyangan

(SNI 2847:2019 ada Pasal 18.6.5.1)

Gaya geser akibat goyangan dihitung dengan rumus berikut :

$$V_{sway} \text{ atau } V_{pr} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{Ln} = \frac{344285417 + 577673870}{5400} = 170733 \text{ N}$$

- Gaya geser desain akibat goyangan (V_c)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 18.6.5.1)

Gaya geser desain akibat goyangan dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$V_c = V_g + V_{pr} = -72,079 \times 10^3 + 170733 = -98654,201 \text{ N}$$

- $\frac{1}{2}$ Gaya geser desain akibat goyangan ($\frac{1}{2} V_c$)

$$\frac{1}{2} V_c = \frac{1}{2} x - 98654,201 = -49327,1 \text{ N}$$

- Gaya aksial terfaktor (P_u)

$$P_u = -279,426 \text{ N}$$

- Menghitung $A_g f_c / 20$

$$\frac{A_g f_c}{20} = \frac{400 \times 700 \times 25}{20} = 350000 \text{ N}$$

- Kuat geser nominal beton (V_c)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 18.6.5.2)

$$\text{Syarat} = V_c = 0, \text{ jika } V_{pr} \geq \frac{1}{2} V_c \text{ dan } P_u < \frac{A_g f_c}{20}$$

$$V_{pr} \geq \frac{1}{2} = 170733 \geq -49327,1 \rightarrow OK$$

$$P_u < \frac{A_g f_c}{20} = -279,426 < 350000 \rightarrow OK$$

$$V_c = 0$$

- Rencana jumlah kaki tulangan geser

$$n = 3$$

- Luas tulangan geser

$$A_v = n \times \frac{1}{4} \pi \times d_s^2 = 3 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 235,619 \text{ mm}^2$$

- Spasi tulangan geser (s)

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

- Spasi maksimum ($s_{\max}$)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 18.6.4.4)

$$s_{\max 1} = \frac{1}{4} \times d = \frac{1}{4} \times 640,5 = 160,13 \text{ mm}$$

$$s_{\max 2} = 7 \times d_b = 7 \times 19 = 133 \text{ mm}$$

$$s_{\max 3} = 150 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = \text{minimal } (s_{\max 1}; s_{\max 2}; \text{ atau } s_{\max 3})$$

$$= 133 \text{ mm}$$

- Cek spasi :

$$s < s_{\max} = 100 < 133 \rightarrow OK$$

- Kuat geser akibat penulangan geser (V_s)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.5.10.5.3)

$$V_s = \frac{A_p \times f_y \times d}{s} = \frac{235,619 \times 400 \times 640,5}{100} = 603656 \text{ N}$$

- Batas kuat geser nominal akibat penulangan geser (V_s)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.5.1.2.)

$$\text{Batas } V_s = 0,66 \times \sqrt{f_c} \times b \times d = 0,66 \times \sqrt{25} \times 400 \times 640,5 = 845460 \text{ N}$$

- Faktor reduksi kuat geser (ϕ)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 12.5.3.2 dan 21.2.4)

$$\phi = 0,75$$

- Kuat geser nominal (V_n)

$$V_n = V_c + V_s = 0 + 603656 = 603656 \text{ N}$$

- Kapasitas geser tereduksi (ϕV_n)

$$\phi V_n = 0,75 \times 603656 = 452742 \text{ N}$$

- Gaya geser ultimit (V_u)

$$V_u = V_{u \text{ tumpuan}} \times 10^3 = 118,311 \times 10^3 = 118311 \text{ N}$$

- Cek kapasitas

$$\text{Syarat} = \frac{\phi V_n}{V_u} \geq 1$$

$$= \frac{452742}{118311} \geq 1$$

$$= 3,83 \geq 1 \rightarrow OK$$

b) Tulangan transversal lapangan

V_u lapangan = 99,322 kN

- Rencana jumlah kaki tulangan geser

$$n = 2$$

- Luas tulangan geser

$$A_v = n \times \frac{1}{4} \pi \times d_s^2 = 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 157,080 \text{ mm}^2$$

- Spasi tulangan geser (s)

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

- Spasi maksimum ($s_{\max}$)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 18.6.4.6)

$$s_{\max} = \frac{1}{2} \times d = \frac{1}{2} \times 640,5 = 320,25 \text{ m}$$

- Cek spasi :

$$s < s_{\max} = 150 < 320 \rightarrow OK$$

- Kuat geser akibat penulangan geser (V_s)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.5.10.5.3)

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{157,080 \times 400 \times 640,5}{150} = 268292 \text{ N}$$

- Batas kuat geser nominal akibat penulangan geser (V_s)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.5.1.2.)

$$\text{Batas } V_s = 0,66 \times \sqrt{f_c} \times b \times d = 0,66 \times \sqrt{25} \times 400 \times 640,5 = 845460 \text{ N}$$

- Kuat geser nominal beton (V_c)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.5.5.1)

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b \times d = 0,17 \times \sqrt{25} \times 400 \times 640,5 = 217770 \text{ N}$$

- Faktor reduksi kuat geser (ϕ)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 12.5.3.2 dan 21.2.4)

$$\phi = 0,75$$

- Kuat geser nominal (V_n)

$$V_n = V_c + V_s = 217770 + 268292 = 486062 \text{ N}$$

- Kapasitas geser tereduksi (ϕV_n)

$$\phi V_n = 0,75 \times 486062 = 364547 \text{ N}$$

- Gaya geser ultimit (V_u)

$$V_u = V_u \text{ lapangan} \times 10^3 = 99,322 \times 10^3 = 99322 \text{ N}$$

- Cek kapasitas

$$\text{Syarat} = \frac{\phi V_n}{V_u} \geq 1$$

$$= \frac{364547}{99322} \geq 1$$

$$= 3,67 \geq 1 \rightarrow OK$$

4.3.2.3. Rekapitulasi Hasil Tulangan Balok

Dengan perhitungan yang sama, berikut hasil rekapitulasi penulangan balok.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Penulangan pada Balok

Tipe Balok	Dimensi (cm)	Lokasi	Tulangan Longitudinal		Tulangan Transversal	
			Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
B1	40x70	Atas	7D19	4D19	3Ø10-100	2Ø10-150
		Bawah	4D19	6D19		
B2	30x60	Atas	5D16	4D16	2Ø10-100	2Ø10-150
		Bawah	4D16	5D16		
B3	25x50	Atas	4D16	3D16	2Ø10-100	2Ø10-150
		Bawah	3D16	4D16		
B4	20x40	Atas	2D16	2D16	2Ø10-100	2Ø10-150
		Bawah	2D16	2D16		

4.3.3. Perhitungan Penulangan Kolom

Data perencanaan kolom menggunakan salah satu sample kolom tipe K1:

Tipe Kolom	= K1
Tinggi Kolom	= 4000 mm
Mutu Beton	= 25 MPa
Selimut Beton	= 40 mm (SNI 2847:2019 pada Pasal 20.6.1.3.1)
Diameter tulangan utama	= D 22 mm
Mutu baja tulangan (f_y)	= 400 MPa
Diameter tulangan sengkang	= Ø 13 mm
Faktor β_1	= 0,85
Faktor reduksi tekan	= 0,65 (SNI 2847:2019 pada Pasal 21.2.1)
Faktor reduksi geser	= 0,75 (SNI 2847:2019 pada Pasal 21.2.1)
Faktor reduksi lentur	= 0,9 (SNI 2847:2019 pada Pasal 21.2.1)

Gaya dalam diambil dari aplikasi software SAP2000 sebagai berikut :

$$P_u = 1422,22 \text{ kN}$$

$$V_u = 80,8 \text{ kN}$$

$$DL = 870,371 \text{ kN}$$

$$LL = 161,728 \text{ kN}$$

Gaya pada arah X

$$M_{1s} = 16,3527 \text{ kNm}$$

$$M_{2s} = 11,6001 \text{ kNm}$$

$$M_{1ns} = 156,0609 \text{ kNm}$$

$$M_{2ns} = 172,525 \text{ kNm}$$

Gaya pada arah Y

$$M_{1s} = 5,4166 \text{ kNm}$$

$$M_{2s} = 3,5843 \text{ kNm}$$

$$M_{1ns} = 155,72 \text{ kNm}$$

$$M_{2ns} = 150,3894 \text{ kNm}$$

Dalam SNI 2847;2019 pada Pasal 21.6 telah diatur ketentuan-ketentuan mengenai perhitungan kolom :

$$a) \quad Pu \geq 0,1 \cdot Ag \cdot fc$$

$$1422,22 \geq 0,1 \cdot (600 \cdot 600) \cdot 25$$

$$1422,22 \geq 900 \text{ (OK)}$$

$$b) \quad C1/C2 \geq 0,4$$

$$600/600 \geq 0,4$$

$$1 \geq 0,4 \text{ (OK)}$$

Kontrol terhadap tekuk :

Kontrol terhadap kelangsingan kolom :

$$\beta_{dns} = \frac{1,2 D}{1,2 D + 1,6 L} \leq 1$$

$$\beta_{dns} = \frac{1,2 (870,371)}{1,2 (870,371) + 1,6 (161,728)} \leq 1$$

$$\beta_{dns} = 0,8014 \leq 1 \text{ (OK)}$$

Kekakuan kolom bawah (600x600)

$$I_g = 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3$$

$$= 7560000000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{fc} = 4700\sqrt{25} = 23500 \text{ MPa}$$

$$E_{lk} = \frac{0,4.E_c.I_g}{1+\beta_{dns}} = \frac{0,4.23500.7560000000}{1+0,8014} = 3944431541395 \text{ Nmm}^2$$

Kekakuan balok bawah (400x700)

$$\begin{aligned} I_g &= 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\ &= 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 700^3 \\ &= 4001666666,6667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} = 4700\sqrt{25} = 23500 \text{ MPa}$$

$$E_{lb} = \frac{0,4.E_c.I_g}{1+\beta_{dns}} = \frac{0,4.23500.4001666666,6667}{1+0,8014} = 20880882744905,1 \text{ Nmm}^2$$

Kekakuan kolom atas (600x600)

$$\begin{aligned} I_g &= 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\ &= 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3 \\ &= 7560000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} = 4700\sqrt{25} = 23500 \text{ MPa}$$

$$E_{lk} = \frac{0,4.E_c.I_g}{1+\beta_{dns}} = \frac{0,4.23500.7560000000}{1+0,8014} = 3944431541395 \text{ Nmm}^2$$

Kekakuan balok atas (400x700)

$$\begin{aligned} I_g &= 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\ &= 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 700^3 \\ &= 4001666666,6667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} = 4700\sqrt{25} = 23500 \text{ MPa}$$

$$E_{lb} = \frac{0,4.E_c.I_g}{1+\beta_{dns}} = \frac{0,4.23500.4001666666,6667}{1+0,8014} = 20880882744905,1 \text{ Nmm}^2$$

Kekakuan kolom bagian bawah :

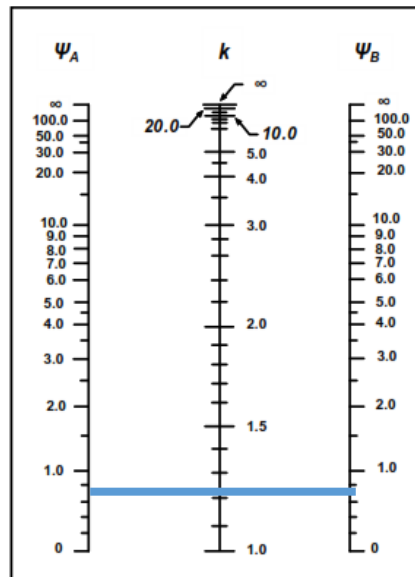
$$\psi_A = \frac{\left(\frac{E_{lk}}{L}\right)_{kolom \text{ yang ditinjau}}}{\left(\frac{E_{lb}}{L}\right)_{balok \text{ bawah}}}$$

$$= \frac{\left(\frac{3944431541395}{4000}\right)}{\left(\frac{20880882744905,1}{6000}\right)} = 0,7085$$

$$\psi_B = \frac{\left(\frac{E_{lk}}{L}\right)_{kolom \text{ atas}}}{\left(\frac{E_{lb}}{L}\right)_{balok \text{ atas}}}$$

$$= \frac{\left(\frac{3944431541395}{4000}\right)}{\left(\frac{20880882744905,1}{6000}\right)} = 0,7085$$

Kemudian diambil nilai faktor panjang efektif kolom untuk portal bergoyang $k = 1,225$ berdasarkan diagram nomogram sebagai berikut :



Gambar 4. 8 Nomogram faktor panjang efektif kolom

Kontrol kelangsingan kolom :

$$r = 0,3 \cdot h = 0,3 \cdot 600 = 180 \text{ mm}$$

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22 = \frac{1,225 \cdot 4000}{180} \geq 22 = 27,22 \geq 22, \text{ maka perlu dilakukan perhitungan}$$

pembesaran momen karena kolom termasuk kolom langsing.

Faktor pembesaran momen δ_s :

$$P_c = \frac{\pi^2 E_{lk}}{(k \cdot l_u)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 3944431541395}{(1,225 \cdot 4000)^2} = 16228,817 \text{ kN}$$

$$\delta_s = \frac{1}{(1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \cdot \sum Pc})} \geq 1.$$

$$= \frac{1}{(1 - \frac{2188,03}{0,75 \cdot 16228,82})} \geq 1.$$

$$= 1,2192 \geq 1 \text{ (OK)}$$

Maka didapat nilai $\delta_s=1,2192$ untuk pembesaran momen.

Pembesaran momen:

a) Arah X

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$= 156,0609 + 1,2192 \cdot 16,3527 = 175,9975 \text{ kNm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$= 172,525 + 1,2192 \cdot 11,6001 = 186,6674 \text{ kNm}$$

Diambil momen terbesar yaitu 186,6674 kNm.

b) Arah Y

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$= 155,72 + 1,2192 \cdot 5,4166 = 162,3237 \text{ kNm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$= 150,3894 + 1,2192 \cdot 3,5843 = 154,7592 \text{ kNm}$$

Diambil momen terbesar yaitu 162,3237 kNm.

4.3.3.1. Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

$$h' = h - 2 \cdot t_s - 2D \text{ tul sengkang} - D \text{ tul pokok}$$

$$= 600 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 22 = 472 \text{ cm}$$

$$\frac{h'}{h} = \frac{472}{600} = 0,7867 \approx 0,8$$

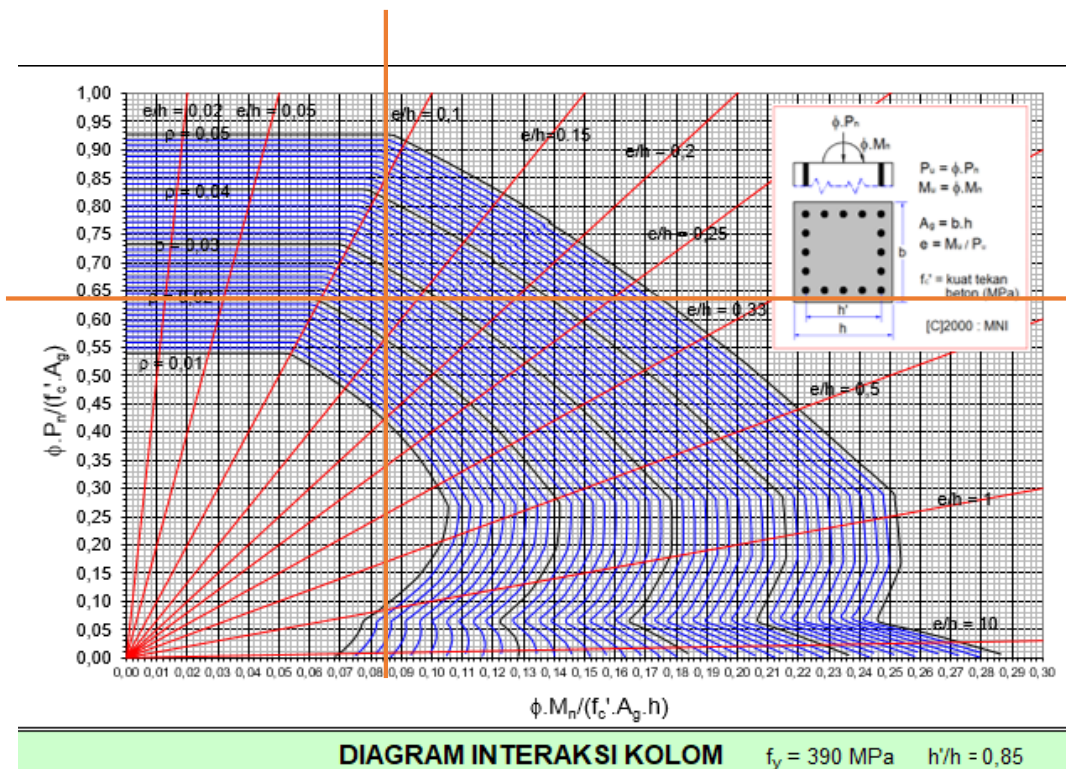
Sumbu vertikal

$$\frac{\phi P_n}{b \cdot h} = \frac{2188030,7692}{600.600} = 0,6078$$

Sumbu horizontal

$$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{186667411,5521}{600.600.600} = 0,0864$$

Digunakan diagram interaksi 4 sisi karena disesuaikan dengan desain kolom yang direncanakan.



Gambar 4. 9 Diagram Interaksi Kolom 4 Sisi

Maka didapatkan $\rho_{perlu} = 0,023$

Luas tulangan lentur perlu:

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot h = 0,023 \cdot 600 \cdot 600 = 8280,0000 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan lentur:

$$A_{s_1} = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur terpasang:

$$N = \frac{As_{perlu}}{As_1} = \frac{8280,0000}{380,2857} = 21,7731 \approx 20 \text{ buah}$$

Presentase tulangan terpasang:

$$1\% < \frac{As_{pasang}}{b.h} \cdot 100\% < 6\%$$

$$1\% < \frac{20 \cdot 380,2857}{600 \cdot 600} \cdot 100\% < 6\%$$

$$1\% < 0,0211 = 2\% < 6\% (OK)$$

Jadi tulangan lentur yang digunakan adalah 20D22.

Cek kondisi *balance*:

Tinggi efektif kolom:

$$d = h - t_s - \phi_{sengkang} - 0,5\phi_{lentur}.$$

$$= 600 - 40 - 13 - 0,5(22) = 536 \text{ mm}$$

$$d' = t_s - \phi_{sengkang} - 0,5\phi_{lentur}$$

$$= 40 - 13 - 0,5(22) = 64 \text{ mm}$$

$$As = As' = \frac{A_{st}}{2} = \frac{7605,7143}{2} = 3802,8571.$$

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) d = \left(\frac{600}{600 + 400} \right) 536 = 321,6 \text{ mm}.$$

$$a_b = Xb \cdot \beta_1 = 321,6 \cdot 0,85 = 273,36 \text{ mm}$$

$$f_s' = \left(\frac{Xb - d'}{Xb} \right) 600 = \left(\frac{321,6 - 64}{321,6} \right) 600 = 480,597 \text{ MPa} > 400 \text{ MPa, jadi nilai } f_s' \text{ diambil } 400 \text{ MPa.}$$

$$f_s = \left(\frac{d - Xb}{Xb} \right) 600 = \left(\frac{536 - 321,6}{321,6} \right) 600 = 400 \text{ MPa} = 400 \text{ MPa, jadi nilai } f_s' \text{ diambil } 400 \text{ MPa.}$$

$$Cs' = As \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c)$$

$$= 3802,8571 \cdot (400 - 0,85 \cdot 25) = 1440,3321 \text{ kN}$$

$$Ts = As \cdot f_s = 3802,8571 \cdot 400 = 1521,1428 \text{ kN}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 25 \cdot 273,36 \cdot 600 = 3485,34 \text{ kN}$$

$$Pb = Cc' + Cs' - Ts$$

$$= 3485,34 + 1440,3321 - 1521,1428 = 3404,5293 \text{ kN}$$

$$Mb = Cc' \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + Cs' \left(\frac{h}{2} - d' \right) + Ts \left(d - \frac{h}{2} \right)$$

$$= 3485,34 \left(\frac{600}{2} - \frac{273,36}{2} \right) + 1440,3321 \left(\frac{600}{2} - 64 \right) + 1521,1428 \left(536 - \frac{600}{2} \right)$$

$$= 1268,1338 \text{ kN}.$$

$$eb = \frac{Mb}{Pb} = \frac{1268,1338}{3404,5293} = 372,4843 \text{ kN}$$

$$Mu = \frac{M}{\phi} = \frac{186667411,5521}{0,9} = 207408235,0579 \text{ Nmm}$$

$$Pu = \frac{P}{\phi} = \frac{1422220,0000}{0,65} = 2188030,7692 \text{ Nmm}$$

$$e_{perlu} = \frac{Mu}{Pu} = \frac{207408235,0579}{2188030,7692} = 94,792 \text{ mm}$$

$$e_{min} = 15,24 + 0,03 h = 15,24 + 0,03(600) = 33,24 \text{ mm}$$

$$\text{Kondisi penampang perencanaan kolom} = e_{min} < e_{perlu} < e_{balance}$$

$$= 33,24 < 94,792 < 372,4843$$

Kontrol kondisi tekan menentukan :

$$X = 1,5 \cdot Xb = 1,5 \cdot 321,6 = 482,4 \text{ mm}$$

$$a = 8,5 \cdot X = 8,5 \cdot 661,05 = 273,36 \text{ mm}$$

$$fs' = \left(\frac{X-d'}{X} \right) 600 = \left(\frac{482,4-64}{482,4} \right) 600 = 520,398 \text{ MPa} > 400 \text{ MPa, jadi nilai } fs' \text{ diambil } 400 \text{ MPa.}$$

$$fs = \left(\frac{d-X}{X} \right) 600 = \left(\frac{536-482,4}{482,4} \right) 600 = 66,667 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa, jadi nilai } fs' \text{ diambil } 66,667 \text{ MPa.}$$

$$Cs' = As \cdot (fs' - 0,85 \cdot fc)$$

$$= 3802,8571 \cdot (400 - 0,85 \cdot 25) = 1440,3321 \text{ kN}$$

$$Ts = As \cdot fs = 3802,8571 \cdot 66,667 = 253,5238 \text{ kN}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 25 \cdot 273,36 \cdot 600 = 3485,34 \text{ kN}$$

$$\phi Pn = Cc' + Cs' - Ts$$

$$= 3485,34 + 1440,3321 - 253,5238 = 4672,1483 \text{ kN}$$

$$\phi Mn = Cc' \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + Cs' \left(\frac{h}{2} - d' \right) + Ts \left(d - \frac{h}{2} \right)$$

$$= 3485,34 \left(\frac{600}{2} - \frac{273,36}{2} \right) + 1440,3321 \left(\frac{600}{2} - 64 \right) + 253,5238 \left(536 - \frac{600}{2} \right)$$

$$= 968,9757 \text{ kN}.$$

$$Pu = 2188,0308 \text{ kN}$$

$$Mu = 207,4082 \text{ kN}$$

$$Pu \leq \phi Pn = 2188,0308 \leq 4672,1483 \text{ (OK)}$$

$$Mu \leq \phi Mn = 207,4082 \leq 968,9757 \text{ (OK)}$$

Maka bisa dipakai tulangan 20D22 .

Kontrol spasi tulangan pakai:

Ketentuan yang berlaku:

$$S_{max} \geq S_{sejajar} = 40 \text{ mm, susun 1 lapis}$$

$$S_{max} \leq S_{sejajar} = 40 \text{ mm, maka kolom harus diperbesar penampangnya.}$$

Jarak bersih antar tulangan:

$$S_{max} = \frac{b_w - 2t_s - 2\phi_{sengkang} - n \text{ tul utama}}{n-1} \geq 40 \text{ mm}$$

$$= \frac{600 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 6 \cdot 22}{6-1} = 72,4 \text{ mm} \geq 40 \text{ mm (OK)}$$

4.3.3.2. Perhitungan Tulangan Geser Kolom

$$M_{pr1} = 120,5884 \text{ kNm}$$

$$M_{pr2} = 78,1592 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} = \frac{120,5884 + 78,1592}{3300} = 60,2265 \text{ kN}$$

$$V_U = \frac{V_{u \text{ kolom}}}{\phi_{geser}} = \frac{80,8}{0,75} = 107,7333 \text{ kN}$$

$$V_e < V_U = 60,2265 < 107,7333, \text{ maka digunakan } V_U$$

Tulangan geser yang dipasang harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- $V_e \geq 0,5 V_u = 60,2265 \geq 0,5 (107,7333)$
 $= 60,2265 \geq 53,8667 \text{ (OK)}$
- $P_u \leq A_g \cdot \frac{f_c'}{20} = 2188,0308 \geq \frac{(600 \cdot 600) 25}{20} = 2188,0308 \geq 900 \text{ (tidak OK)}$

Maka V_c pada sendi plastis perlu diperhitungkan. Berdasarkan SNI 2847:2019 pada Pasal 21.6.4.1 menyatakan nilai l_o untuk daerah tulangan hoop yang dipakai sepanjang bentang kolom merupakan nilai terbesar dari :

- Tinggi komponen struktur di joint, $h = 600 \text{ mm}$
- $1/6$ bentang bersih komponen struktur
 $1/6 L_n = 1/6 \cdot (3300) = 550$
- 450 mm

Maka diambil nilai terbesar yaitu $l_o = 600 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847:2019 pada Pasal 21.6.4.3 untuk spasi maksimum hoop, S_{max} yang dipasang di daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom diambil nilai terbesar dari :

- 25% dari dimensi komponen struktur minimum
- $6 \times$ diameter tulangan lentur terkecil, $6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- Nilai S_o tidak lebih dari 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm .

$$S_o = 100 + \frac{350 - 0,5hx}{3}$$

$$= 100 + \frac{350 - 0,5(600 - 2.40 - 0,5.13)}{3} = 131,0833 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Maka spasi hoop yang dipakai adalah 100 mm.

Berdasarkan SNI 2847:2019 pada Pasal 21.6.4.5. untuk daerah sepanjang sisi tinggi kolom setelah dikurangi l_o pada setiap masing-masing ujung kolom diberi hoop dengan spasi minimum :

- 6 x diameter tulangan lentur terkecil, $6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka digunakan spasi hoop diluar daerah $l_o = 200 \text{ mm}$.

Berdasarkan SNI 2847:2019 pada Pasal 21.6.4.4. untuk daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom total luas pada sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 2 persamaan yang terbesar dibawah ini:

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{s.b.f_c'}{f_y} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ atau } A_{sh2} = 0,09 \cdot \left(\frac{s.b.f_c'}{f_y} \right)$$

Dengan b_c merupakan lebar penampang beton yang terkekang.

$$b_c = b - 2 \cdot (t_s + \frac{1}{2} d_b) = 600 - 2 \cdot \left(40 + \frac{1}{2} \cdot 13 \right) = 507 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (b - 2 \cdot t_s) \cdot (h - 2 \cdot t_s) = (600 - 2 \cdot 40) \cdot (600 - 2 \cdot 40).$$

$$= 270400 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{s.b.f_c'}{f_y} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ = 0,3 \cdot \left(\frac{100.507.25}{400} \right) \cdot \left(\frac{600.600}{270400} - 1 \right) = 315 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = 0,09 \cdot \left(\frac{s.b.f_c'}{f_y} \right) = 0,09 \cdot \left(\frac{100.507.25}{400} \right) = 285,1875 \text{ mm}^2$$

Digunakan 3D13, sedangkan nilai A_v yang diambil adalah yang terbesar = 315 mm^2

Gaya geser beton dan baja tulangan:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14.A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,17. \left(1 + \frac{2188,03077}{14.(600.600)} \right) 1\sqrt{25} . 600 . 536 = 392,034 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{A_s.f_y.d}{s} = \frac{398,3571.400.536}{100} = 854,077 \text{ kN}$$

$$\phi(V_s + V_c) \geq V_u = 0,75(854,077 + 392,034) \geq 107,733.$$

$$= 934,584 \geq 107,733 \text{ (OK)}.$$

4.3.3.3. Rekapitulasi Hasil Tulangan Kolom

Dengan perhitungan yang sama, berikut adalah rekapitulasi penulangan kolom.

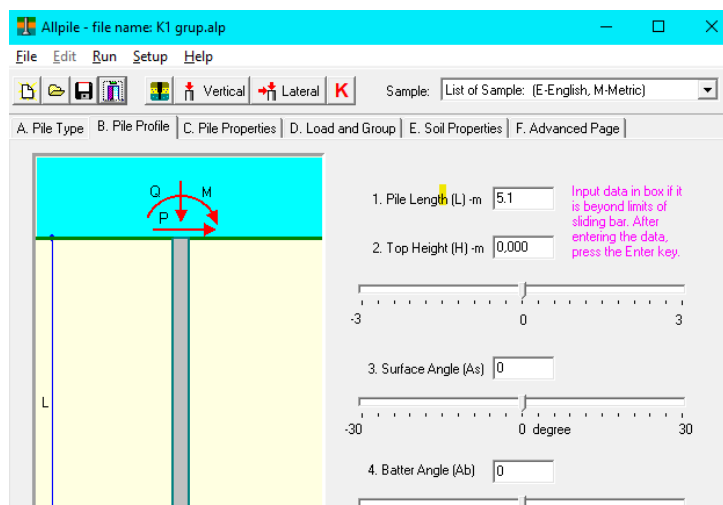
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Penulangan pada Kolom

Tipe Kolom	Dimensi (cm)	Tulangan Longitudinal		Tulangan Transversal	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
K1	60x60	20D22		3D13-100	2D13-200
K2	50x50	12D22		2D13-100	2D13-150
K3	30x30	8D16		4Ø10-100	2Ø10-150

4.3.4. Perhitungan Pondasi

4.3.4.1. Perhitungan Penurunan dan Defleksi Lateral

Penurunan pada pondasi *bore pile* ini menggunakan bantuan perangkat lunak *Allpile*. Langkah awal yang diperlukan untuk menghitung penurunan adalah dengan memasukkan data dimensi yang diperlukan dan jenis pondasi yang akan



Gambar 4. 10 Pile Profile Tipe BP1

dipakai. Dalam perencanaan Pondok Pesantren di Ungaran ini diameter pondasi yang dipakai adalah 0.5 m dengan variasi kedalaman 5.1 m, 5.5 m, dan 6 m. Di bawah ini merupakan sample analisis pada tipe BP1.

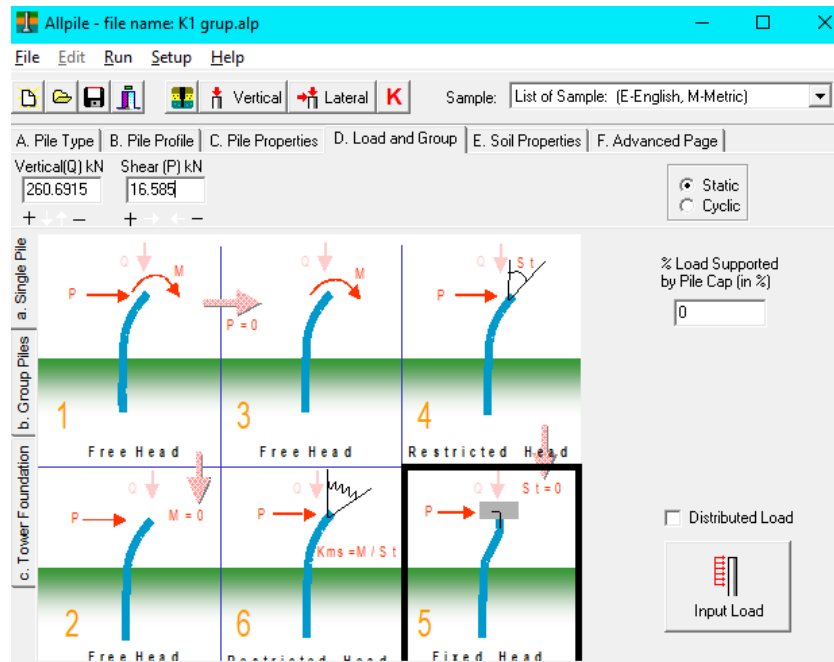
Selanjutnya adalah memasukkan data material dan diameter pondasi *bore pile*.

Gambar 4. 11 Pile Pro Bore Pile Tipe BP1

Untuk analisis vertikal atau penurunan, maka perlu memasukan data beban yang sebelumnya telah dianalisis menggunakan software SAP2000. Adapun beban-baban yang diperlukan meliputi momen, beban aksial, dan beban vertikal.

Gambar 4. 12 Beban yang bekerja pada kelompok pondasi

Sedangkan untuk menganalisis defleksi lateral pada masing-masing tiang maka data beban yang diinputkan perlu dibagi sesuai dengan jumlah tiang pada masing-masing *pilecap*.



Gambar 4. 13 Beban yang bekerja pada masing-masing tiang

Pada langkah selanjutnya perlu memasukkan data *properties* tanah yang sebelumnya telah didapatkan dari pengujian sondir atau CPT. Hasil dari pengujian tersebut merupakan tahanan ujung (q_{cu}) dalam satuan kg/cm^2 . Pada *software Allpile* data yang dibutuhkan adalah data N-SPT, maka dari itu data tahanan ujung tersebut perlu dikonversi terlebih dahulu sebelum di inputkan kedalam *software Allpile*. Dalam hal ini penyusun menggunakan Tabel 4.3 korelasi q_c dan kepadatan relatif dengan sudut geser pada tanah pasir (Mayehoff, 1956).

Allpile - file name: Bore Pile 1.alp

File Edit Run Setup Help

Sample: List of Sample: (E-English, M-Metric)

A. Pile Type | B. Pile Profile | C. Pile Properties | D. Load and Group | E. Soil Properties | F. Advanced Page

1. Soil Property Table (Zs - Soil Depth, from ground to beginning of each layer) 2. Water Table (An additional layer is required at water table) 0.000 3. Surface Elevation (Optional input)

Zs-m	Soil Data Input	G-kN/m3	Phi	C-kN/m2	k-MN/m3	e50 or Dr	Nspt	Type
0	Soft Clay [W]	4.8	0.0	0.1	1.1	5.38	0	1
1	Soft Clay [W]	10.3	0.0	1.75	1.75	0.94	9	1
2	Soft Clay [W]	7.0	0.0	0.4	8.6	2.13	2	1
3	Soft Clay [W]	8.3	0.0	0.75	14.6	1.55	4	1
4	Sand/Gravel[W]	9.4	38.75	0.0	21.7	59.48	24	4
5	Sand/Gravel[W]	9.9	43.75	0.0	33.5	75.61	40	4
6	Sand/Gravel[W]	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60	4
7	Sand/Gravel[W]	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60	4

Gambar 4. 14 Data Soil Properties

Data parameter tanah yang di *input* dalam *software* Allpile didapatkan dari Tabel 4.8 dibawah ini.

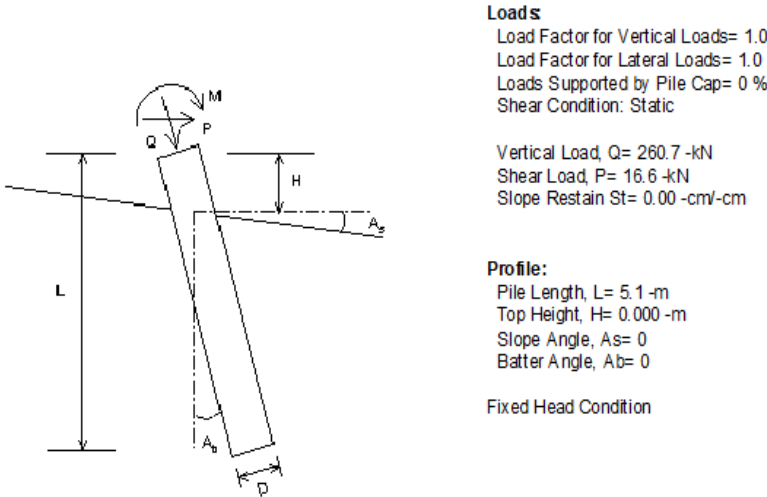
Tabel 4. 8 Detail Properties Tanah

Kedalaman (m)	Tahanan Konus (MPa)	Parameter	Sudut Geser (°)	Kohesi (kN/m ²)	Konsistensi	Kerapatan
0	0	Lempung Lunak	0	0.1	Sangat Lunak	-
1	35	Lempung Kelanauan	0	1.75	Teguh	-
2	8	Lempung Lunak	0	0.4	Lunak	-
3	15	Lempung Kelanauan	0	0.75	Teguh	-
4	95	Pasir	38.75	0	-	Sedang
5	160	Pasir	43.75	0	-	Padat
6	250	Pasir	48.13	0	-	Sangat Padat
7	250	Pasir	48.13	0	-	Sangat Padat

Setelah semua data selesai diisikan, maka akan di dapatkan nilai penurunan dan defleksi lateral pondasi. Hasil analisis untuk penurunan didapatkan 0.2064 cm dan defleksi lateral sebesar 0.475 cm. Untuk persyaratan yang diijinkan dalam SNI 2847:2019 nilainya sebesar 2.5 cm, maka hasil analisis berikut telah memenuhi batasan yang ditetapkan.

LATERAL ANALYSIS

Figure 2



Loads

Load Factor for Vertical Loads= 1.0
 Load Factor for Lateral Loads= 1.0
 Loads Supported by Pile Cap= 0 %
 Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 260.7 -kN
 Shear Load, P= 16.6 -kN
 Slope Restrain St= 0.00 -cm/-cm

Profile:

Pile Length, L= 5.1 -m
 Top Height, H= 0.000 -m
 Slope Angle, As= 0
 Batter Angle, Ab= 0

Fixed Head Condition

Drilled Pile (dia <=24 in. or 61 cm)

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0	4.8	0.0	0.1	1.1	5.38	0
1	10.3	0.0	1.75	1.75	0.94	9
2	7.0	0.0	0.4	8.6	2.13	2
3	8.3	0.0	0.75	14.6	1.55	4
4	9.4	38.75	0.0	21.7	59.48	24
5	9.9	43.75	0.0	33.5	75.61	40
6	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MP	Weight -kN/m
0.0	50	1963.5	157.1	306796.2	20683	4.630
5.1	50	1963.5	157.1	306796.2	199938	15.032

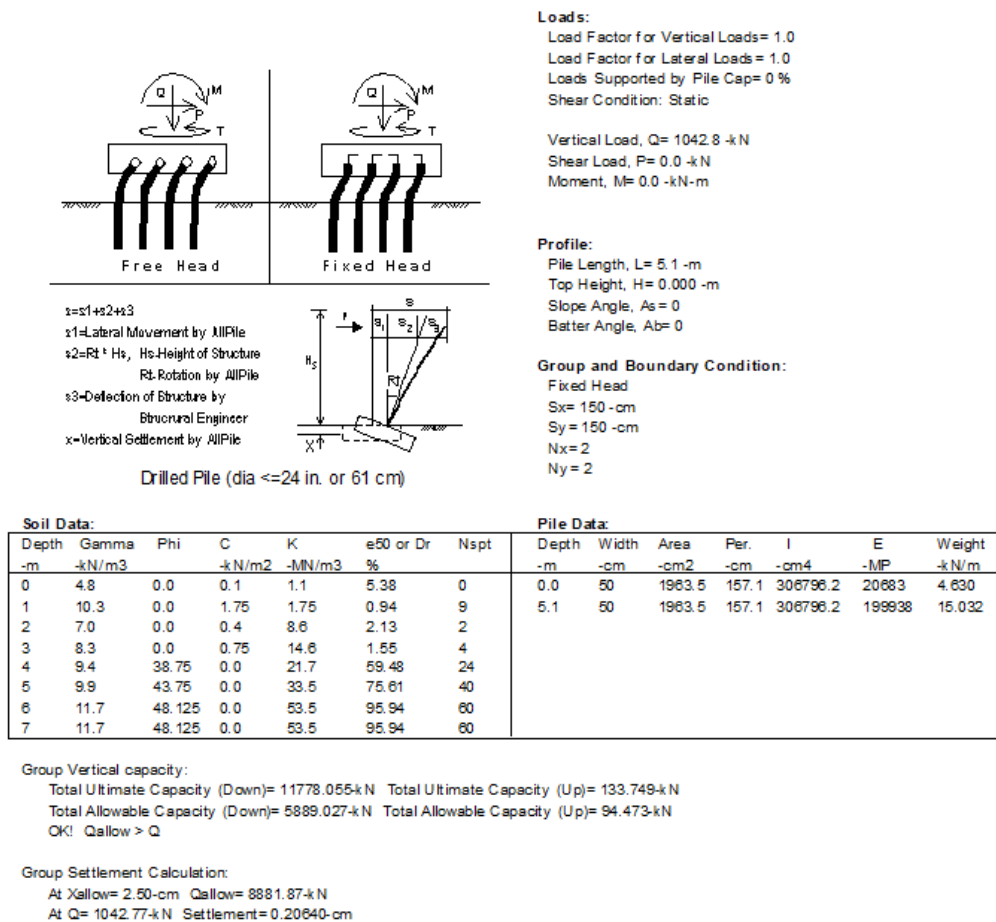
Single Pile Lateral Analysis:

Top Deflection, yt= 0.47500-cm
 Max. Moment, M= 52.20-kN-m
 Top Deflection Slope, St= 0.00000
 OK! Top Deflection, 0.4750-cm is less than the Allowable Deflection= 2.54-cm

(a)

VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



Gambar 4. 15 (a). Hasil analisis defleksi lateral pondasi; (b). Hasil analisis penurunan pondasi.

4.3.4.2. Perhitungan Penulangan Bore Pile

Analisis perhitungan tulangan *bore pile* pada Perencanaan Gedung Pondok Pesantren di Ungaran ini menggunakan bantuan *software* PCA Coloumn. Langkah awal yang harus dilakukan adalah menginputkan *material properties* pada pondasi yang telah direncanakan. Kemudian memasukkan data diameter beserta jumlah tulangan yang akan digunakan. Pada pondasi ini penyusun merencanakan menggunakan tulangan longitudinal 10D16 dan tulangan sengkang spiral Ø10. Selanjutnya adalah memasukkan data beban yang sebelumnya telah di analisis dengan bantuan *software* SAP2000. Data beban tersebut kemudian di bagi sesuai dengan jumlah tiang pada masing-masing *pilecap*.

Material Properties

Concrete	Reinforcing Steel
Strength, f_c : 25 MPa	Strength, f_y : 400 MPa
Elasticity, E_c : 23500 MPa	Elasticity, E_s : 199955 MPa
Max stress, f_c : 21.25 MPa	
Beta(1): 0.85	
Ultimate strain: 0.003	

OK Cancel

(a)

All Sides Equal

No. of bars: 10

Bar size: #16

Clear cover: 50 mm

Bar Layout

☐ Rectangular

☒ Circular

Cover to

☐ Transverse bars ☒ Longitudinal bars

OK Cancel

(b)

Confinement

Confinement: Spiral

Capacity Reduction Factors, Φ

Axial compression (a): 0.85

Tension-controlled failure (b): 0.9

Compression-controlled failure (c): 0.7

Tie Sizes

#10 ties with #10 bars or smaller.

#10 ties with larger bars.

OK Cancel

(c)

Factored Loads

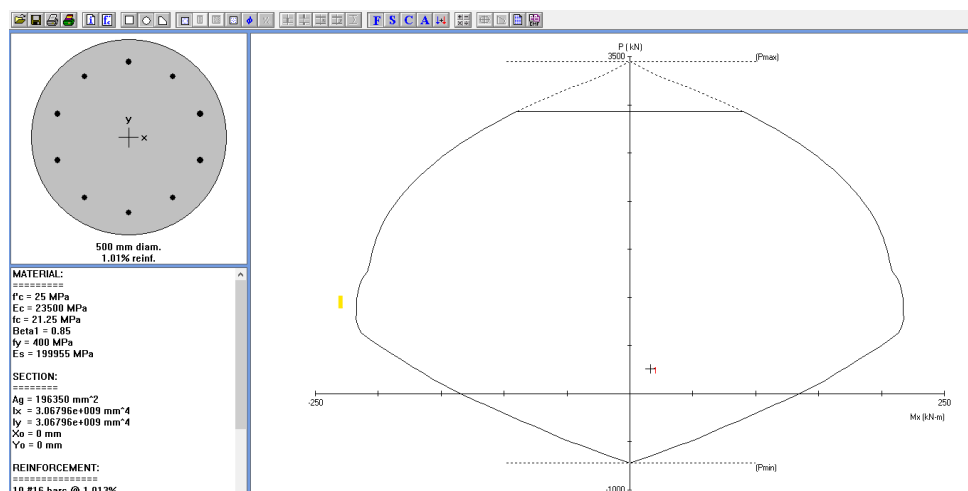
Load	X-Moment	Y-Moment
260.691 (kN)	16.585 (kN-m)	0 (kN-m)

Insert Modify Delete

No.	P	Mx	My
1	260.691	16.585	0

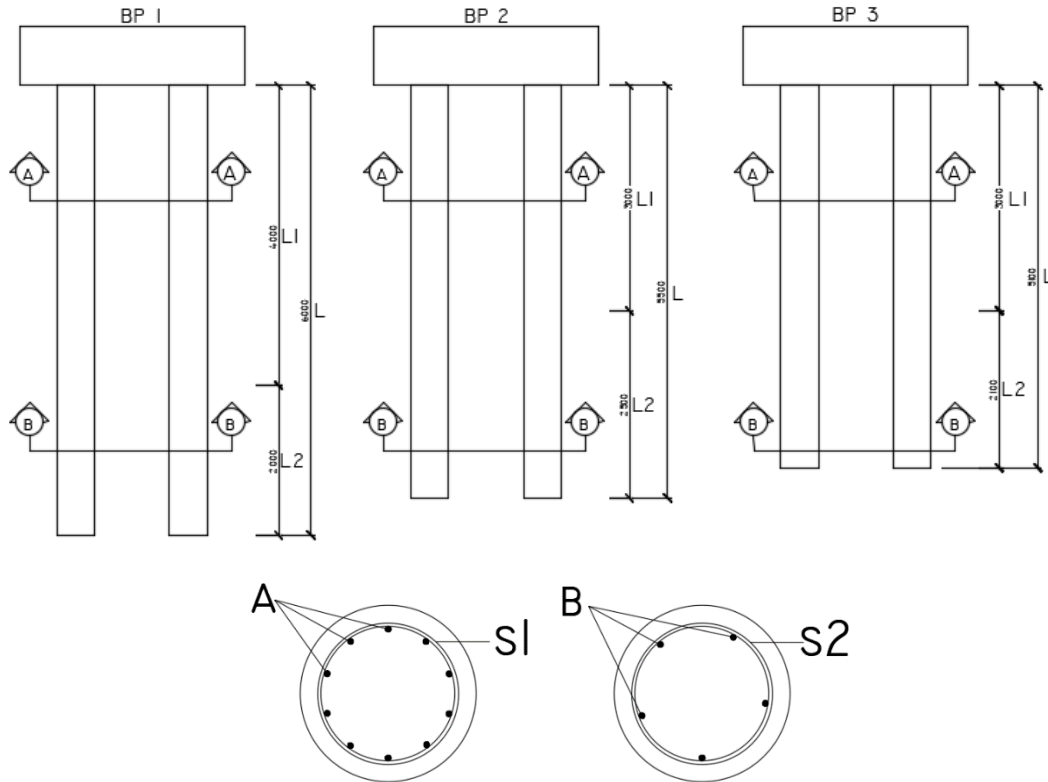
OK Cancel

(d)



(e)

Gambar 4. 16 (a) Input Material Properties; (b) Input Tulangan Longitudinal; (c) Input Tulangan Transversal; (d) Input Pembebanan Pondasi; (e) Diagram Momen Lentur Bore Pile.



Gambar 4. 17 Ilustrasi Penulangan Bore Pile

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Penulangan Bored Pile

Tipe Pondasi	L (m)	L1 (m)	L2 (m)	A	B	S1	S2
BP 1	5.1	3	2.1	10D16	5D16	D13-200	D13-300
BP 2	5.5	3	2.5	10D16	5D16	D13-200	D13-300
BP3	6	4	2	10D16	5D16	D13-200	D13-300

4.3.4.3. Perhitungan Penulangan Pile Cap

a) Material Pondasi

Mutu beton, f_c' = 25 MPa

Mutu baja tulangan, f_y = 400 MPa

Selimut bersih bawah pilecap = 75 mm

Selimut bersih atas pilecap = 50 mm

Toleransi penempatan tiang = 77 mm

Posisi kolom, α_s = 40 mm

b) Pembebanan pondasi akibat beban ultimit

Berat pilecap + tanah diatasnya

$$\begin{aligned} P_{uD, \text{ area}} &= P_{d \text{ area}} \times 1,4 \\ &= 278,64 \times 1,4 \\ &= 390,1 \text{ Kn} \end{aligned}$$

Beban aksial, P_u = 1042,1 kN

Beban lateral x, V_{ux} = 66,34 kN

Beban lateral y, V_{uy} = 66,25 kN

Momen x, M_{ux} = 331,5 kN.m

Momen y, M_{uy} = 149,19 kN.m

c) Beban Aksial, Geser, & Momen yang Diterima Tiang Pile akibat Beban Ultimit

$$\begin{aligned} M_{ux, \text{ Des}} &= M_{ux} - V_{uy} \times D_{\text{cap}} \\ &= 331,5 - 66,25 \times 0,8 \\ &= 278,5 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy, \text{ Des}} &= M_{uy} + V_{ux} \times D_{\text{cap}} \\ &= 149,19 - 66,34 \times 0,8 \\ &= 202,27 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{up, x} &= \frac{M_{ux, \text{ Des}}}{n} \\ &= \frac{278,5}{4} \\ &= 69,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{up, y} &= \frac{M_{uy, \text{ Des}}}{n} \\ &= \frac{202,27}{4} \end{aligned}$$

$$= 50,57 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen 2 arah} &= \sqrt{(M_{up,x}^2 + M_{up,y}^2)} \\ &= \sqrt{(69,62^2 + 50,57^2)} \\ &= 86,05 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban geser arah x } (V_{up,x}) &= \frac{V_{ux}}{N_p} \\ &= \frac{66,34}{4} \\ &= 16,59 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban geser arah y } (V_{up,y}) &= \frac{V_{uy}}{N_p} \\ &= \frac{66,25}{4} \\ &= 16,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser 2 arah} &= \sqrt{(V_{up,x}^2 + V_{up,y}^2)} \\ &= \sqrt{(16,59^2 + 16,56^2)} \\ &= 23,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Beban aksial pile 1} = 383,63 \text{ kN}$$

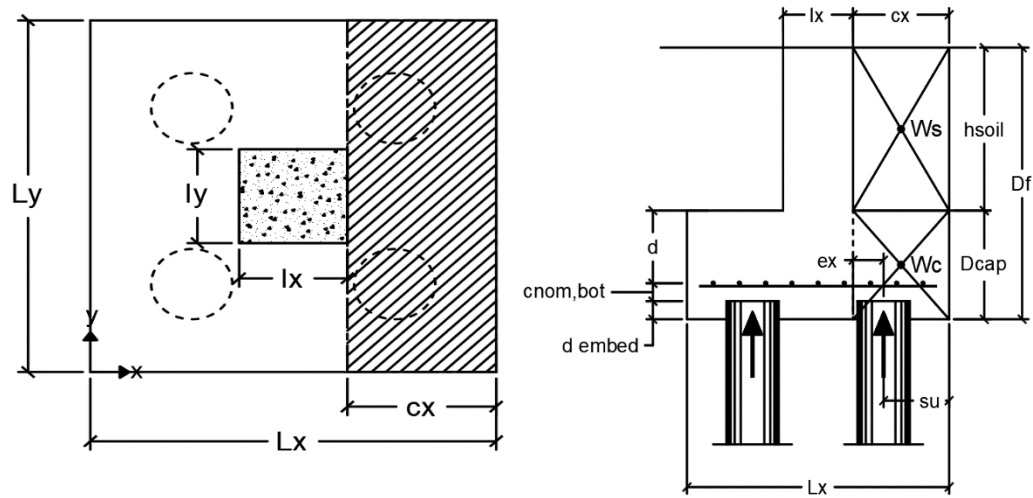
$$\text{Beban aksial pile 2} = 518,47 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial pile 3} = 197,96 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial pile 4} = 332,8 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial terbesar} = 518,47 \text{ kN}$$

d) Analisis Kebutuhan Pilecap



Gambar 4. 18 Pilecap

Jarak dari tepi *pile* ke tiang = 1,5 diameter tiang

Jarak antar tiang *pile* = 3 diameter tiang

e) Koordinat Posisi Tiang Pile

Pile 1

Arah x (x_p) = $1,5d = 0,75$ m

Arah y (y_p) = $1,5d = 0,75$ m

Pile 2

Arah x (x_p) = $1,5d + 3d = 2,25$ m

Arah y (y_p) = $1,5d = 0,75$ m

Pile 3

Arah x (x_p) = $1,5d = 0,75$ m

Arah y (y_p) = $1,5d + 3d = 2,25$ m

Pile 4

Arah x (x_p) = $1,5d + 3d = 2,25$ m

Arah y (y_p) = $1,5d + 3d = 2,25$ m

f) Data Pilecap

- Pilecap

Lebar pile cap, L_x = 3 m

Panjang pile cap, L_y = 3 m

Luas pile cap, A_{cap} = $L_x \times L_y$

$$\begin{aligned}
 &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ m}^2 \\
 \text{Tebal pile cap, } D_{cap} &= 0,80 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman fondasi, } D_f &= 1,50 \text{ m} \\
 h_{soil} &= D_f - D_{cap} \\
 &= 1,5 - 0,8 \\
 &= 0,70 \text{ m} \\
 \gamma_{beton} &= 24 \text{ kN/m}^3 \\
 \gamma_{soil} &= 17,5 \text{ kN/m}^3
 \end{aligned}$$

- Kolom

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar kolom, } l_x &= 0,60 \text{ m} \\
 \text{Panjang kolom, } l_y &= 0,60 \text{ m} \\
 X_c &= \frac{1}{2} L_x = 1,5 \text{ m} \\
 Y_c &= \frac{1}{2} L_y = 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Tiang Pile

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter tiang pile} &= 0,50 \text{ m} \\
 \text{Daya dukung izin aksial tekan tiang pile} &= 431 \text{ kN} \\
 \text{Daya dukung izin lateral tiang pile} &= 66,34 \text{ kN} \\
 \text{Jumlah tiang, } n &= 4 \text{ buah} \\
 \text{Jarak kepala tiang terhadap sisi bawah pile cap} &= 0,20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g) Pembebanan Pondasi akibat Beban Service

$$\begin{aligned}
 P_{d.area} &= \gamma_{beton} \times L_x \times L_y \times D_{cap} + h_{soil} \times \\
 &\quad \gamma_{soil} \times (L_x \times L_y - l_x \times l_y) \\
 &= 24 \times 3 \times 3 \times 0,8 + 0,7 \times 17,5 \times (3 \times \\
 &\quad 3 - 0,6 \times 0,6) \\
 &= 278,64 \text{ kN} \\
 \text{Beban Aksial, } P &= 777,65 \text{ kN} \\
 \text{Beban Lateral, } V_x &= 46,54 \text{ kN} \\
 \text{Beban Lateral, } V_y &= 46,45 \text{ kN} \\
 \text{Momen x, } M_x &= 246,45 \text{ kN.m} \\
 \text{Momen y, } M_y &= 104,9072 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

h) Titik Pusat Tiang Pile Grup

$$\begin{aligned}\text{Arah x} &= (xp1 + xp2 + xp3 + xp4)/Np \\ &= (0,75 + 2,25 + 0,75 + 2,25)/4 \\ &= 1,5 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Arah y} &= (yp1 + yp2 + yp3 + yp4)/Np \\ &= (0,75 + 2,25 + 0,75 + 2,25)/4 \\ &= 1,5 \text{ m}\end{aligned}$$

i) Titik Pusat terhadap Posisi Tiang Pile

$$\text{Pile 1 arah x} = -0,75 \text{ m}$$

$$\text{Pile 1 arah y} = -0,75 \text{ m}$$

$$\text{Pile 2 arah x} = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Pile 2 arah y} = -0,75 \text{ m}$$

$$\text{Pile 3 arah x} = -0,75 \text{ m}$$

$$\text{Pile 3 arah y} = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Pile 4 arah x} = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Pile 4 arah y} = 0,75 \text{ m}$$

j) Momen Inersia Tiang Pile Grup

$$\text{Momen inersia arah x} = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Momen inersia arah y} = 2,25 \text{ m}^2$$

k) Beban Aksial, Geser, dan Momen yang diterima Tiang Pile akibat Beban Service

$$\begin{aligned}\text{Mx.des} &= Mx + (-Vy) \times D. \text{cap} \\ &= 246,45 + (-46,45) \times 0,8 \\ &= 209,29 \text{ kN.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{My.des} &= My + (Vx) \times D. \text{cap} \\ &= 104,9072 + (46,54) \times 0,8 \\ &= 142,14 \text{ kN.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban geser arah x (Vp,x)} &= \frac{Vx}{Np} \\ &= \frac{46,54}{4} \\ &= 11,63 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban geser arah y } (V_{p,y}) &= \frac{V_y}{N_p} \\ &= \frac{46,45}{4} \\ &= 11,61 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\text{Beban aksial pile 1} = 286,46 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial pile 2} = 381,22 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial pile 3} = 146,93 \text{ kN}$$

$$\text{Beban aksial pile 4} = 241,69 \text{ kN}$$

l) Kontrol Beban Aksial dan Geser yang Diterima Tiang Pile

$$\begin{aligned}\text{Gaya geser dua arah, } V_{p,R} &= \sqrt{(V_{p,x}^2 + V_{p,y}^2)} \\ &= \sqrt{(11,63^2 + 11,61^2)} \\ &= 16,44 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$V_{p,R} < \text{Daya dukung lateral ijin}$$

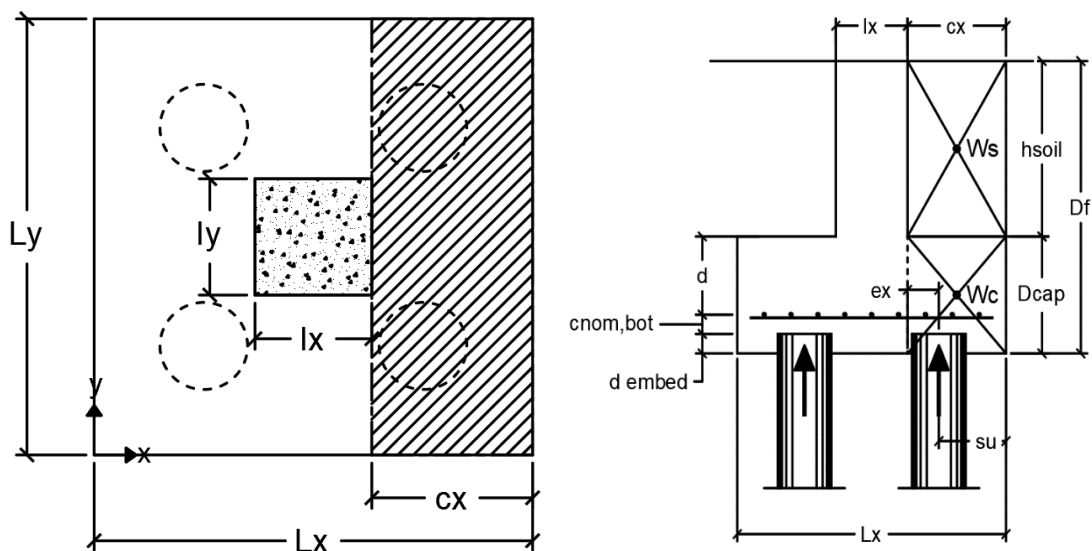
$$16,44 < 66,3 \text{ (OKE!)}$$

$$\text{Tiang pile dengan beban aksial terbesar (maxpile)} = 381,22 \text{ kN}$$

$$\text{Maxpile} < \text{Daya dukung lateral ijin}$$

$$381,22 < 431 \text{ (OKE!)}$$

4.3.4.3.1. Desain Penulangan Lentur Arah X



Gambar 4. 19 Desain Tulangan Lentur Arah X

$$\text{Diameter tulangan rencana} = D16 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tiang ke tepi, su} = 1,5D$$

$$= 0,75 \text{ m}$$

$$C_x = \frac{Lx - lx}{2}$$

$$= \frac{3 - 0,6}{2}$$

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

$$E_x = C_x - S_u$$

$$= 1,2 - 0,75$$

$$= 0,45 \text{ m}$$

$$W_s = c_x \times L_y \times h_{\text{soil}} \times \gamma_{\text{soil}} \times 1,4$$

$$= 1,2 \times 2 \times 1 \times 0,7 \times 17,5 \times 1,4$$

$$= 61,74 \text{ kN}$$

$$W_c = c_x \times L_y \times D_{\text{cap}} \times \gamma_{\text{beton}} \times 1,4$$

$$= 1,2 \times 3 \times 0,8 \times 24 \times 1,4$$

$$= 96,768 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 2 \max_{\text{pile}} \times e_x - w_s \times \frac{c_x}{2} - w_c \times \frac{c_x}{2}$$

$$= 2 \cdot 518,47 \times 0,45 - 61,74 \times \frac{1,2}{2} - 96,77 \times \frac{1,2}{2}$$

$$= 371,52 \text{ kN.m}$$

$$\text{Tinggi efektif pelat, } d = 492 \text{ mm}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan lentur, } \phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{M_{ux}}{\phi \times L_y \times d^2}$$

$$= \frac{371,52 \cdot 10^6}{0,9 \times 3 \cdot 10^3 \times 492^2}$$

$$= 0,5684$$

$$\text{Rasio tulangan perlu, } \rho = 0,85 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2R_n}{0,85 f_{c'}}}\right)$$

$$= 0,85 \times \frac{25}{400} \times (1 - \sqrt{\frac{1-2.0,5684}{0,85.25}})$$

$$= 0,0014$$

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

$$= 0,0014 \times 3.10^3 \times 492$$

$$= 2126 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = 0,0018 \times L_x \times D_{cap}$$

$$= 0,0018 \times 3.10^3 \times 0,8.10^3$$

$$= 4320 \text{ mm}^2$$

$$\text{As tulangan} = 4320 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan} = 22D16$$

$$\text{Luas tulangan} = \pi \times 0,25 \times 16^2 \times 22$$

$$= 4423 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol luas tulangan} = \text{Luas tulangan} > \text{As. Tulangan}$$

$$= 4423 > 4320 \text{ (OKE!)}$$

$$\text{Jarak tulangan rencana} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan max, } s_{max} = 457 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol jarak tulangan} = S < S_{max}$$

$$= 120 < 457 \text{ (OKE!)}$$

$$\text{Tinggi efektif blok kompresi, } a = \frac{asx \times fy}{0,85 \cdot f_c' \cdot L_y}$$

$$= \frac{4562 \times 400}{0,85 \cdot 25 \cdot 3.10^3}$$

$$= 28,62 \text{ mm}$$

$$\text{Faktor bentuk distribusi tegangan, } \beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas momen minimal, } M_n &= a s x \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= 4562 \times 400 \times \left(492 - \frac{28,62}{2}\right) \\
 &= 871,609 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Desain kapasitas momen, } \phi M_n &= \phi \times M_n \\
 &= 0,9 \times 871,609 \\
 &= 784,448 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

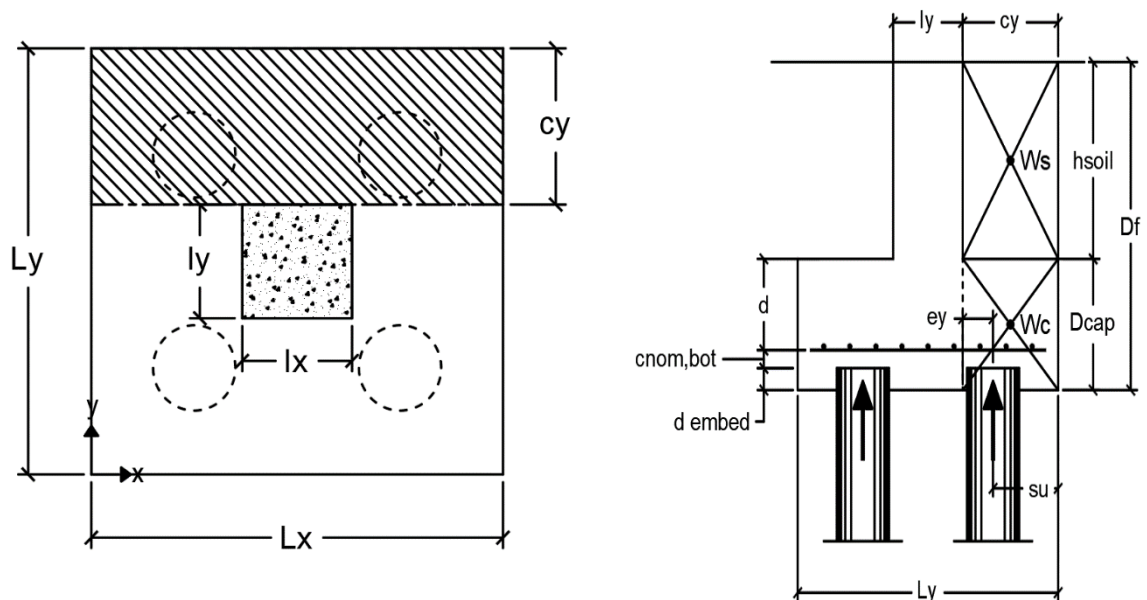
$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol kapasitas momen lentur arah x} &= \phi M_n > M_{ux} \\
 &= 784,448 > 371,52 \text{ (OKE!)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan susut diambil 50% dari tulangan utama.

$$= 0.5 \times 16 = 8 \text{ mm.}$$

Jadi tulangan susut dipakai 22Ø8.

4.3.4.3.2. Desain Penulangan Lentur Arah Y



Gambar 4. 20 Desain Tulangan Lentur Arah Y

Diameter tulangan rencana = D16 mm

Jarak tiang ke tepi, $s_u = 1,5D$

$$= 0,75 \text{ m}$$

$$C_x = \frac{L_x - l_x}{2}$$

$$= \frac{3 - 0,6}{2}$$

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

$$E_x = C_x - S_u$$

$$= 1,2 - 0,75$$

$$= 0,45 \text{ m}$$

$$W_s = c_x \times L_x \times h_{\text{soil}} \times \gamma_{\text{soil}} \times 1,4$$

$$= 1,2 \times 2 \times 1 \times 0,7 \times 17,5 \times 1,4$$

$$= 61,74 \text{ kN}$$

$$W_c = c_x \times L_x \times D_{\text{cap}} \times \gamma_{\text{beton}} \times 1,4$$

$$= 1,2 \times 3 \times 0,8 \times 24 \times 1,4$$

$$= 96,768 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 2 \max_{\text{pile}} \times e_x - w_s \times \frac{c_x}{2} - w_c \times \frac{c_x}{2}$$

$$= 2 \cdot 518,47 \times 0,45 - 61,74 \times \frac{1,2}{2} - 96,77 \times \frac{1,2}{2}$$

$$= 371,52 \text{ kN.m}$$

Tinggi efektif pelat, $d = 514 \text{ mm}$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_{ux}}{\phi \times L_y \times d^2}$$

$$= \frac{371,52 \cdot 10^6}{0,9 \times 3 \cdot 10^3 \times 514^2}$$

$$= 0,521$$

$$\begin{aligned}\text{Rasio tulangan perlu, } \rho &= 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1-2Rn}{0,85 f_c'}}\right) \\ &= 0,85 \times \frac{25}{400} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1-2 \cdot 0,521}{0,85 \cdot 25}}\right) \\ &= 0,0013\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \times L_y \times d \\ &= 0,0013 \times 3 \cdot 10^3 \times 514 \\ &= 2033 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As min} &= 0,0018 \times L_y \times D_{cap} \\ &= 0,0018 \times 3 \cdot 10^3 \times 0,8 \cdot 10^3 \\ &= 4320 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{As tulangan} = 4320 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan} = 22D16$$

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan} &= \pi \times 0,25 \times 16^2 \times 22 \\ &= 4423 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kontrol luas tulangan} &= \text{Luas tulangan} > \text{As. Tulangan} \\ &= 4423 > 4320 \text{ (OKE!)}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan rencana} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan max, } s_{max} = 457 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Kontrol jarak tulangan} &= S < S_{max} \\ &= 120 < 457 \text{ (OKE!)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi efektif blok kompresi, } a &= \frac{asx \times f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot L_y} \\ &= \frac{4562 \times 400}{0,85 \cdot 25 \cdot 3 \cdot 10^3}\end{aligned}$$

$$= 28,62 \text{ mm}$$

$$\text{Faktor bentuk distribusi tegangan, } \beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas momen minimal, } M_n &= a_s x \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 4562 \times 400 \times \left(514 - \frac{28,62}{2}\right) \\ &= 911,75 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Desain kapasitas momen, } \phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0,9 \times 911,75 \\ &= 820,576 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol kapasitas momen lentur arah x} &= \phi M_n > M_{ux} \\ &= 820,576 > 371,52 \text{ (OKE!)} \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan susut diambil 50% dari tulangan utama.

$$= 0.5 \times 16 = 8 \text{ mm.}$$

Jadi tulangan susut dipakai 22Ø8.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil akhir laporan tugas akhir ini penyusun mengambil beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam perencanaan suatu gedung dimulai dengan pengumpulan data, baik data primer maupun data sekunder. Langkah selanjutnya yaitu *preliminary design* dan menganalisis pembebanan yang sudah direncanakan pada desain struktur. Menganalisis struktur dapat dilakukan dengan bantuan *software* seperti SAP2000. Apabila desain struktur dinyatakan aman, maka bisa dilakukan langkah selanjutnya yaitu menggambar rencana bangunan gedung.
2. Perencanaan istem struktur bangunan pada gedung 4 lantai pondok pesantren di Ungaran dengan kategori resiko II dan klasifikasi situs SC (tanah keras dan batuan lunak) termasuk dalam kategori desain seismik D ini dirancang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK).
3. Dari seluruh pembahasan perhitungan struktur gedung pondok pesantren 4 lantai di Ungaran yang telah diuraikan dapat diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :
 - a. Komponen pelat lantai
Perencanaan dimensi pelat lantai adalah setebal 12 cm dengan tulangan Ø10-200.
 - b. Komponen pelat atap
Perencanaan dimensi pelat atap adalah setebal 12 cm dengan tulangan Ø8-200.
 - c. Komponen balok
Perencanaan dimensi balok didapatkan balok tipe B1 adalah 400/700, balok tipe B2 adalah 300/600, balok tipe B3 adalah 250/500, dan balok tipe B4 adalah 200/400.

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Penulangan Balok

Tipe Balok	Dimensi (cm)	Lokasi	Tulangan Longitudinal		Tulangan Transversal	
			Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
B1	40x70	Atas	7D19	4D19	3Ø10-100	2Ø10-150
		Bawah	4D19	6D19		
B2	30x60	Atas	5D16	4D16	2Ø10-100	2Ø10-150
		Bawah	4D16	5D16		
B3	25x50	Atas	4D16	3D16	2Ø10-100	2Ø10-150
		Bawah	3D16	4D16		
B4	20x40	Atas	2D16	2D16	2Ø10-100	2Ø10-150
		Bawah	2D16	2D16		

d. Komponen kolom

Perencanaan dimensi kolom didapatkan kolom tipe K1 adalah 600/600, kolom tipe K2 adalah 500/500, dan kolom tipe K3 adalah 300/300.

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Penulangan Kolom

Tipe Kolom	Dimensi (cm)	Tulangan Longitudinal		Tulangan Transversal	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
K1	60x60	20D22		3D13-100	2D13-200
K2	50x50	12D22		2D13-100	2D13-150
K3	30x30	8D16		4Ø10-100	2Ø10-150

e. Komponen Pondasi

Pada perencanaan pondasi baik tipe BP1, BP2, maupun BP3 menggunakan dimensi pile cap sebesar 3000x3000 mm dengan masing-masing *pile cap* memiliki jumlah tiang sebanyak 3 tiang. Tiang *bore pile* direncanakan berdiameter 500 mm dengan panjang *bore pile* tipe BP1 adalah 5100 mm, tipe BP2 adalah 5500, dan BP3 6000 mm.

Tabel 5. 3 Kapasitas Pondasi

Tipe	Kapasitas Dukung sKelompok (kN)	Penurunan (cm)	Defleksi Lateral (cm)
BP1	1186.78	0.2062	0.475
BP2	1596.97	0.2546	0.445
BP3	2032.24	0.2818	1.03

5.2. Saran

Berdasarkan keseluruhan analisa yang telah dilakukan, maka didapatkan saran sebagai berikut :

1. Perencanaan pada dimensi dan tulangan desain struktur harus mempertimbangkan kekuatan dan efisiensi pelaksanaan.
2. Perhitungan struktur bangunan gedung hendaknya tidak hanya bergantung pada penggunaan *software* analisis struktur saja, namun juga harus didukung perhitungan manual sebagai kontrol perhitungan.
3. Bedakan balok tengah dan balok tepi, serta bedakan kolom tengah dan kolom tepi karena untuk efisiensi dimensi.

Proses perencanaan suatu bangunan hendaknya menggunakan standar SNI terbaru guna penyesuaian dengan aturan dan batasan dalam perencanaan struktur sehingga desain struktur memenuhi standar yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, Dwi Ayu dan Sri Endang WLW. 2023. *Studi Komparasi Kapasitas Axial Bore Pile dengan Berbagai Formula terhadap Analisis SAP2000 pada Pembangunan SD Islam Makarima Kartasura*. (Tugas Akhir, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI)
- Buchori, Burhanuddin. 2022. *Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Perkantoran 15 (Lima Belas) Lantai di Kabupaten Sukoharjo*. (Tugas Akhir, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta)
- Chairullah, Banta. 2013. *Analisa Daya Dukung Pondasi dengan Metoda SPT, CPT, dan Mayerhoff pada Lokasi Rencana Konstruksi PLTU Nagan Raya Provinsi Aceh*. Teras Jurnal, 3(1), 15-24.
- Destriani, Nuriy., dan Widya Putri Ariani. 2018. *Perencanaan Struktur Gedung Dekanat 4 Lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah*. (Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
- Hardiyatmo, Hary Christady . 2012. *Mekanika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press, Edisi ke-6 Yogyakarta.
- Hutagalung, Pieter Leuvanggi dan Manaor Silltonga. 2023. *Penyelidikan Struktur Lapisan Tanah Rumah Tinggal dengan Menggunakan Sondir Test*. Skylandsea Profesional, 3(1),10-18.
- Koloy, Berry., Pandaleke, Ronny E., dan Kumaat, Ellen J. 2023. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Arsip 4 Lantai*. Tekno, 21(84), 775-784.
- Kurniawan, Muhamad., dan Windu Sasi. 2023. *Perencanaan Bangunan Gedung Supermarket Kabupaten Boyolali*. (Tugas Akhir, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI)
- Kurniawan, Muhammad, dkk. 2023. *Perencanaan Bangunan Gedung Supermarket Kabupaten Boyolali*. Jurnal Teknik Indonesia, 4(2), 39-46.

- Laily, Rivaldo., dkk. 2019. *Perencanaan Gedung Training Center Konstruksi Beton Bertulang 4 Lantai di Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik, 7(8), 1095-1106.
- Lestari, Andini Eka., dan Rafly Nur Wahyuda. 2024. *Perencanaan Fondasi pada Pembangunan Gedung 5 Lantai Rumah Sakit Puri Asih Salatiga*. (Tugas Akhir, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI)
- Mahendra, Ahmad Andi Bayu., dan Mochamad Ridwan. 2023. *Perencanaan Konstruksi Bangunan Gedung Enam Lantai*. Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 5(1), 66-73.
- Malik, Muhammad Abdul. 2014. *Perencanaan Gedung Hotel 4 Lantai & 1 Basement dengan Sistem Daktil Parsial di Wilayah Gempa 4*. (Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta)
- Pakiding, Leary., Nasrullah., Anggraeni, Dewi. 2022. *Perencanaan Struktur Gedung 5 Lantai Kombinasi antara Pusat Perbelanjaan dan Rumah Susun dengan Sistem Pemikul Gaya Lateral Dinding Geser Beton Bertulang Khusus di Doyo Baru Kabupaten Jayapura*. Portal Sipil, 11(2), 57-67.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. 1971. Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Pradika, Aldy Gilang., dan Alfian Nur Hidayat. 2023. *Desain Struktur Gedung Rumah Sakit 5 Lantai di Kota Banda Aceh*. (Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung)
- Rahman, Abdul., Cahyadi, Hendra., dan Fathurrahman. 2023. *Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Menggunakan Data Sondir dan SPT pada Proyek Pemangunan Reservoir Sungai Loban*. (Tugas Akhir, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari)
- Santoso, Riananda Putri., Deni Syahrani, dan Rasiwan. 2021. *Perancangan Struktur Bangunan Gedung Rusunawa 4 Lantai di Kota Pontianak*. Retensi Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, 2(1), 1-8.

- Saputra, Alga Dicky. 2022. *Perencanaan Struktur Gedung 4 Lantai Kantor Kejaksaan Tinggi Jawa Tengah*. (Tugas Akhir, Universitas Semarang)
- Saputra, Rifki Maulana., dan Saiful Mujab. 2022. *Perencanaan Fondasi Bore Pile pada Pembangunan Kantor Pemerintah Terpadu Kabupaten Brebes*. (Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung)
- Setiawan, Agus . 2010. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- SNI 1726-2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung* . Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1727-2020. *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 2847-2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 8460-2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Subiyanto, Eko., dan M. Helmi Rosyadi. 2020. *Perencanaan Rumah Susun Sewa di Kelurahan Gedanganak Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang*. (Tugas Akhir, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI)
- Sugiyantoro, Satria. 2017. *Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan 4 Lantai dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SPRMB) di Wilayah Sukoharjo*. (Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta)

LEMBAR ASISTENSI MAHASISWA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
(UNDARIS)



Nama		Luthfiana Vidya Pratiwi K. (21210012) Dini Anjani (21210021)	
Mata Kuliah		Tugas Akhir	
Dosen Pembimbing		Agung Hari Wibowo, SIP, S.T., M.T.	
NO	HARI	KETERANGAN	PARAF
4	Rabu 26/03 2024	Dasar dalam menghitung daya dukung kelompok tiang oke. Silahkan untuk dihitung penurunan pondasi dan penulangan pile cap. Bisa gunakan All pile 7-0 dan literatur terkait untuk perhitungan penurunan dan defleksi lateral	
5	Minggu, 29/03 2024	Perbaiki input data all pile • Buat analisa lapisan (Stratigrafi tanah) • Gunakan korelasi dari grafik Robertson dan Campanella 1983 • Ambil sudut geser untuk Sand/gravel serta koreksi utk tanah lempung	
6	Rabu 04/04 2024	Sesuaikan perhitungan settlement dan defleksi lateral. lakukan kontrol daya dukung, settlement, defleksi pondasi tiang kelompok lanjutkan ke analisis pondasi fondasi	

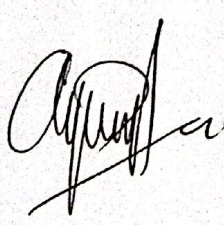
LEMBAR ASISTENSI MAHASISWA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
(UNDARIS)



Nama		Luthfiana Vidya Pratiwi K. (21210012) Dini Anjani (21210021)	
Mata Kuliah		Tugas Akhir	
Dosen Pembimbing		Agung Hari Wibowo, SIP. S.T., M.T.	
NO	HARI	KETERANGAN	PARAF
	Rabu 05/03 25	→ Denah dan tampak sudah OK Utk struktur atas (pembelahan, Pelat, Balok, & kolom) silahkan lanjutkan bimbingan dg dosen pembimbing kedua. → Bisa dimulai Utk Bab I	
	Senin 17/03 25	• tambahkan landasan teori tentang Penurunan pondasi. • Hitung korelasi hasil sendiri dengan jenis tanah • lanjutkan / lengkapi bab II • Bisa dimulai Bab III	
	Sabtu 22/03 25	Perbaiki Q_c dan Q_{ult}. $Q_{ult} = Q_b + Q_s - W_p$ $Q_{allow} = \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{5} - W_p$ $Q_b = f_{ca} \times A$ $Q_s = P \times L \times JHP$	

LEMBAR ASISTENSI MAHASISWA
 FAKULTAS TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
 (UNDARIS)



Nama		Luthfiana Vidya Pratiwi K. (21210012) Dini Anjani (21210021)	
Mata Kuliah		Tugas Akhir	
Dosen Pembimbing		Agung Hari Wibowo, SIP. S.T., M.T.	
NO	HARI	KETERANGAN	PARAF
7	Sabtu 12/04 ²⁵	• Kumpulkan abstrak analisis yang digunakan • tentukan skala Geoteknik • lanjutkan ke kesimpulan (Bab V).	
8	Sabtu 19/04 ²⁵	ACC, Silahkan disidangkan.	

LEMBAR ASISTENSI MAHASISWA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS DARUL ULMU ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
(UNDARIS)



Nama		Luthfiana Vidya Pratiwi .K. (21210012) Dini Anjani (21210021)	
Mata Kuliah		Tugas Akhir	
Dosen Pembimbing		Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST., M. Eng	
NO	HARI	KETERANGAN	PARAF
1.	Rabu, 05. Maret 25.	- Perbaiki. bab 1.	<i>[Signature]</i>
2.	Sabtu, 08. Maret 25.	- Outline. penelitian. - Metodologi. Perencanaan. masuk. bab. III. - Latar belakang. di sesuaikan. - Kutipan. diberi sumber.	<i>[Signature]</i>
3.	Senin, 10 Maret 25	- Bab II. ditambah. untuk. Keterangan. penjelasan. Pembahasan. - beban gempa. perhitungan Menurut 1926 : 2019. dimasukkan. - SPRMM, SPRMK di perjelas lagi.	<i>[Signature]</i>
4.	Jum'at, 14 Maret 25	- Cek Perhitungan Balok. - Bab II belum terlihat. dari pondasi. - Baca. SNI dan buku. Karena. perencanaan. - Sfr atas. dari sfr.	<i>[Signature]</i>
5.	Senin, 17. Maret 25.	- Lengkapi. bab 4. - Sesuaikan. tata. tulis. dengan. panduan.	<i>[Signature]</i>
6.	Sabtu, 22. Maret 25.	- Sesuaikan. pasal di SNI 2847-2013 dg. SNI. 2849-2019. - Notasi Equation. boleh Kalau di SNI tidak ada. boleh. sesuaikan dg. pasal. - cek. kembali penulisan. satuan. - Tabel. Export Excel, disesuaikan.	<i>[Signature]</i>
7.	Minggu, 30 Maret 25.		<i>[Signature]</i>
8.	Selasa, 8 April 25.	Acc. Struktur Atas.	<i>[Signature]</i>

Desain Spektra Indonesia

Peta Google Peta NCE_R Peta NCE_R (S₀) Peta NCE_R (S₁) Peta C_R (C_{RS}) Peta C_R (C_{R1})

Gratik Respon Spektra Formula Resource Credits



Jenis Input

Koordinat

Lintang

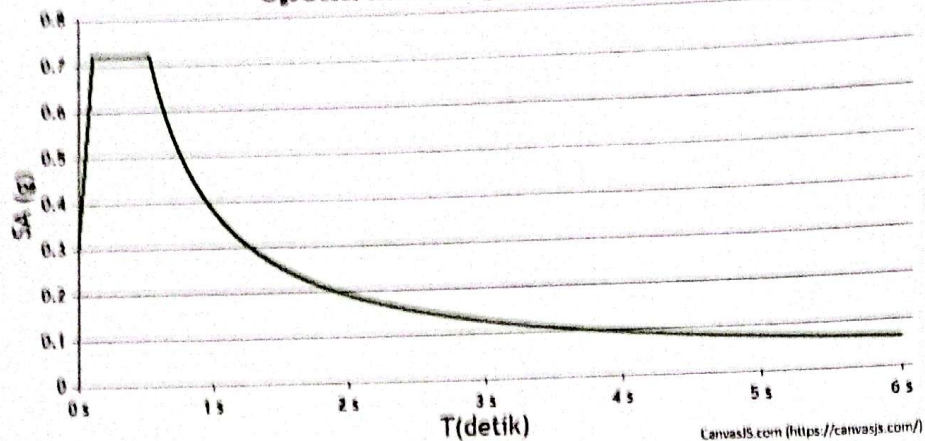
-7.127687912600205

Bujur

110.4091952741146

Tampilkan

Spektrum Respon Desain



S0 - Batuan

S1 - Tanah Keras, Batuan Lunak

S2 - Tanah Sedang

S3 - Tanah Lunak

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

Kelas

S3 - Tanah Keras, Batuan Lunak

Rentang T(s)

Value: 6

PGA NCE_R

0.3929

(g) bedrock

SS NCE_R

0.9015

(g) bedrock

S1 NCE_R

0.3823

(g) bedrock

TL

20

Detik

T0(detik)

0.11

Ts(detik)

0.53

Sds(g)

0.72

Sd1(g)

0.38

Save

Print

LAMPIRAN 1

Cone Penetration Test (CPT)



CV. UTAMA MAJU BERSAMA

Sumur Bor - Deep Well - Sumur Imbuhan - Sumur Resapan - Bore Pile
Geolistrik - Soil - Bore Hole Camera - Perizinan SIPA - Test PDA, DII

PROJECT			Rencana Bangunan Toko Plastik							Page								
SITE			Kuncen															
LOCATION			Ungaran Timur															
ELEVATION ABOVE MSL(m)					Coordinate UTM													
BORE HOLE NO.			S.01		DEPTH OF GWL (m)													
Machine Type		GOUDA			Date		24 April 2024											
Max. Capacity		2.5 Tons			Operator													
Manometer type		0-25,0-60,0-250 kg/cm2			Rate of Penetration(mm/second)				20									
A_{pc}			1		(A_{ps})				0.09									
Rod-Weight Corr. Factors			A-Factor		0.138		B-Factor		0.22		C-Factor		0.0124		D-Factor		0.023	
Depth	q_c	T_f	K_w	q_c	f_s	q_{c-c}	f_{s-c}	L_f	T_f	R_f								
d			T_w-C_w	$C_w.A_{pc}$	$K_w.A_{ps}$	$q_c+(A.d$	$f_s+(C.d$	$f_{s-c}X$	Σf_{s-c}	(f_{s-c}/q_{c-c})								
(m)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kPa)	(kPa)	+B).98	+D).98	0.2	(kN/m)	(kN/m)	(%)							
0.00	0.00	0.00																
0.20	0.00	0.00																
0.40	0.00	0.00																
0.60	20.00	25.00	5.00	1960	43.961	1989.674	46.944	9.389	9.389	2.359								
0.80	20.00	25.00	5.00	1960	43.961	1992.379	47.187	9.437	18.826	2.368								
1.00	35.00	40.00	5.00	3430	43.961	3465.084	47.430	9.486	28.312	1.369								
1.20	10.00	15.00	5.00	980	43.961	1017.789	47.873	9.535	37.847	4.684								
1.40	10.00	15.00	5.00	980	43.961	1020.494	47.916	9.583	47.430	4.695								
1.60	5.00	10.00	5.00	490	43.961	533.198	48.159	9.632	57.062	9.032								
1.80	3.00	5.00	2.00	294	17.584	339.903	22.026	4.405	61.467	6.480								
2.00	8.00	12.00	4.00	784	35.169	832.608	39.853	7.971	69.438	4.787								
2.20	8.00	12.00	4.00	784	35.169	835.313	40.096	8.019	77.457	4.800								
2.40	10.00	15.00	5.00	980	43.961	1034.016	49.131	9.626	67.263	4.752								
2.60	10.00	15.00	5.00	980	43.961	1036.722	49.375	9.875	97.158	4.763								
2.80	5.00	10.00	5.00	490	43.961	549.427	49.618	9.924	107.082	9.03								
3.00	10.00	15.00	5.00	980	43.961	1042.132	49.861	9.972	117.054	4.78								
3.20	25.00	30.00	5.00	2450	43.961	2514.837	50.104	10.021	127.075	1.99								
3.40	30.00	40.00	10.00	2940	87.922	3007.542	94.308	18.862	145.936	3.13								
3.60	25.00	35.00	10.00	2450	87.922	2520.246	94.551	18.910	164.846	3.75								
3.80	25.00	35.00	10.00	2450	87.922	2522.951	94.794	18.959	183.805	3.75								
4.00	90.00	110.00	20.00	8820	175.844	8895.656	182.959	36.592	220.397	2.0								

Remarks/Sketch

Approved by Engineer

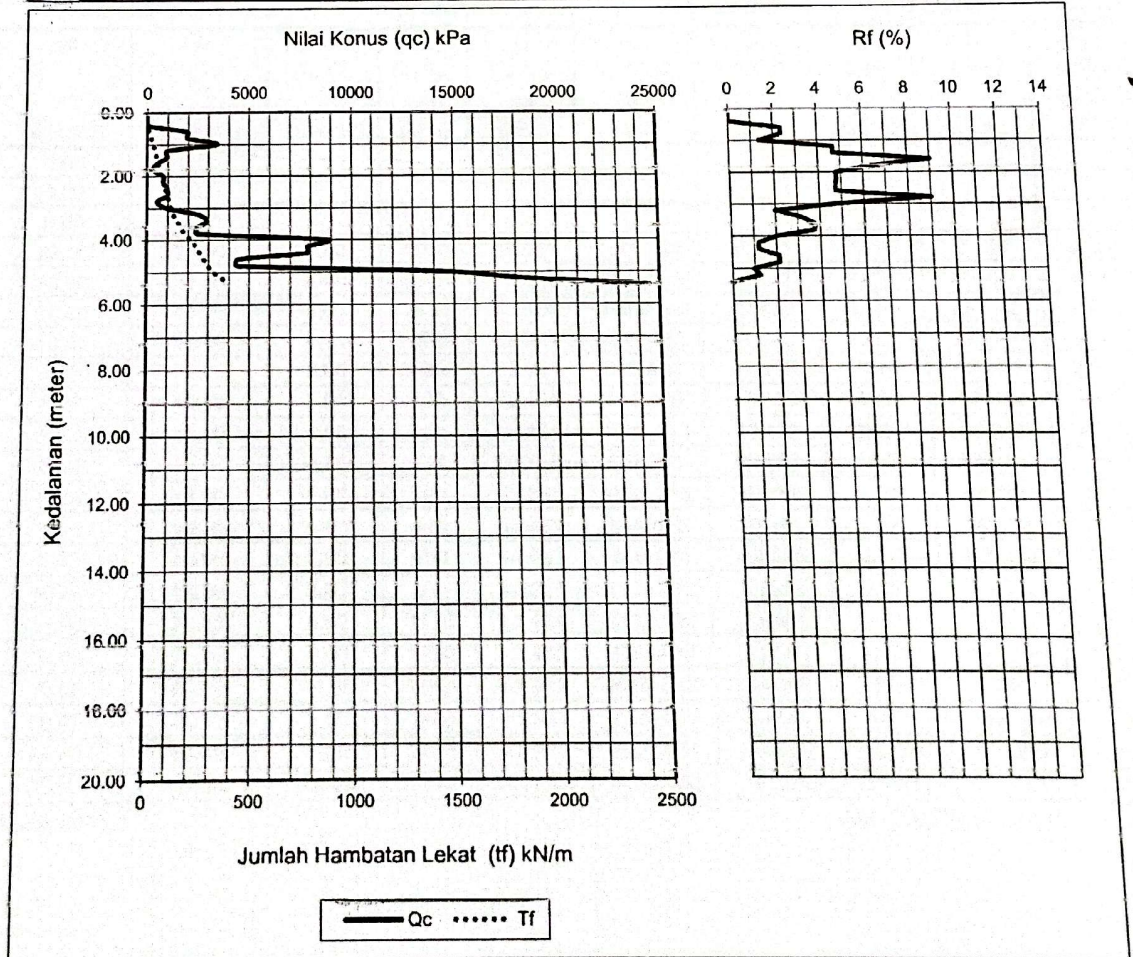
Depth d	q _c	T _f	K _w T _w -C _w	q _c C _w .A _{pc} 98	f _s K _w .A _{ps} 98	q _{c-c} q _c +(A _c .d +B).98	f _{s-c} f _s +(C _c .d +D).98	L _f f _{s-c} X 0.2	T _f Σ f _{s-c}	R _f (f _{s-c} /q _{c-c}) X100 (%)
(m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN/m)	(kN/m)	
12.20										
12.40										
12.60										
12.80										
13.00										
13.20										
13.40										
13.60										
13.80										
14.00										
14.20										
14.40										
14.60										
14.80										
15.00										
15.20										
15.40										
15.60										
15.80										
16.00										
16.20										
16.40										
16.60										
16.80										
17.00										
17.20										
17.40										
17.60										
17.80										
18.00										
18.20										
18.40										
18.60										
18.80										
19.00										
19.20										
19.40										
19.60										
19.80										
20.00										
Remarks/Sketch										



CV. UTAMA MAJU BERSAMA

Sumur Bor - Deep Well - Sumur Imbuhan - Sumur Resapan - Bore Pile
Geolistrik - Soil - Bore Hole Camera - Perizinan SIPA - Test PDA, DII

PROJECT		Rencana Bangunan Toko Plastik						Page	
SITE		Kuncen							
LOCATION		Ungaran Timur							
ELEVATION ABOVE MSL(m)				Coordinate UTM					
BORE HOLE NO.		S.01		DEPTH OF GWL (m)					
Machine Type		GOUDA		Date		24 April 2024			
Max. Capacity		2.5 Tons		Operator					
Manometer type		0-25,0-60,0-250 kg/cm2		Rate of Penetration(mm/second)			20		
Piston/Cone Area Ratio (A_{pc})		1		Piston/Sieve Area Ratio (A_{ps})			0.09		
Rod-Weight Corr. Factors		A-Factor	0.138	B-Factor	0.22	C-Factor	0.0124	D-Factor	0.023





CV. UTAMA MAJU BERSAMA

Sumur Bor - Deep Well - Sumur Imbuhan - Sumur Resapan - Bore Pile
Geolistrik - Soli - Bore Hole Camera - Perizinan SIPA - Test PDA, DII

PROJECT		Rencana Bangunan Toko Plastik						Page		
SITE		Kuncen								
LOCATION		Ungaran Timur								
ELEVATION ABOVE MSL(m)				Coordinate UTM						
BORE HOLE NO.		S.02		DEPTH OF GWL (m)						
Machine Type		GOUDA		Date		24 April 2024				
Max. Capacity		2.5 Tons		Operator						
Manometer type		0-25,0-60,0-250 kg/cm2		Rate of Penetration(mm/second)		20				
A_{pc}		1		(A_{ps})		0.09				
Rod-Weight Corr. Factors		A-Factor	0.138	B-Factor	0.22	C-Factor	0.0124	D-Factor	0.023	
Depth d (m)	q_c (kg/cm2)	T_f (kg/cm2)	K_w T_w-C_w (kg/cm2)	q_c $C_w.A_{pc}$ 98 (kPa)	f_s $K_w.A_{ps}$ 98 (kPa)	q_{c-c} $q_c+(A.d$ +B).98 (kPa)	f_{s-c} $f_s+(C.d$ +D).98 (kPa)	L_f $f_{s-c} \times$ 0.2 (kN/m)	T_f Σf_{s-c} (kN/m)	R_f (f_{s-c}/q_{c-c}) X100 (%)
0.00	0.00	0.00								
0.20	0.00	0.00								
0.40	0.00	0.00								
0.60	20.00	25.00	5.00	1960	43.961	1989.674	46.944	9.389	9.389	2.359
0.80	30.00	35.00	5.00	2940	43.961	2972.379	47.187	9.437	18.826	1.588
1.00	35.00	40.00	5.00	3430	43.961	3465.084	47.430	9.486	28.312	1.369
1.20	10.00	15.00	5.00	980	43.961	1017.789	47.673	9.535	37.847	4.694
1.40	5.00	10.00	5.00	490	43.961	530.494	47.916	9.583	47.430	9.032
1.60	5.00	10.00	5.00	490	43.961	533.108	48.159	9.632	57.062	9.032
1.80	10.00	15.00	5.00	980	43.961	1025.903	48.402	9.680	66.743	4.718
2.00	8.00	12.00	4.00	784	35.169	832.608	39.853	7.971	74.713	4.787
2.20	10.00	15.00	5.00	980	43.961	1031.313	48.888	9.778	84.491	4.740
2.40	5.00	10.00	5.00	490	43.961	544.016	49.131	9.826	94.317	9.031
2.60	5.00	10.00	5.00	490	43.961	546.722	49.375	9.875	104.192	9.031
2.80	10.00	15.00	5.00	980	43.961	1039.427	49.618	9.924	114.116	4.774
3.00	15.00	20.00	5.00	1470	43.961	1532.132	49.861	9.972	124.088	3.254
3.20	20.00	25.00	5.00	1960	43.961	2024.837	50.104	10.021	134.108	2.474
3.40	30.00	40.00	10.00	2940	87.922	3007.542	94.308	18.862	152.970	3.136
3.60	20.00	25.00	5.00	1960	43.961	2030.246	50.590	10.118	163.088	2.492
3.80	25.00	30.00	5.00	2450	43.961	2522.951	50.833	10.167	173.254	2.015
4.00	95.00	115.00	20.00	9310	175.844	9385.656	182.959	36.592	209.846	1.949
Remarks/Sketch						Approved by Engineer				

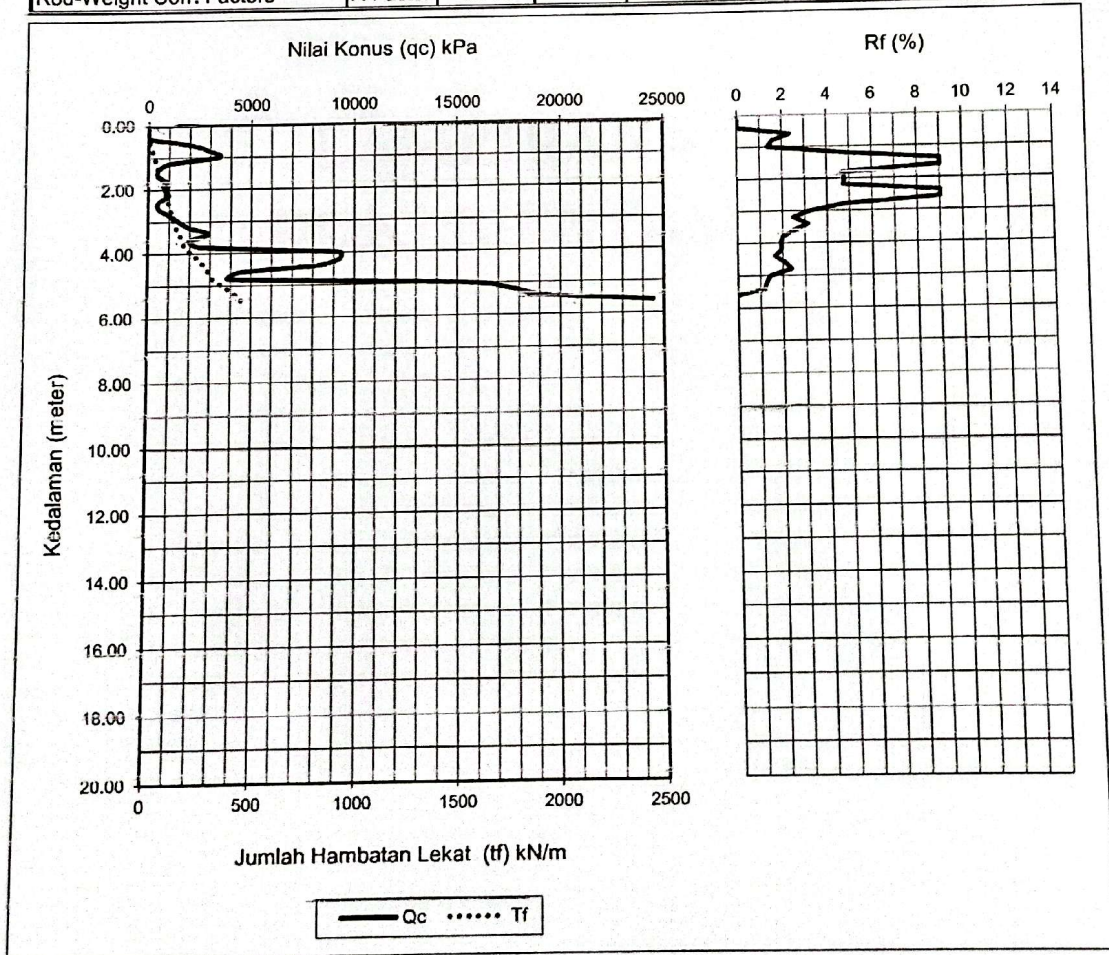
Depth d	q_u	T_f	K_w $T_w - C_w$	q_c $C_w \cdot A_{pc} \cdot 98$	f_s $K_w \cdot A_{ps} \cdot 98$	q_{c-c} $q_c + (A \cdot d + B) \cdot 98$	f_{s-c} $f_s + (C \cdot d + D) \cdot 98$	L_f $f_{s-c} \cdot X \cdot 0.2$	T_f Σf_{s-c}	R_f $(f_{s-c}/q_{c-c}) \cdot 100$
(m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN/m)	(kN/m)	(%)
4.20	95.00	115.00	20.00	9310	175.844	9388.361	183.202	36.640	246.487	1.951
4.40	85.00	100.00	15.00	8330	131.883	8411.066	139.484	27.897	274.383	1.658
4.60	45.00	55.00	10.00	4410	87.922	4493.770	95.766	19.153	293.537	2.131
4.80	40.00	50.00	10.00	3920	87.922	4006.475	96.009	19.202	312.738	2.396
5.00	160.00	185.00	25.00	15680	219.805	15769.180	228.135	45.627	358.365	1.447
5.20	180.00	205.00	25.00	17640	219.805	17731.885	228.378	45.676	404.041	1.288
5.40	195.00	220.00	25.00	19110	219.805	19204.590	228.621	45.724	449.765	1.190
5.60	250.00	250.00	0.00	24500	0.000	24597.294	9.059	1.812	451.577	0.037
5.80										
6.00										
6.20										
6.40										
6.60										
6.80										
7.00										
7.20										
7.40										
7.60										
7.80										
8.00										
8.20										
8.40										
8.60										
8.80										
9.00										
9.20										
9.40										
9.60										
9.80										
10.00										
10.20										
10.40										
10.60										
10.80										
11.00										
11.20										
11.40										
11.60										
11.80										
12.00										
Remarks/Sketch										



CV. UTAMA MAJU BERSAMA

Sumur Bor - Deep Well - Sumur Imbuhan - Sumur Resapan - Bore Pile
Geolistrik - Soil - Bore Hole Camera - Perizinan SIPA - Test PDA, DII

PROJECT	Rencana Bangunan Toko Plastik			Page
SITE	Kuncen			
LOCATION	Ungaran Timur			
ELEVATION ABOVE MSL(m)		Coordinate UTM		
BORE HOLE NO.	S.02	DEPTH OF GWL (m)		
Machine Type	GOUDA	Date	24 April 2024	
Max. Capacity	2.5 Tons	Operator		
Manometer type	0-25,0-60,0-250 kg/cm ²	Rate of Penetration(mm/second)	20	
Piston/Cone Area Ratio (A_{pc})	1	Piston/Sieve Area Ratio (A_{ps})	0.09	
Rod-Weight Corr. Factors	A-Factor	0.138	B-Factor	0.22
			C-Factor	0.0124
			D-Factor	0.023



LAMPIRAN 4

DOKUMENTASI

DOKUMENTASI KEGIATAN



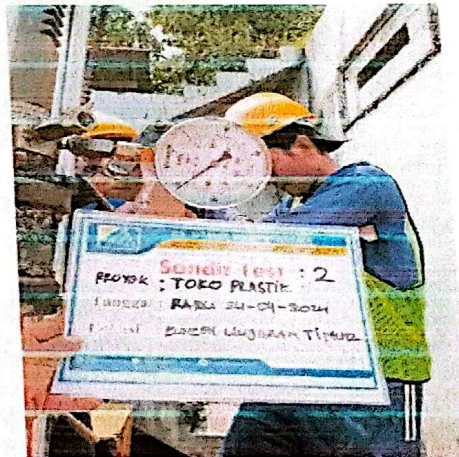
S.01



S.01



S.02



S.02

Laporan Akhir Penyelidikan Tanah (Sondir)
Rencana Bangunan Toko Plastik Kuncen Ungaran Timur

F6950289



**BADAN NASIONAL
SERTIFIKASI PROFESI
INDONESIA PROFESSIONAL
CERTIFICATION AUTHORITY**

SERTIFIKAT KOMPETENSI CERTIFICATE OF COMPETENCE

Nomor Sertifikat / Certificate Number
74321 2142.99 7 00041596 2023

Dengan ini menyatakan bahwa,
This is to certify that,

DEYAN BAGUS RAMADHAN

No. Reg. F 1993 41596 2023 0101341 SI 15

Telah Kompeten pada bidang:
Is competent in the area of:

**Jasa Konstruksi
Construction Services**

Dengan Kualifikasi / Kompetensi:
With Qualification / Competency:

**Ahli Muda Geoteknik
Young Geotechnical Expert**

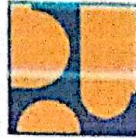
Sertifikat ini berlaku untuk 5 (lima) tahun
This certificate is valid for 5 (five) years

Atas nama Badan Nasional Sertifikasi Profesi
On Behalf of Indonesia Professional Certification Authority

Lembaga Sertifikasi Profesi Astekindo Konstruksi Mandiri
Astekindo Konstruksi Mandiri Professional Certification Agency



Yosep Fernando Putra
Ketua LSP
Chairman PCA



**LEMBAGA PENGEMBANGAN
JASA KONSTRUKSI
CONSTRUCTION SERVICES
DEVELOPMENT BOARD**

Daftar Unit Kompetensi:
List of Unit(s) of Competency:

Klasifikasi : Sipil
Classification : CIVIL

Subklasifikasi : Geoteknik Dan Pondasi
Subclassification : Geotechnical And Foundation

Kualifikasi : Ahli
Qualification : Expert

Jenjang : 7 (Tujuh)
Level : 7 (Seven)

Okupasi : Ahli Muda Geoteknik
Occupation : Young Geotechnical Expert

Ditetapkan di Jakarta, 11 April 2023
Enacted in Jakarta, April 11, 2023

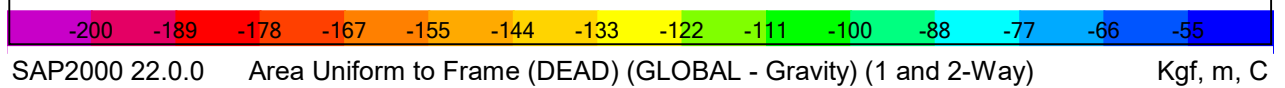
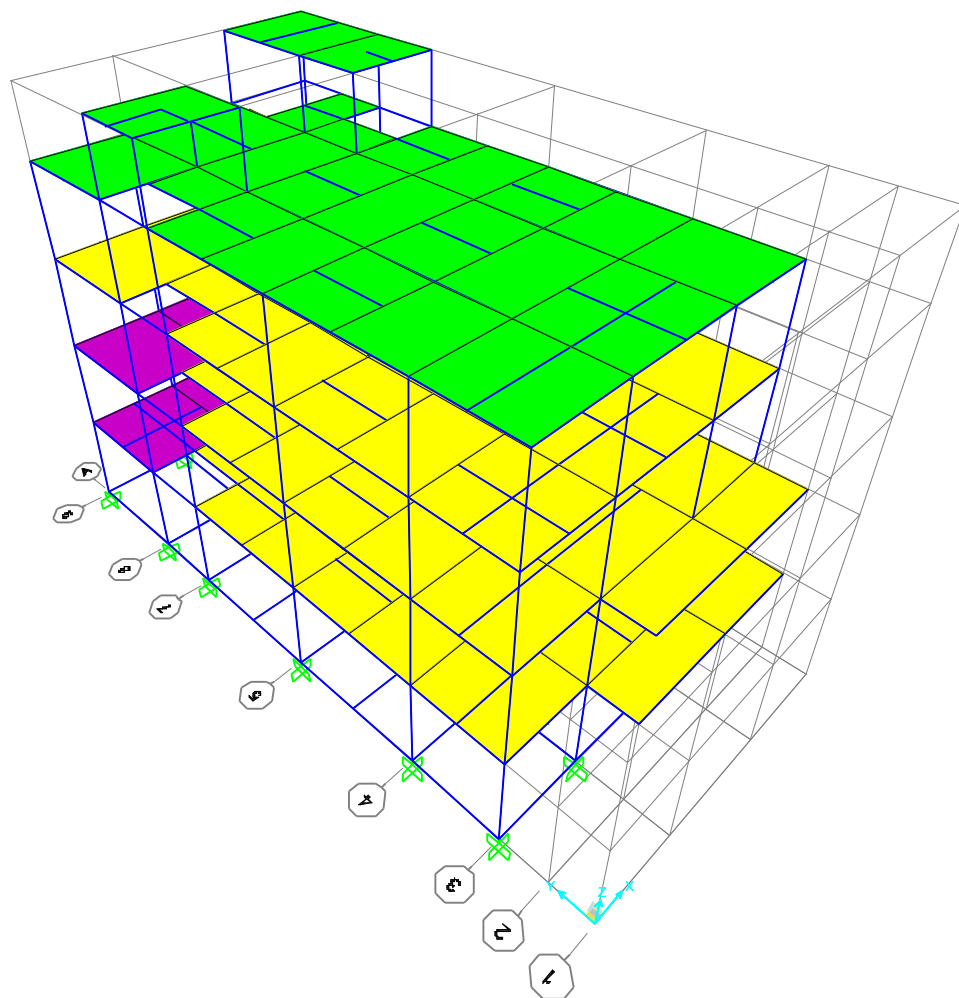


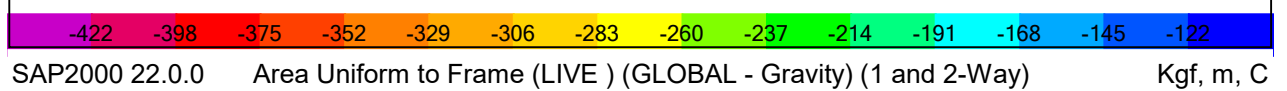
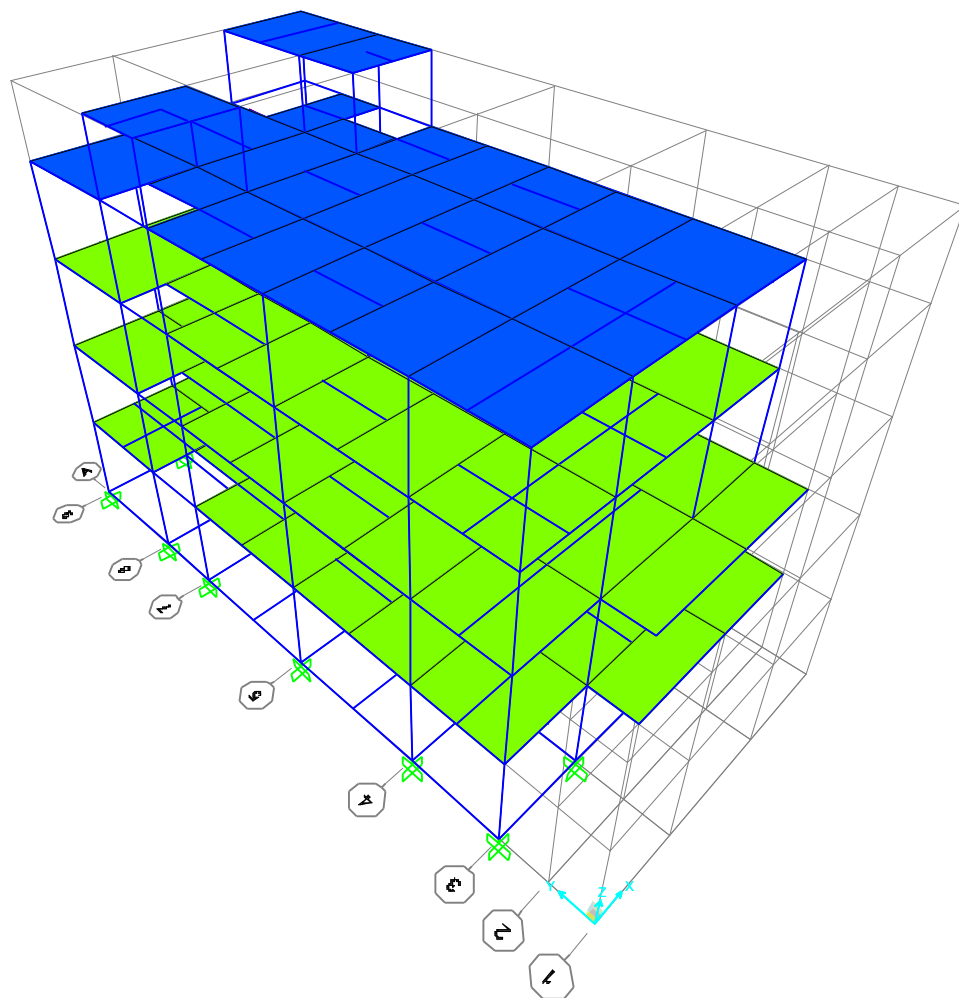
DEYAN BAGUS RAMADHAN

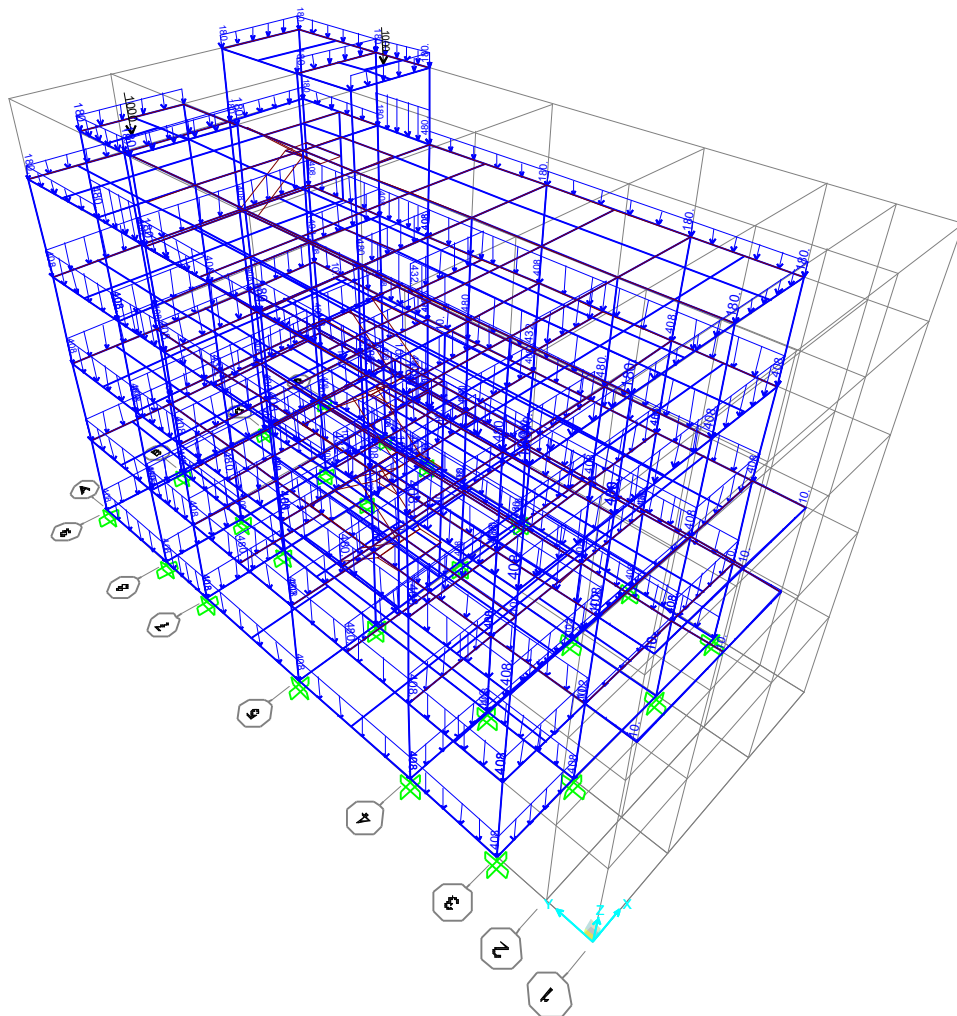


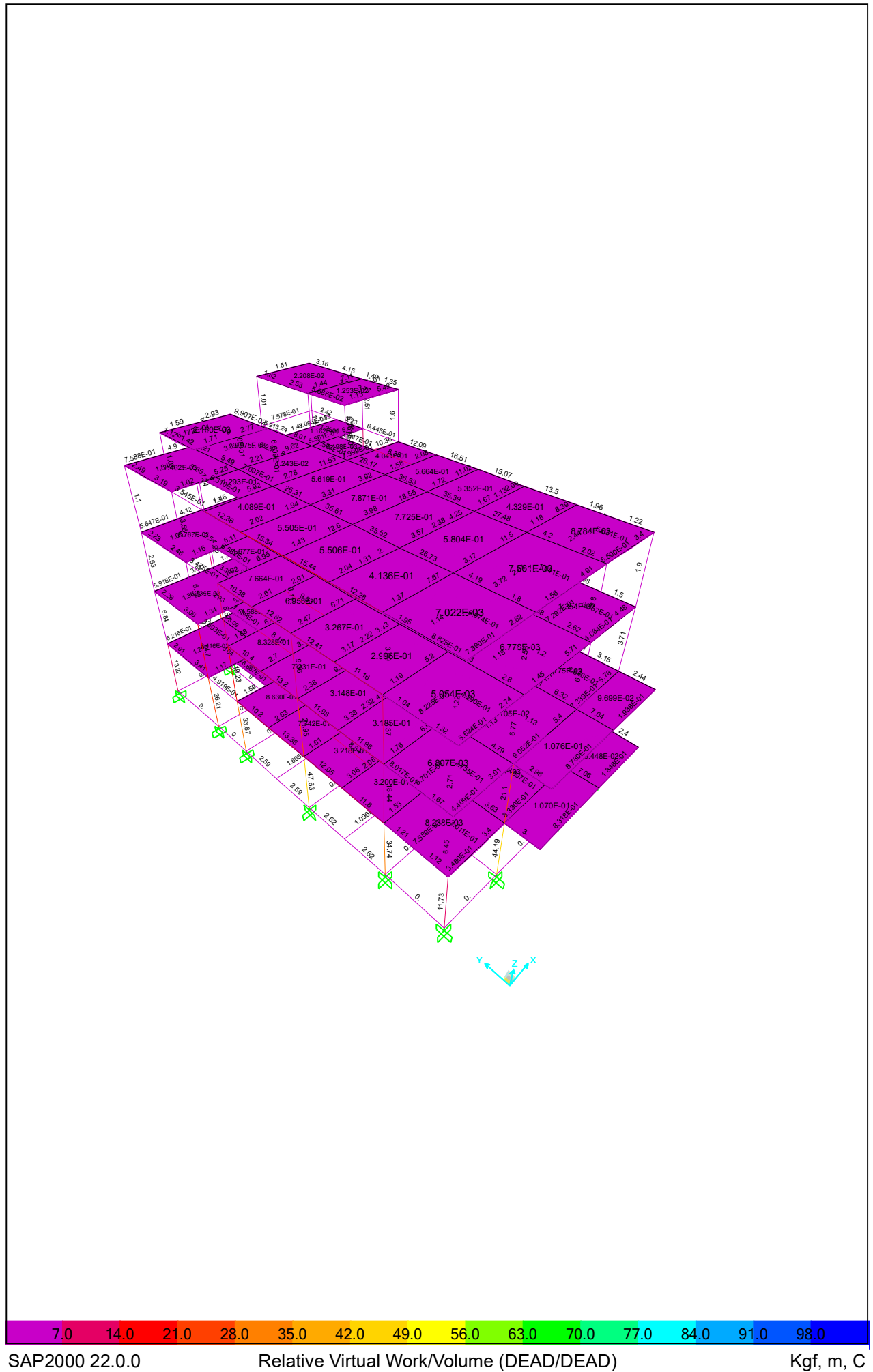
Keterangan / Remarks :

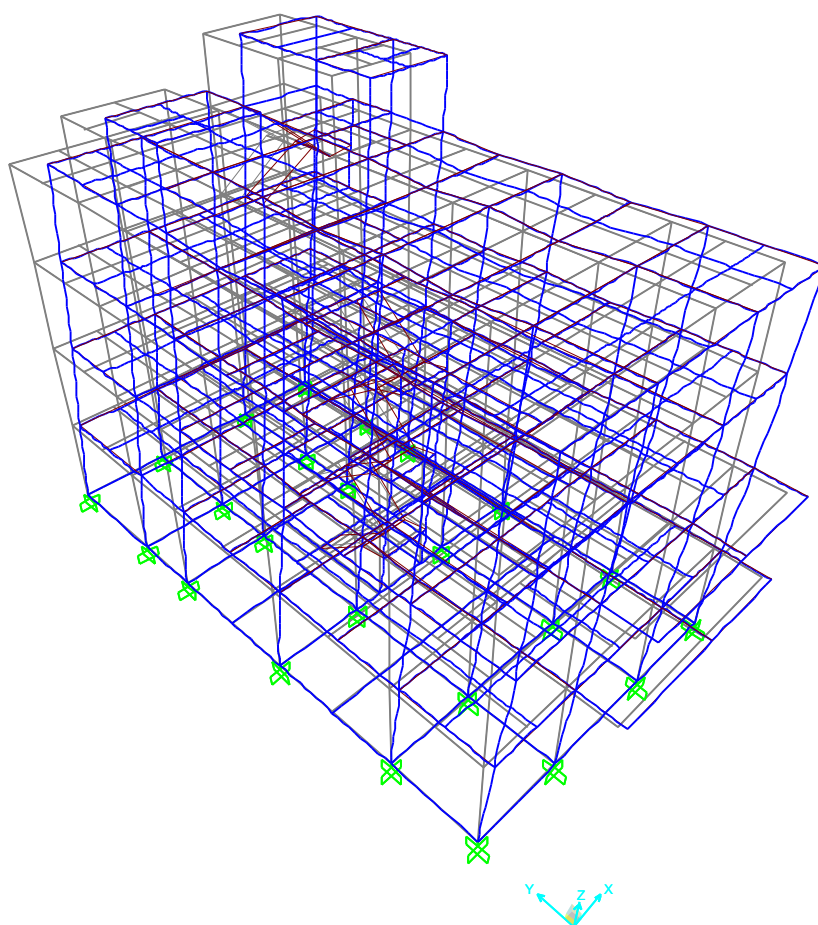
1. Sertifikat ini sah berlaku setelah tercatat yang dibuktikan dengan nomor registrasi Sertifikat Kompetensi Kerja Konstruksi. /
This certificate is valid upon being registered as evidenced by registration number of Certificate of Competency of Construction Works.
2. QR Code dan Data yang tertera dalam sertifikat ini dapat diverifikasi melalui sistem informasi jasa konstruksi terintegrasi. /
QR Code and Data contained herein may be verified through an integrated information system of construction service.

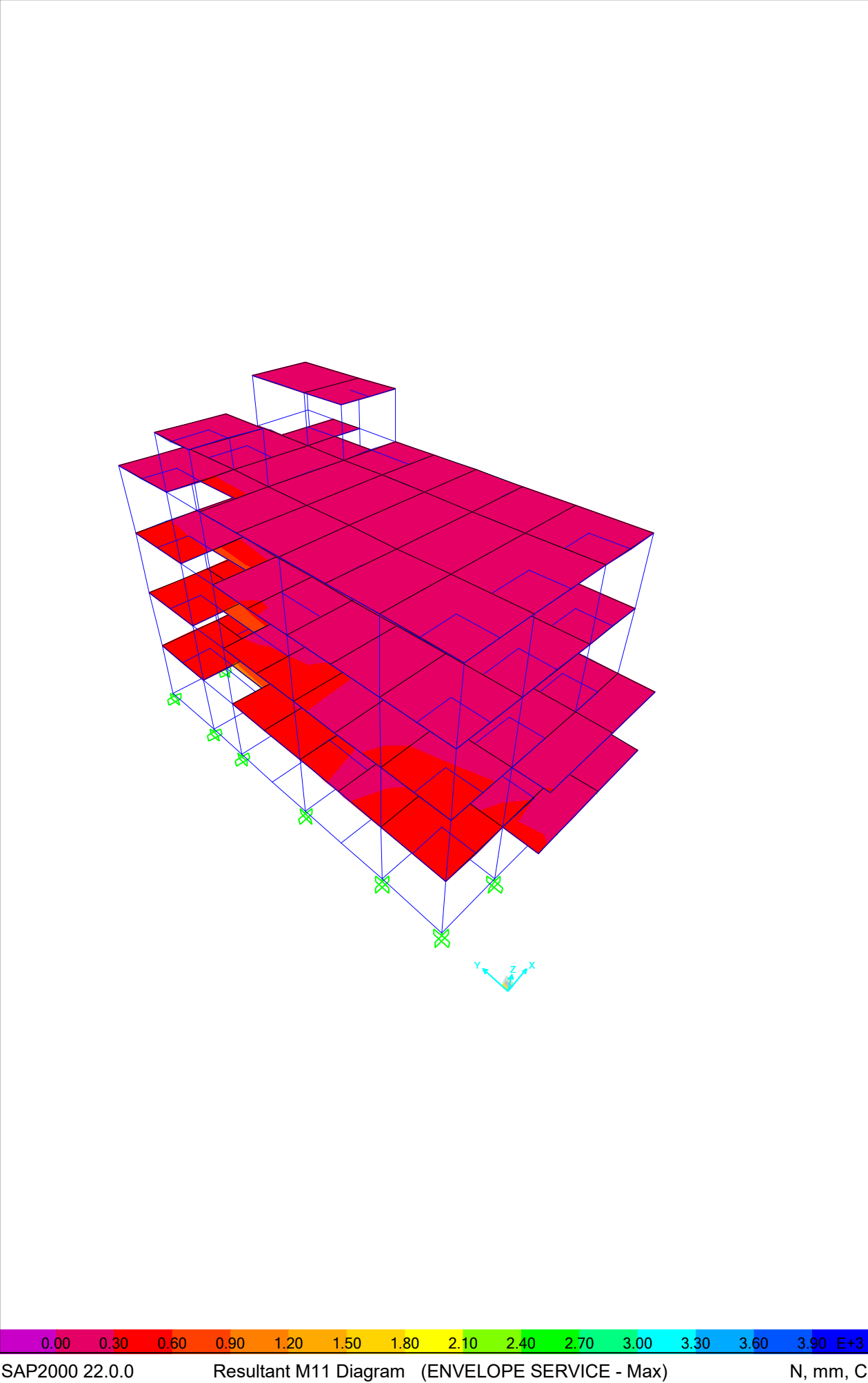


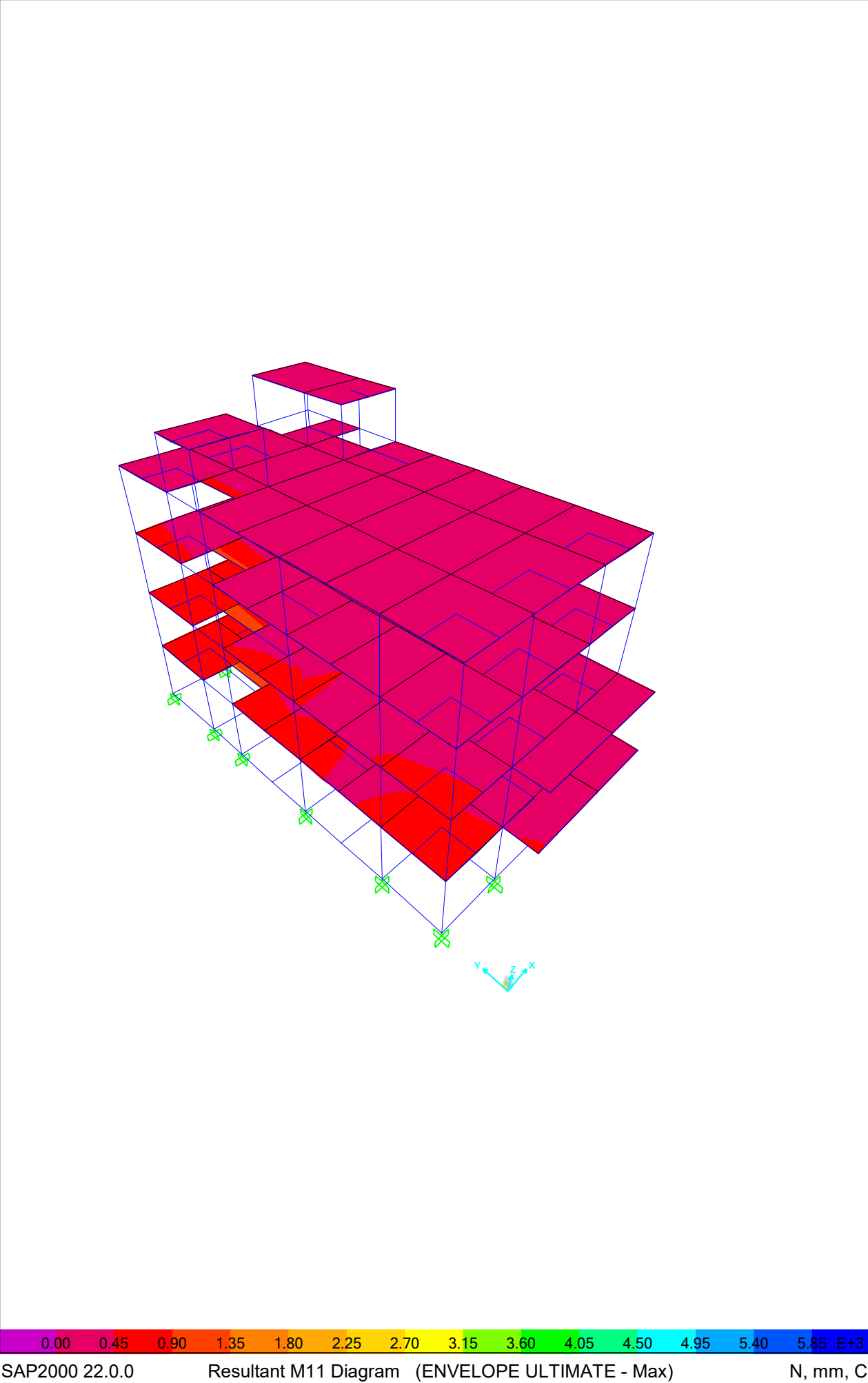


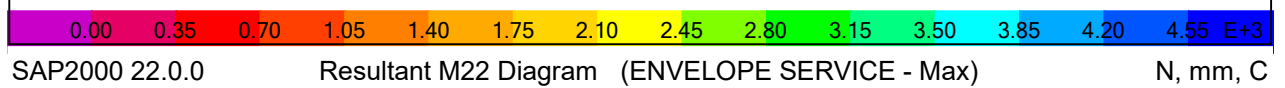
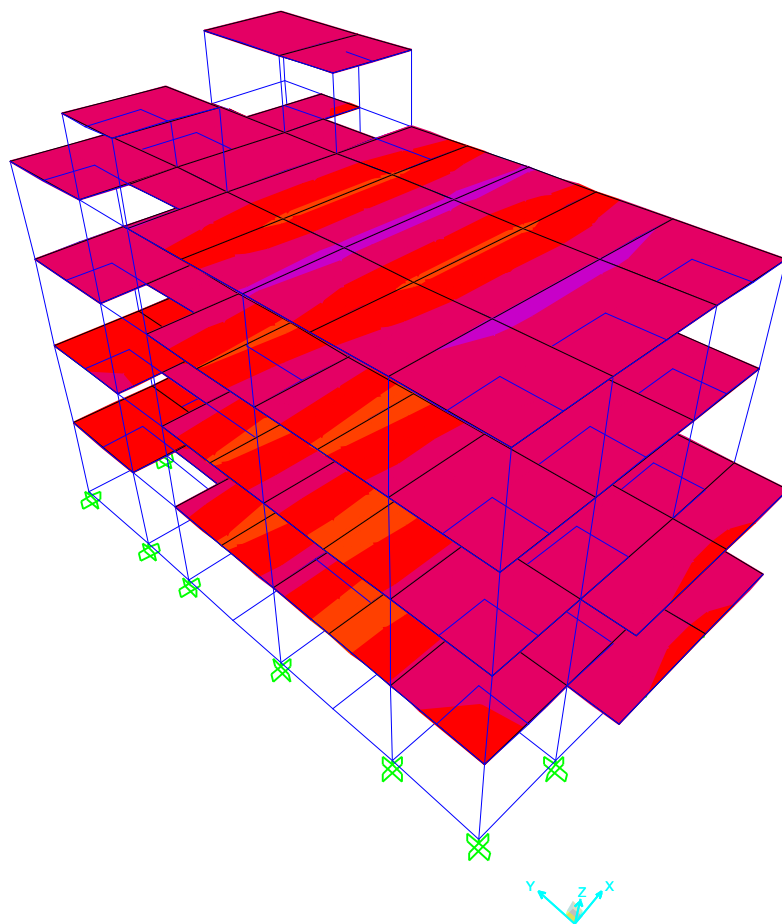


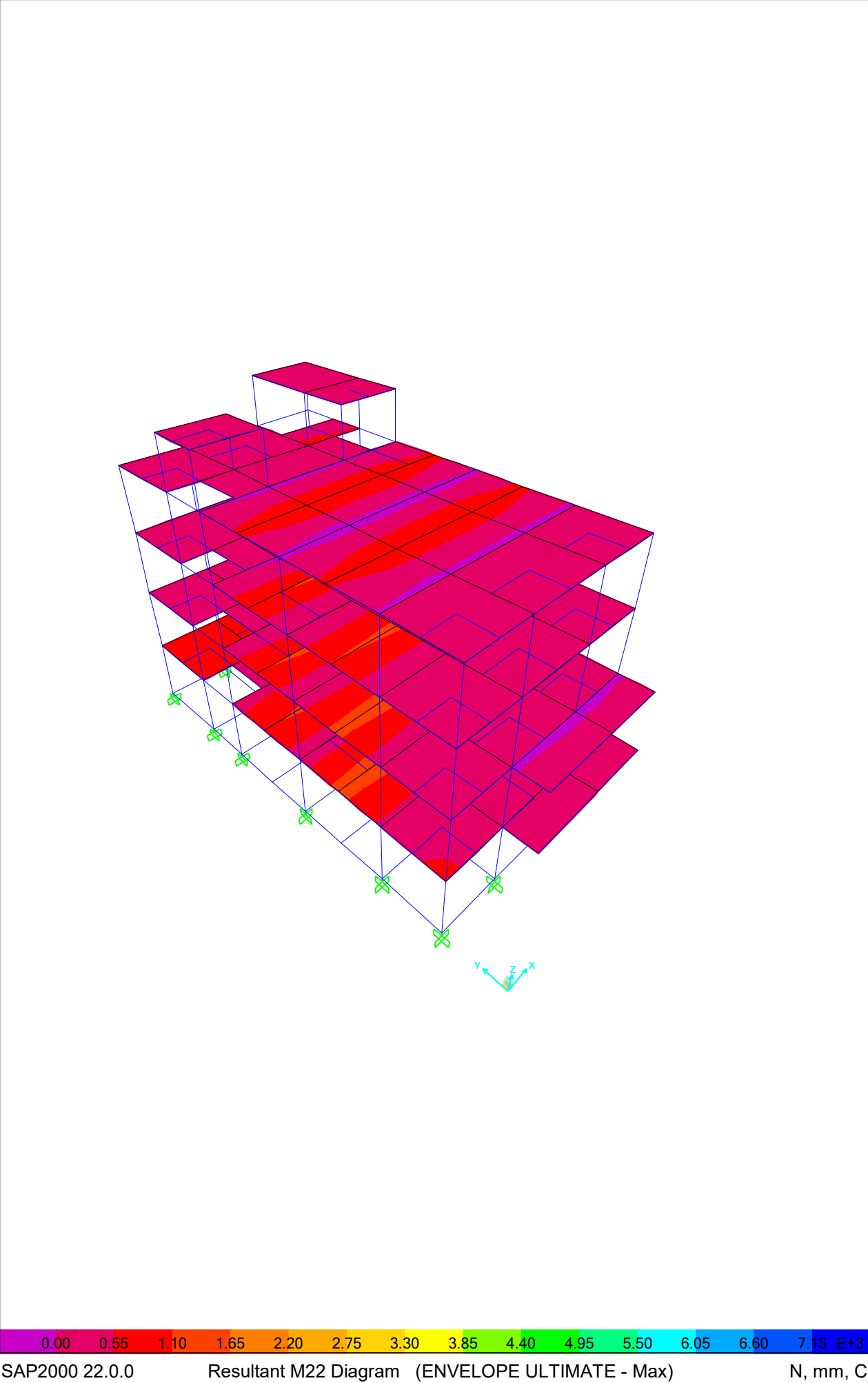


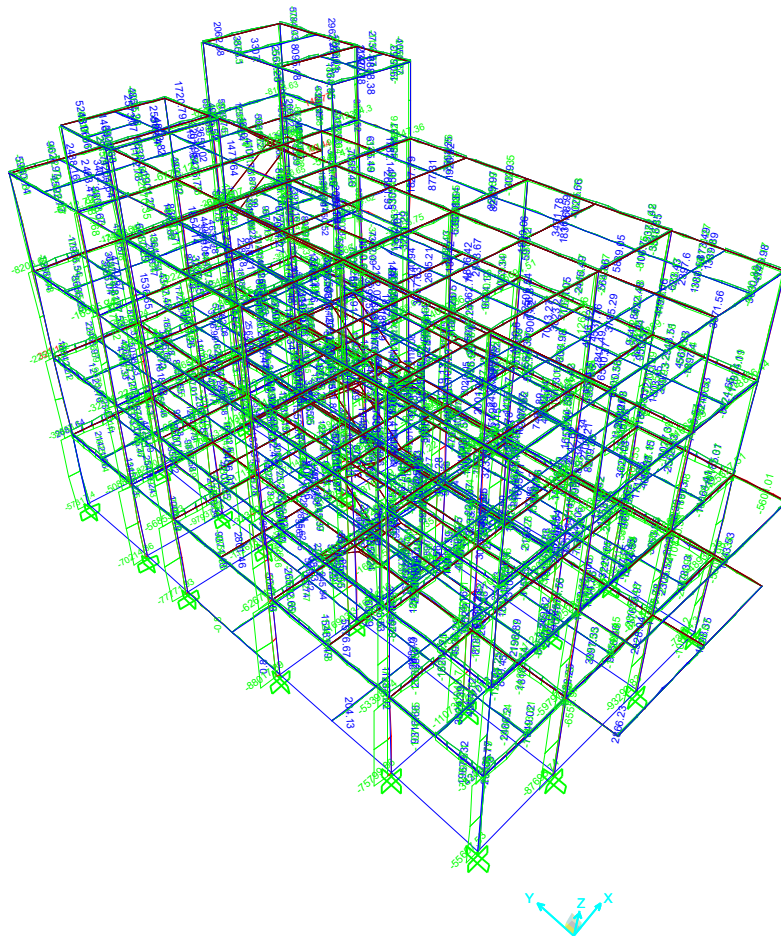


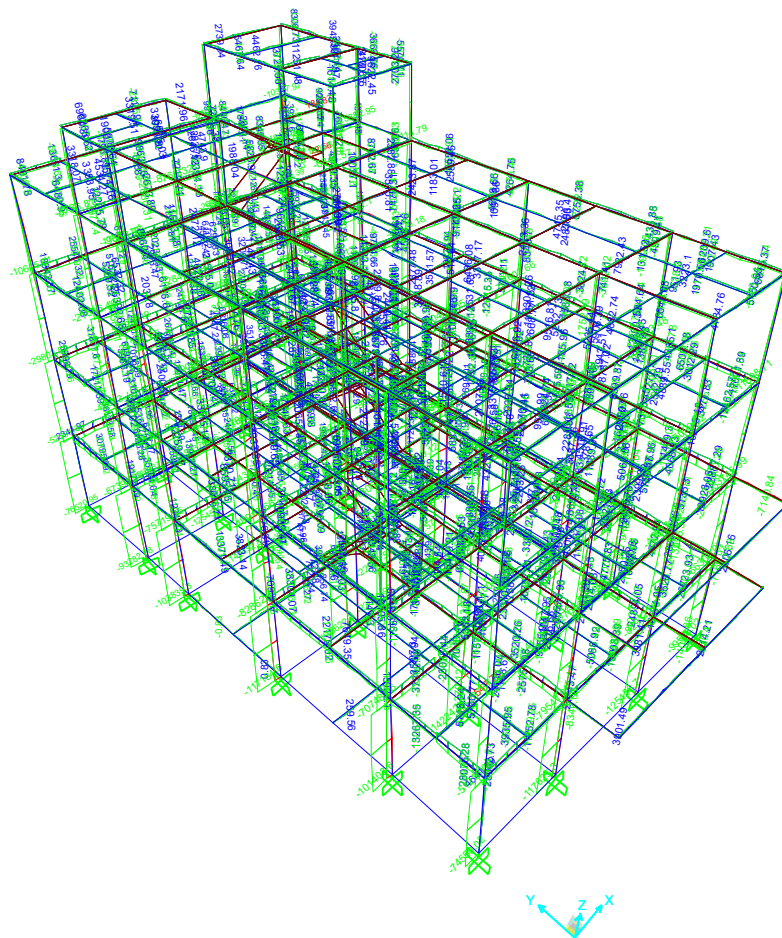


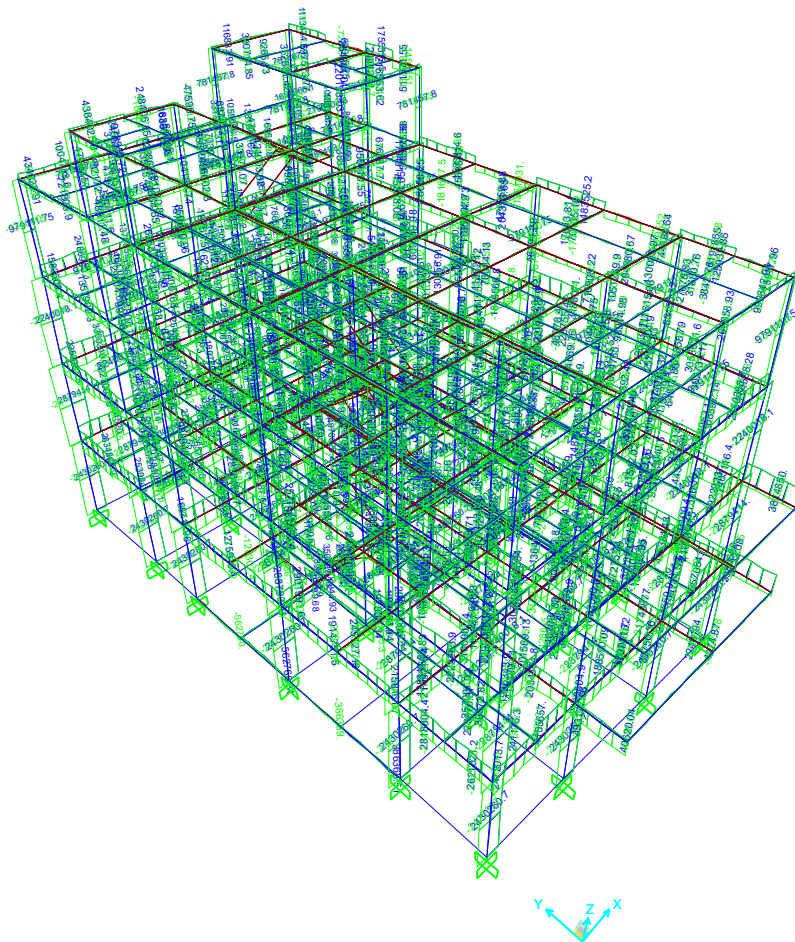


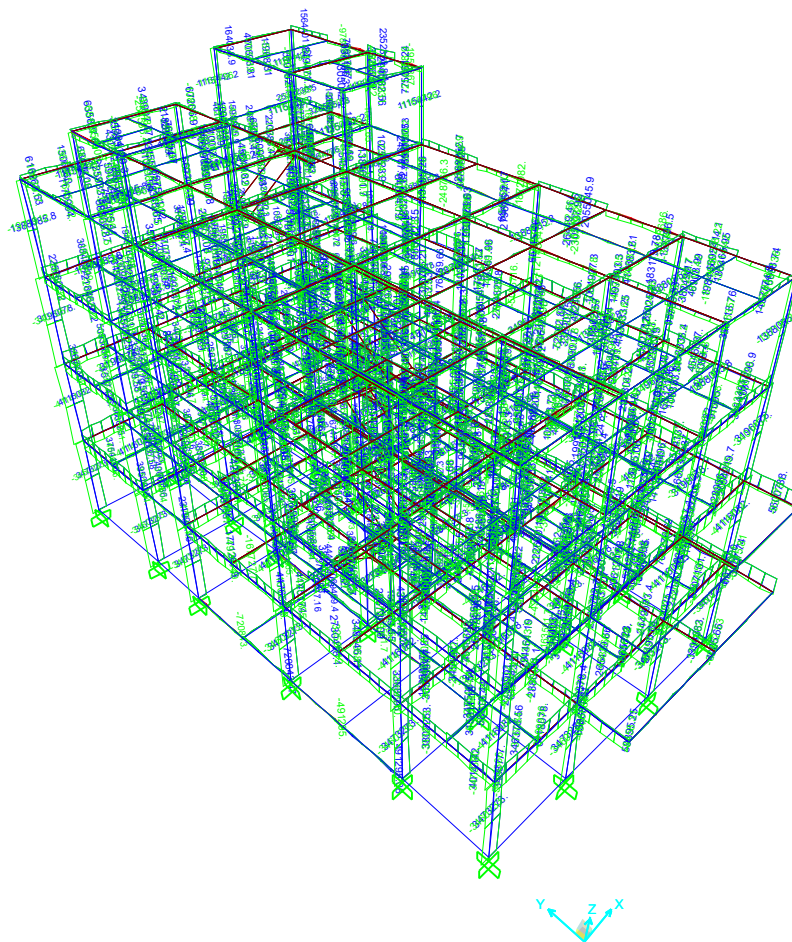


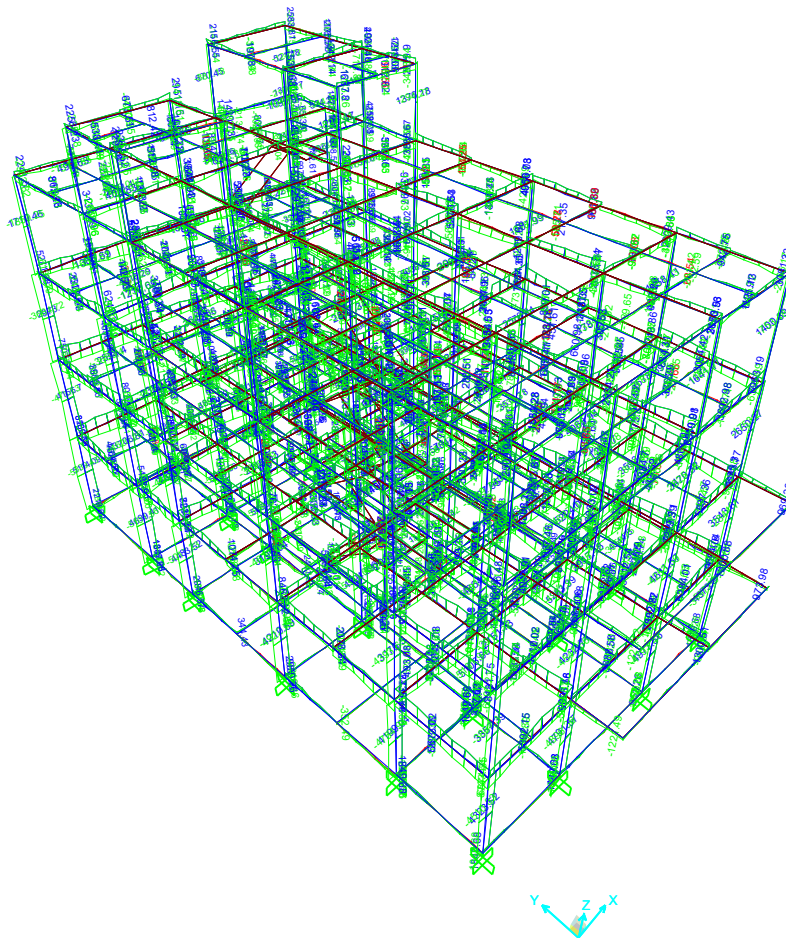


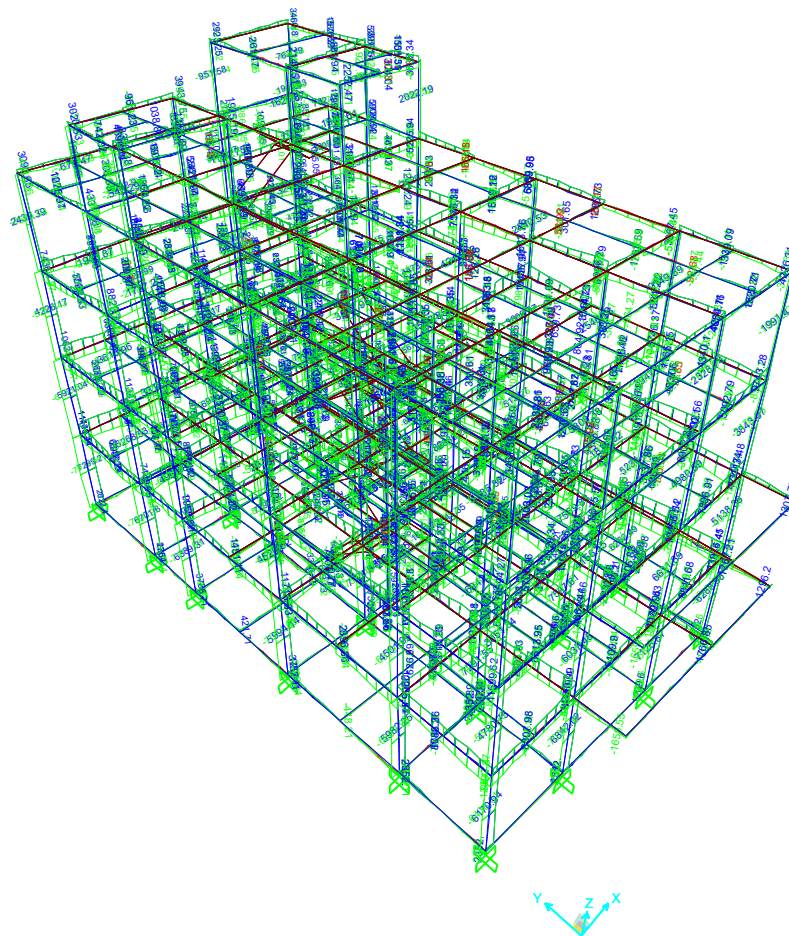


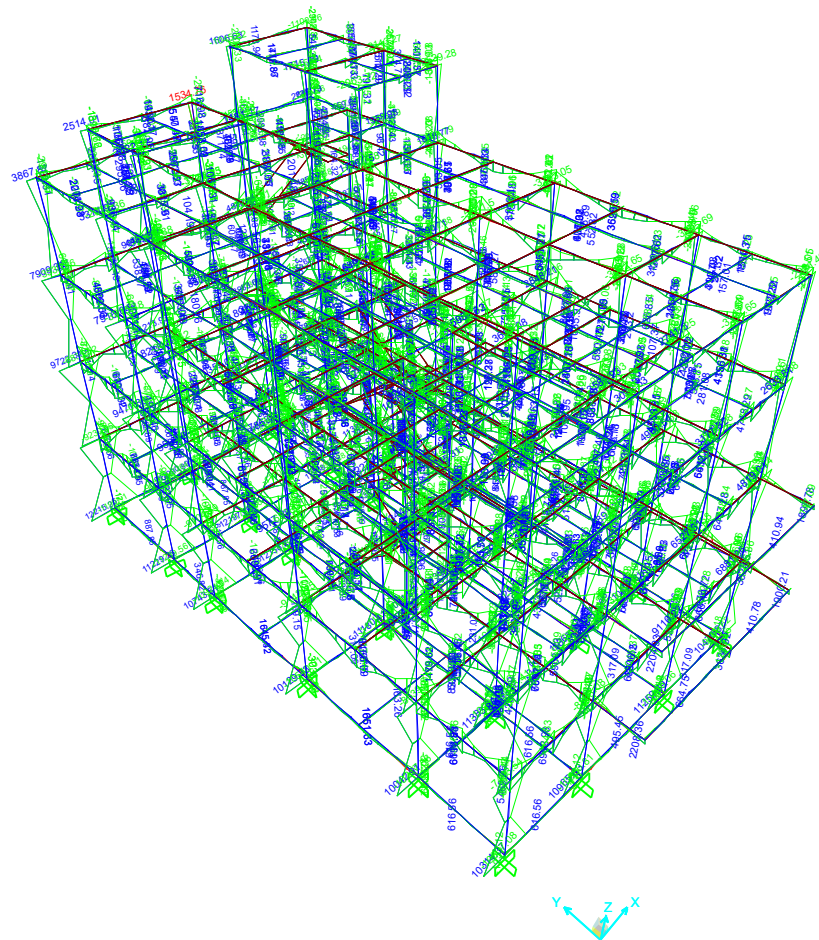


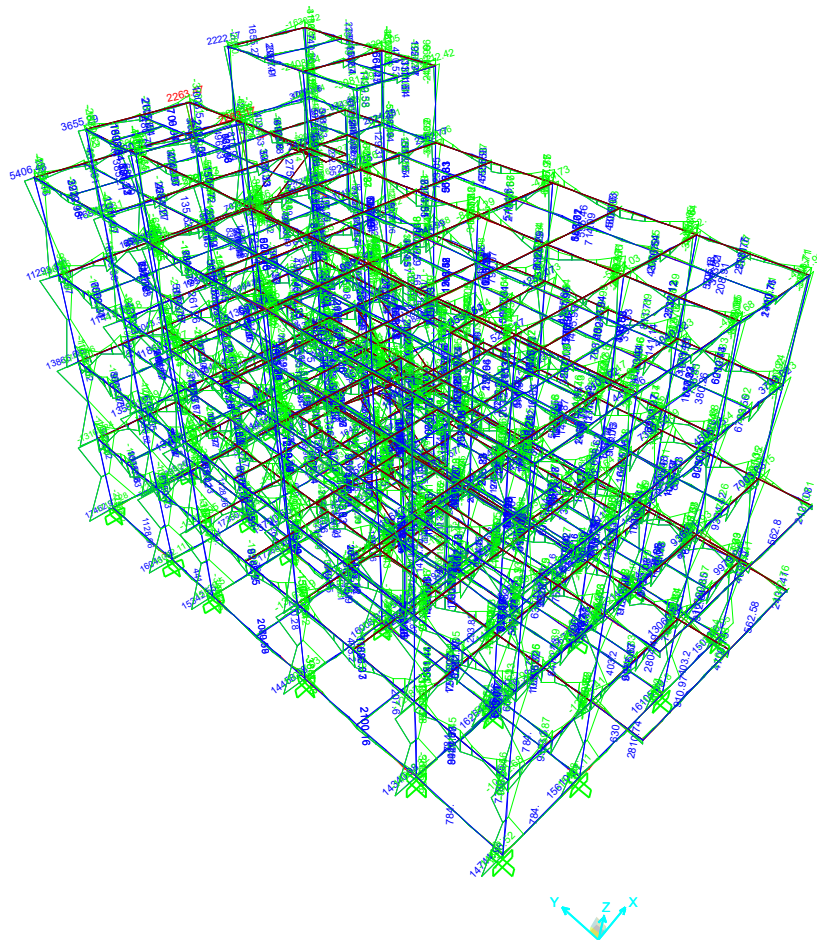






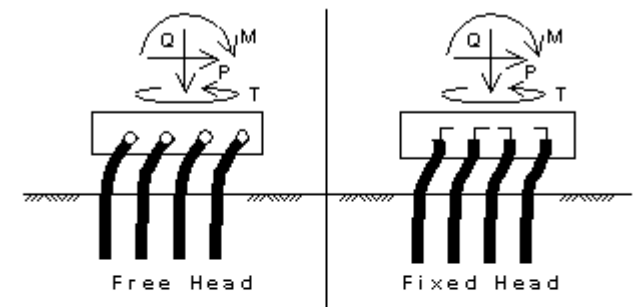




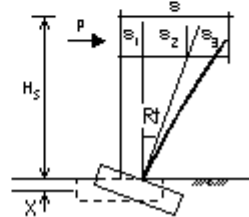


VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



$s = s_1 + s_2 + s_3$
 s_1 = Lateral Movement by AllPile
 $s_2 = R_t \cdot H_s$, H_s = Height of Structure
 R_t = Rotation by AllPile
 s_3 = Deflection of Structure by
 Structural Engineer
 x = Vertical Settlement by AllPile



Drilled Pile (dia $\leq$ 24 in. or 61 cm)

Loads:

Load Factor for Vertical Loads = 1.0
 Load Factor for Lateral Loads = 1.0
 Loads Supported by Pile Cap = 0 %
 Shear Condition: Static

Vertical Load, $Q = 1042.8$ -kN
 Shear Load, $P = 0.0$ -kN
 Moment, $M = 0.0$ -kN-m

Profile:

Pile Length, $L = 5.1$ -m
 Top Height, $H = 0.000$ -m
 Slope Angle, $As = 0$
 Batter Angle, $Ab = 0$

Group and Boundary Condition:

Fixed Head
 $S_x = 150$ -cm
 $S_y = 150$ -cm
 $N_x = 2$
 $N_y = 2$

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m ³	Phi	C -kN/m ²	K -MN/m ³	e50 or Dr %	Nspt
0	4.8	0.0	0.1	1.1	5.38	0
1	10.3	0.0	1.75	1.75	0.94	9
2	7.0	0.0	0.4	8.6	2.13	2
3	8.3	0.0	0.75	14.6	1.55	4
4	9.4	38.75	0.0	21.7	59.48	24
5	9.9	43.75	0.0	33.5	75.61	40
6	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60
7	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm ²	Per. -cm	I -cm ⁴	E -MP	Weight -kN/m
0.0	50	1963.5	157.1	306796.2	20683	4.630
5.1	50	1963.5	157.1	306796.2	199938	15.032

Group Vertical capacity:

Total Ultimate Capacity (Down) = 11778.055-kN Total Ultimate Capacity (Up) = 133.749-kN
 Total Allowable Capacity (Down) = 5889.027-kN Total Allowable Capacity (Up) = 94.473-kN
 OK! $Q_{allow} > Q$

Group Settlement Calculation:

At $X_{allow} = 2.50$ -cm $Q_{allow} = 8881.87$ -kN
 At $Q = 1042.77$ -kN Settlement = 0.20640-cm

Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 9999.

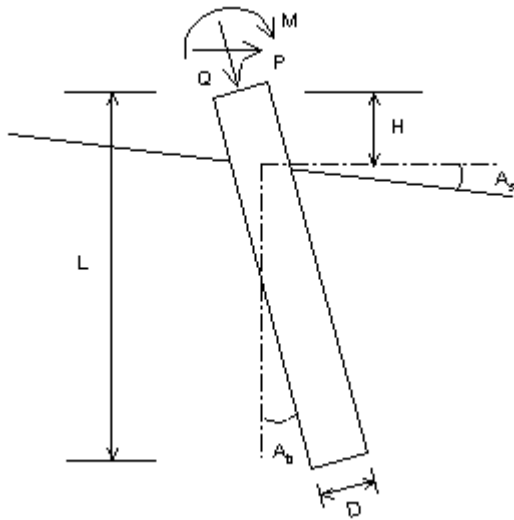


**CivilTech
Software**

Bore Pile Tipe 1
 Rencana Gedung Pondok Pesantren

LATERAL ANALYSIS

Figure 2



Drilled Pile (dia ≤ 24 in. or 61 cm)

Loads:

Load Factor for Vertical Loads= 1.0
Load Factor for Lateral Loads= 1.0
Loads Supported by Pile Cap= 0 %
Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 260.7 -kN
Shear Load, P= 16.6 -kN
Slope Restrain St= 0.00 -cm/-cm

Profile:

Pile Length, L= 5.1 -m
Top Height, H= 0.000 -m
Slope Angle, As= 0
Batter Angle, Ab= 0

Fixed Head Condition

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0	4.8	0.0	0.1	1.1	5.38	0
1	10.3	0.0	1.75	1.75	0.94	9
2	7.0	0.0	0.4	8.6	2.13	2
3	8.3	0.0	0.75	14.6	1.55	4
4	9.4	38.75	0.0	21.7	59.48	24
5	9.9	43.75	0.0	33.5	75.61	40
6	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MP	Weight -kN/m
0.0	50	1963.5	157.1	306796.2	20683	4.630
5.1	50	1963.5	157.1	306796.2	199938	15.032

Single Pile Lateral Analysis:

Top Deflection, yt= 0.47500-cm
Max. Moment, M= 52.20-kN-m
Top Deflection Slope, St= 0.00000
OK! Top Deflection, 0.4750-cm is less than the Allowable Deflection= 2.50-cm

Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 9999.

The Max. Moment calculated by program is an internal force from the applied load conditions. Structural engineer has to check whether the pile has enough capacity to resist the moment with adequate factor of safety. If not, the pile may fail under the load conditions.

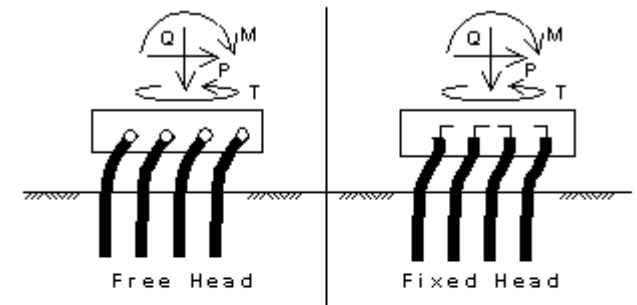


**CivilTech
Software**

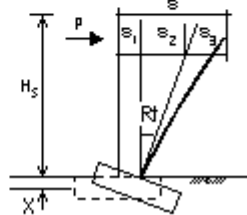
Bore Pile Tipe 1
Rencana Gedung Pondok Pesantren

VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



$s = s_1 + s_2 + s_3$
 s_1 = Lateral Movement by AllPile
 $s_2 = R_t \cdot H_s$, H_s = Height of Structure
 R_t = Rotation by AllPile
 s_3 = Deflection of Structure by
 Structural Engineer
 x = Vertical Settlement by AllPile



Drilled Pile (dia $\leq$ 24 in. or 61 cm)

Loads:

Load Factor for Vertical Loads = 1.0
 Load Factor for Lateral Loads = 1.0
 Loads Supported by Pile Cap = 0 %
 Shear Condition: Static

Vertical Load, $Q = 1437.6$ -kN
 Shear Load, $P = 18.6$ -kN
 Slope Restrain $St = 0.00$ -cm/-cm

Profile:

Pile Length, $L = 5.5$ -m
 Top Height, $H = 0.000$ -m
 Slope Angle, $As = 0$
 Batter Angle, $Ab = 0$

Group and Boundary Condition:

Fixed Head
 $S_x = 150$ -cm
 $S_y = 150$ -cm
 $N_x = 2$
 $N_y = 2$

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m ³	Phi	C -kN/m ²	K -MN/m ³	e50 or Dr %	Nspt
0	4.8	0.0	0.1	1.1	5.38	0
1	10.3	0.0	1.75	1.75	0.94	9
2	7.0	0.0	0.4	8.6	2.13	2
3	8.3	0.0	0.75	14.6	1.55	4
4	9.4	38.75	0.0	21.7	59.48	24
5	9.9	43.75	0.0	33.5	75.61	40
6	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60
7	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm ²	Per. -cm	I -cm ⁴	E -MP	Weight -kN/m
0.0	50	1963.5	157.1	306796.2	20683	4.630
5.5	50	1963.5	157.1	306796.2	199938	15.032

Group Vertical capacity:

Total Ultimate Capacity (Down) = 13915.960-kN Total Ultimate Capacity (Up) = 168.427-kN
 Total Allowable Capacity (Down) = 6957.980-kN Total Allowable Capacity (Up) = 113.977-kN
 OK! $Q_{allow} > Q$

Group Settlement Calculation:

At $X_{allow} = 2.50$ -cm $Q_{allow} = 10214.46$ -kN
 At $Q = 1437.56$ -kN Settlement = 0.25464-cm

Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 9999.

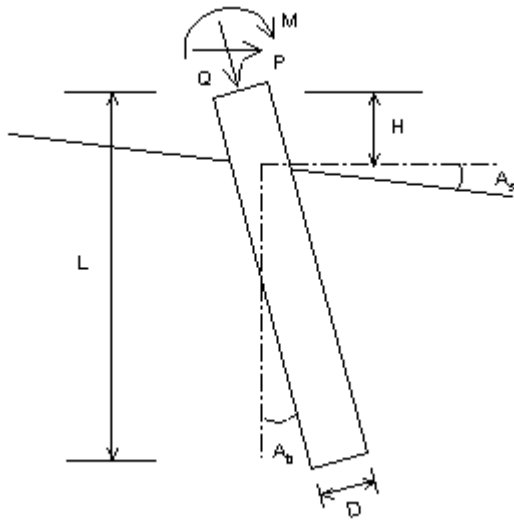


**CivilTech
Software**

Bore Pile Tipe 2
 Rencana Gedung Pondok Pesantren

LATERAL ANALYSIS

Figure 2



Drilled Pile (dia ≤ 24 in. or 61 cm)

Loads:

Load Factor for Vertical Loads= 1.0
Load Factor for Lateral Loads= 1.0
Loads Supported by Pile Cap= 0 %
Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 359.4 -kN
Shear Load, P= 18.6 -kN
Slope Restrain St= 0.00 -cm/-cm

Profile:

Pile Length, L= 5.5 -m
Top Height, H= 0.000 -m
Slope Angle, As= 0
Batter Angle, Ab= 0

Fixed Head Condition

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m ³	Phi	C -kN/m ²	K -MN/m ³	e50 or Dr %	Nspt
0	4.8	0.0	0.1	1.1	5.38	0
1	10.3	0.0	1.75	1.75	0.94	9
2	7.0	0.0	0.4	8.6	2.13	2
3	8.3	0.0	0.75	14.6	1.55	4
4	9.4	38.75	0.0	21.7	59.48	24
5	9.9	43.75	0.0	33.5	75.61	40
6	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm ²	Per. -cm	I -cm ⁴	E -MP	Weight -kN/m
0.0	50	1963.5	157.1	306796.2	20683	4.630
5.5	50	1963.5	157.1	306796.2	199938	15.032

Single Pile Lateral Analysis:

Top Deflection, yt= 0.44500-cm
Max. Moment, M= 52.20-kN-m
Top Deflection Slope, St= 0.00000
OK! Top Deflection, 0.4450-cm is less than the Allowable Deflection= 2.50-cm

Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 9999.

The Max. Moment calculated by program is an internal force from the applied load conditions. Structural engineer has to check whether the pile has enough capacity to resist the moment with adequate factor of safety. If not, the pile may fail under the load conditions.

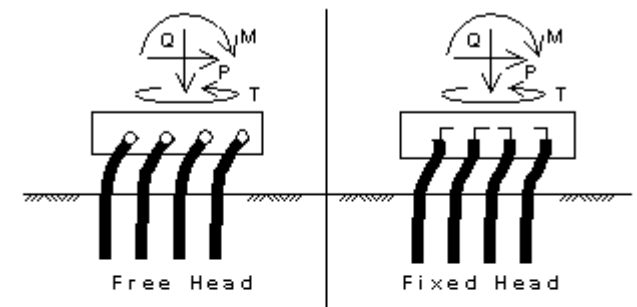


**CivilTech
Software**

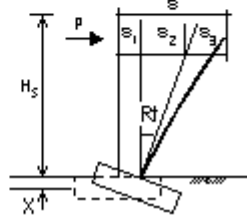
Bore Pile Tipe 2
Rencana Gedung Pondok Pesantren

VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



$s = s_1 + s_2 + s_3$
 s_1 = Lateral Movement by AllPile
 $s_2 = R_t \cdot H_s$, H_s = Height of Structure
 R_t = Rotation by AllPile
 s_3 = Deflection of Structure by
 Structural Engineer
 x = Vertical Settlement by AllPile



Drilled Pile (dia ≤ 24 in. or 61 cm)

Loads:

Load Factor for Vertical Loads = 1.0
 Load Factor for Lateral Loads = 1.0
 Loads Supported by Pile Cap = 0 %
 Shear Condition: Static

Vertical Load, $Q = 1792.5$ -kN
 Shear Load, $P = 18.6$ -kN
 Slope Restrain $St = 0.00$ -cm/-cm

Profile:

Pile Length, $L = 6.0$ -m
 Top Height, $H = 0.000$ -m
 Slope Angle, $As = 0$
 Batter Angle, $Ab = 0$

Group and Boundary Condition:

Fixed Head
 $S_x = 150$ -cm
 $S_y = 150$ -cm
 $N_x = 2$
 $N_y = 2$

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m ³	Phi	C -kN/m ²	K -MN/m ³	e50 or Dr %	Nspt
0	4.8	0.0	0.1	1.1	5.38	0
1	10.3	0.0	1.75	1.75	0.94	9
2	7.0	0.0	0.4	8.6	2.13	2
3	8.3	0.0	0.75	14.6	1.55	4
4	9.4	38.75	0.0	21.7	59.48	24
5	9.9	43.75	0.0	33.5	75.61	40
6	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60
7	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm ²	Per. -cm	I -cm ⁴	E -MP	Weight -kN/m
0.0	50	1963.5	157.1	306796.2	20683	4.630
6.0	50	1963.5	157.1	303728.2	199938	15.032

Group Vertical capacity:

Total Ultimate Capacity (Down) = 16916.711-kN Total Ultimate Capacity (Up) = 215.099-kN
 Total Allowable Capacity (Down) = 8458.355-kN Total Allowable Capacity (Up) = 140.019-kN
 OK! $Q_{allow} > Q$

Group Settlement Calculation:

At $X_{allow} = 2.50$ -cm $Q_{allow} = 11907.15$ -kN
 At $Q = 1792.52$ -kN Settlement = 0.28187-cm

Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 9999.

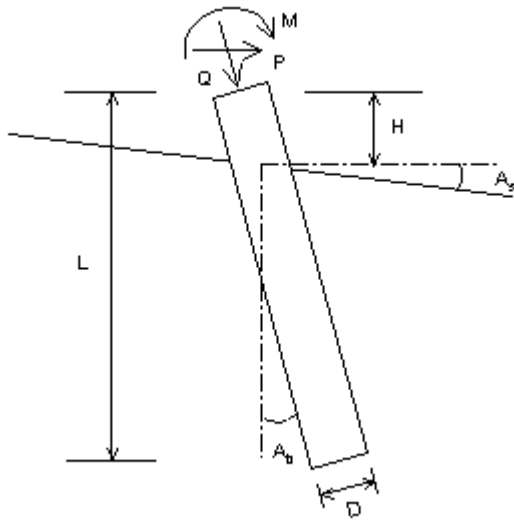


**CivilTech
Software**

Bore Pile Tipe 3
 Rencana Gedung Pondok Pesantren

LATERAL ANALYSIS

Figure 2



Drilled Pile (dia ≤ 24 in. or 61 cm)

Loads:

Load Factor for Vertical Loads= 1.0
Load Factor for Lateral Loads= 1.0
Loads Supported by Pile Cap= 0 %
Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 448.1 -kN
Shear Load, P= 45.9 -kN
Slope Restrain St= 0.00 -cm/-cm

Profile:

Pile Length, L= 6.0 -m
Top Height, H= 0.000 -m
Slope Angle, As= 0
Batter Angle, Ab= 0

Fixed Head Condition

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m ³	Phi	C -kN/m ²	K -MN/m ³	e50 or Dr %	Nspt
0	4.8	0.0	0.1	1.1	5.38	0
1	10.3	0.0	1.75	1.75	0.94	9
2	7.0	0.0	0.4	8.6	2.13	2
3	8.3	0.0	0.75	14.6	1.55	4
4	9.4	38.75	0.0	21.7	59.48	24
5	9.9	43.75	0.0	33.5	75.61	40
6	11.7	48.125	0.0	53.5	95.94	60

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm ²	Per. -cm	I -cm ⁴	E -MP	Weight -kN/m
0.0	50	1963.5	157.1	306796.2	20683	4.630
6.0	50	1963.5	157.1	303728.2	199938	15.032

Single Pile Lateral Analysis:

Top Deflection, yt= 1.03000-cm
Max. Moment, M= 125.00-kN-m
Top Deflection Slope, St= 0.00000
OK! Top Deflection, 1.0300-cm is less than the Allowable Deflection= 2.50-cm

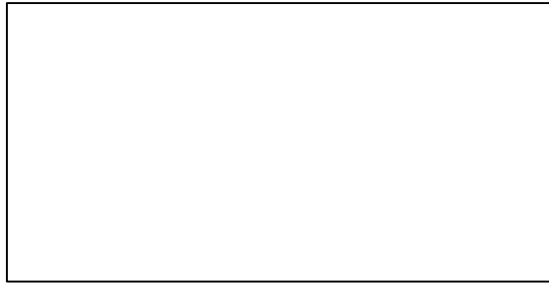
Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 9999.

The Max. Moment calculated by program is an internal force from the applied load conditions. Structural engineer has to check whether the pile has enough capacity to resist the moment with adequate factor of safety. If not, the pile may fail under the load conditions.



**CivilTech
Software**

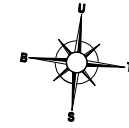
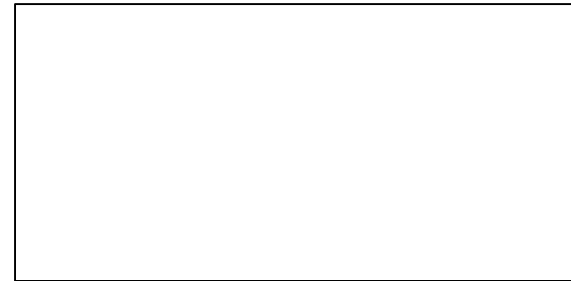
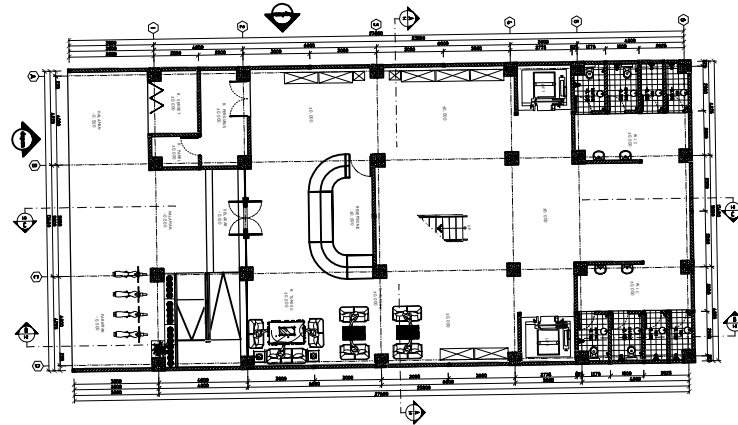
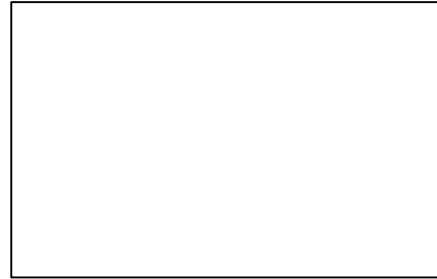
Bore Pile Tipe 3
Rencana Gedung Pondok Pesantren



ARS SITEPLAN TERBANGUN
A-03 skala 1 : 300

JL. MOH YAMIN

JL. JALAK RAYA



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

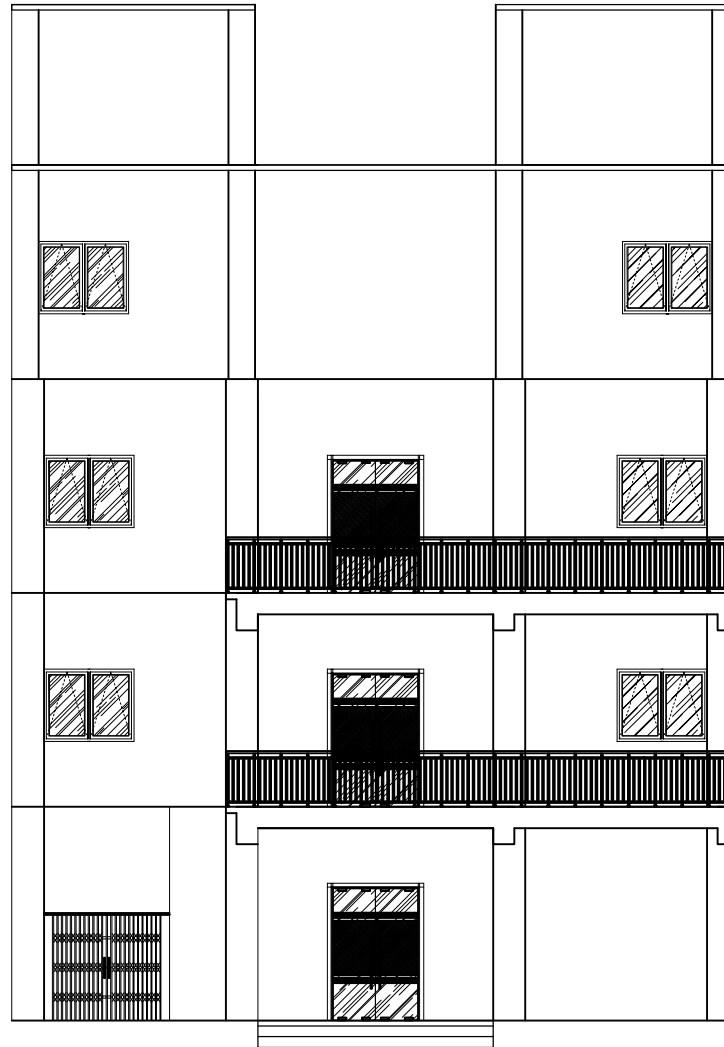
TENAROHY
ARYANARMA W, S.ST, MENG
NIDN. 060709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



ARS TAMPAK DEPAN
A-03 skala 1:100



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYARAHMA W., S.ST., MENG
NIDN. 061709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUNY SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, S.P., S.T., M.T.
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYARAHMA W. S.S.T., M.ENG
NIDN. 061709403

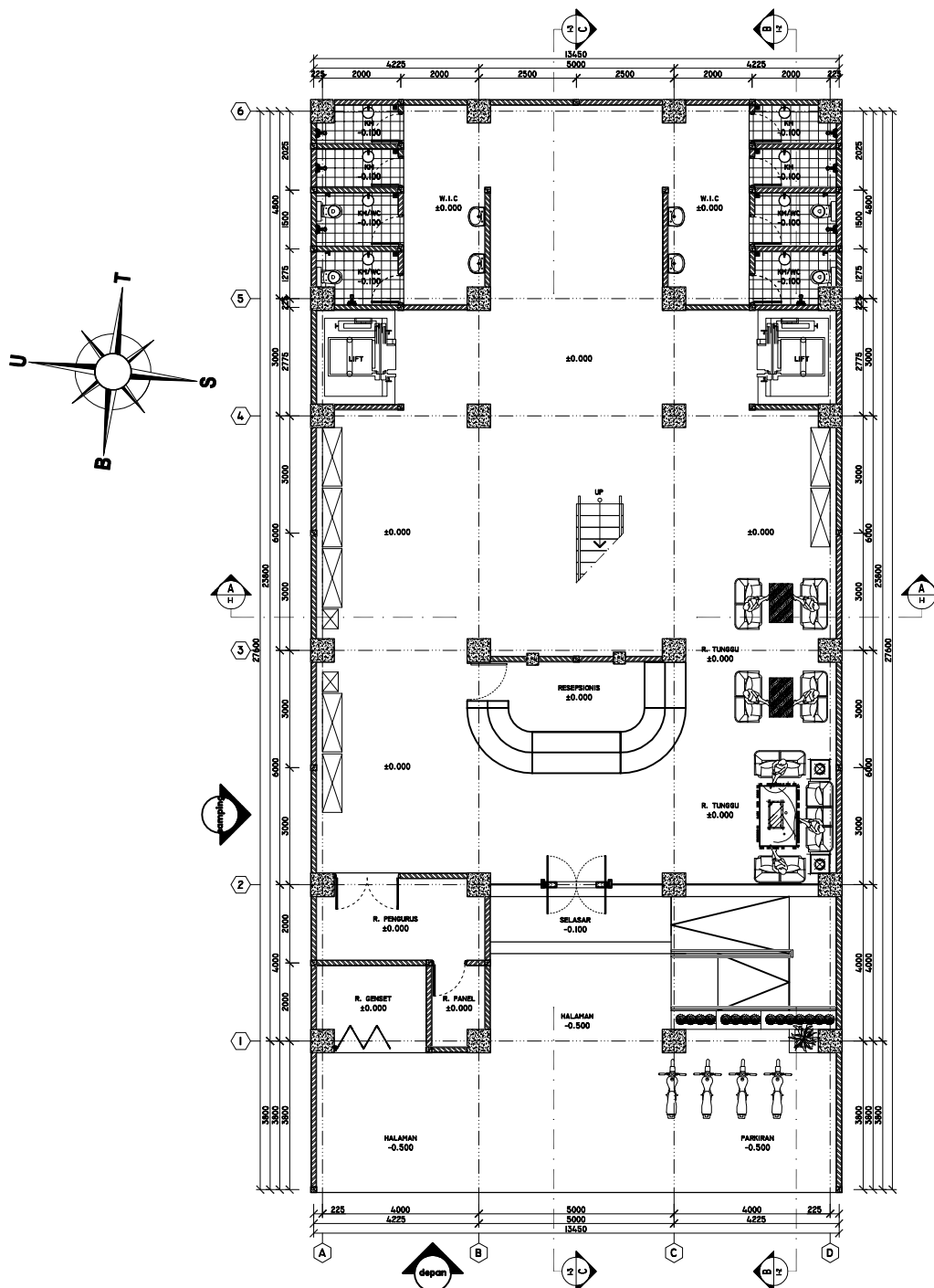
DISUNY OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :

ARS TAMPK SAMPING
A-03 skala 1 : 100



ARS DENAH RENCANA ELV. ±0.000
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604094203

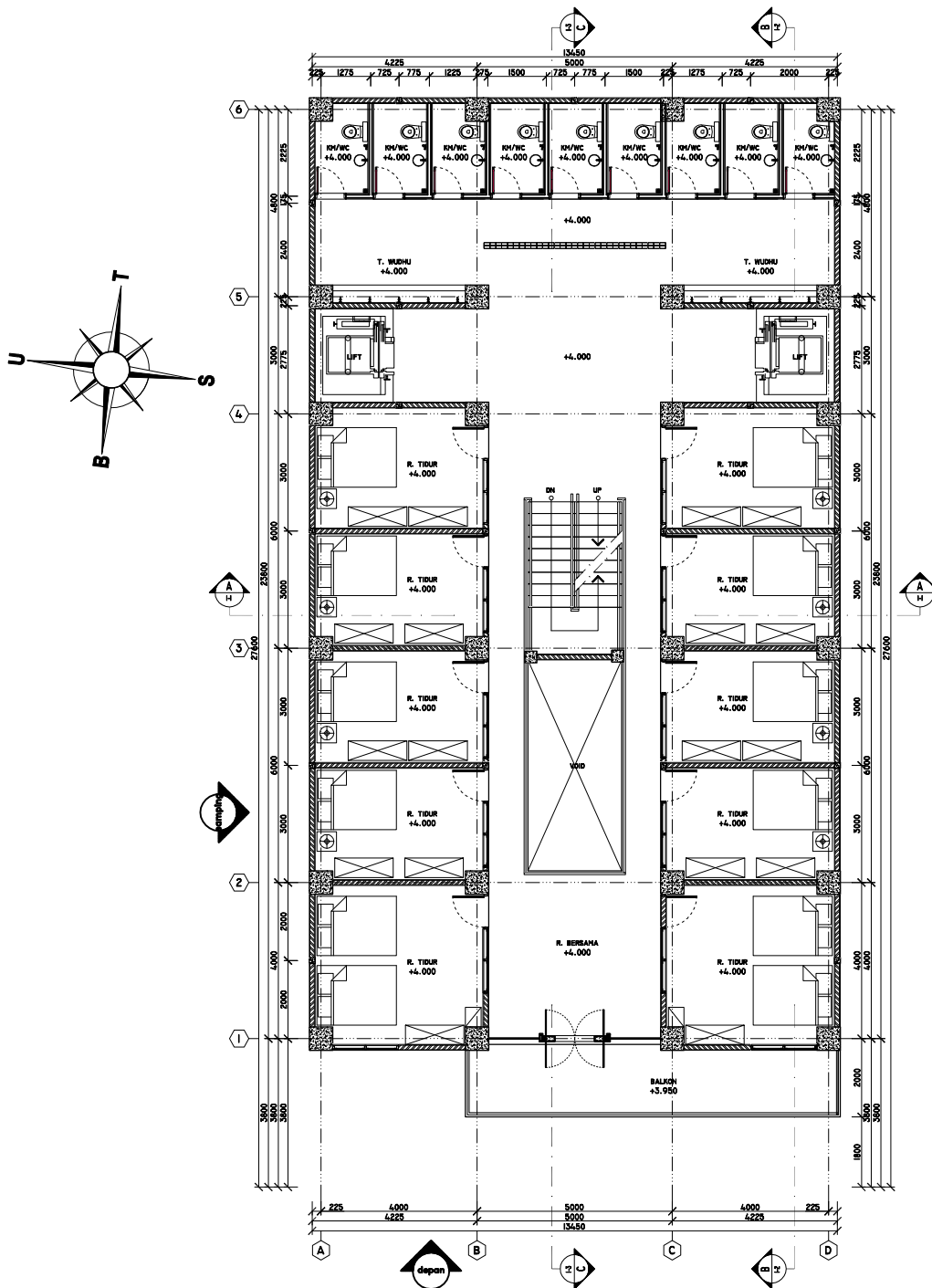
TENAROHY
ARYANAMA W, SST, MENG
NIDN. 0607094203

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



ARS DENAH RENCANA ELV. ± 4.000
A-03 skala 1:125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

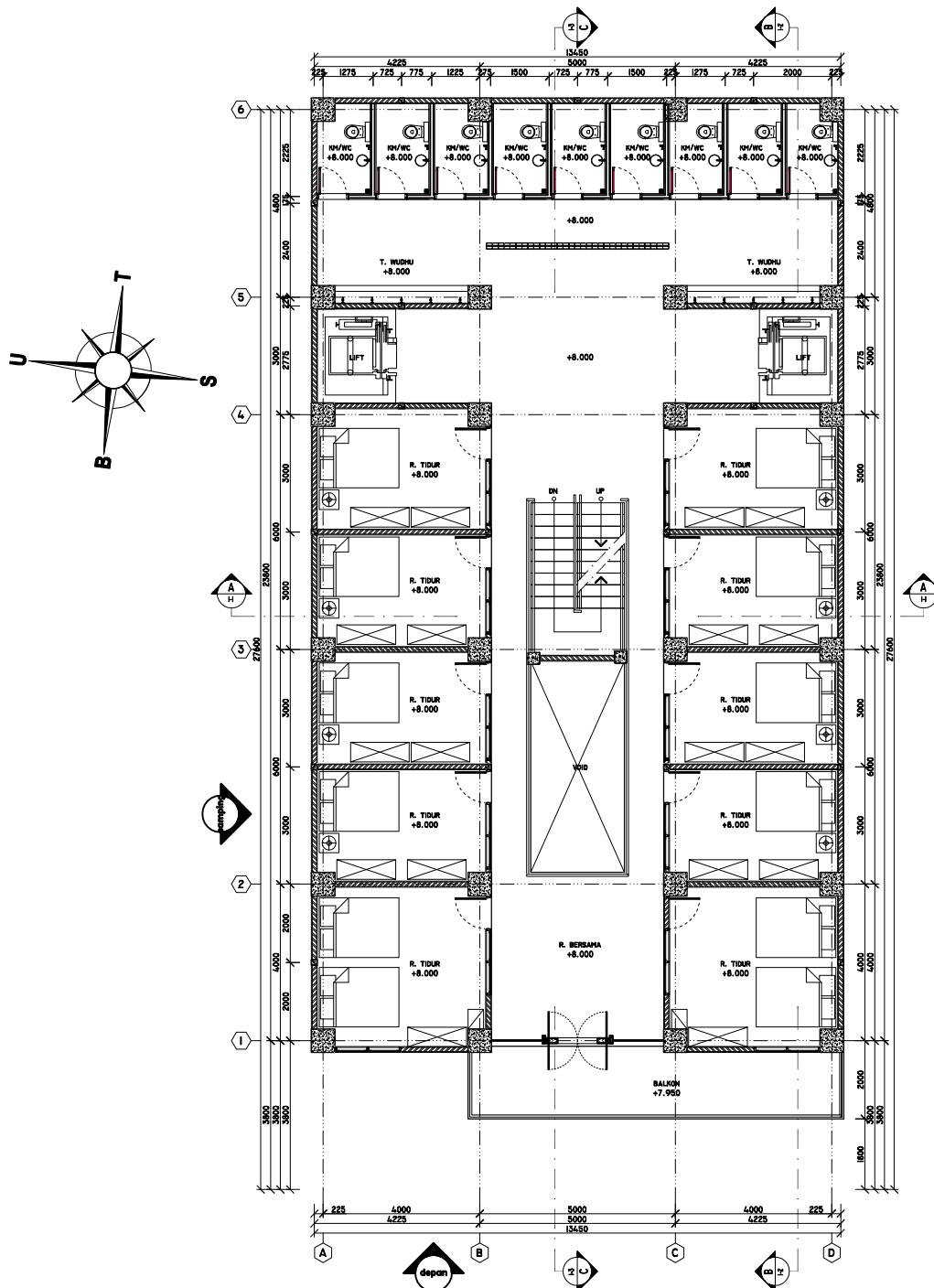
TENAROHY
ARYANAMA W, S, ST, MENG
NIDN. 060709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



ARS
A-03

DENAH RENCANA ELV. ±8.000
skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYARAHMA W, SST, MENG
NIDN. 060709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING I

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO. SP.,ST.MT.
NDN. 0604089203

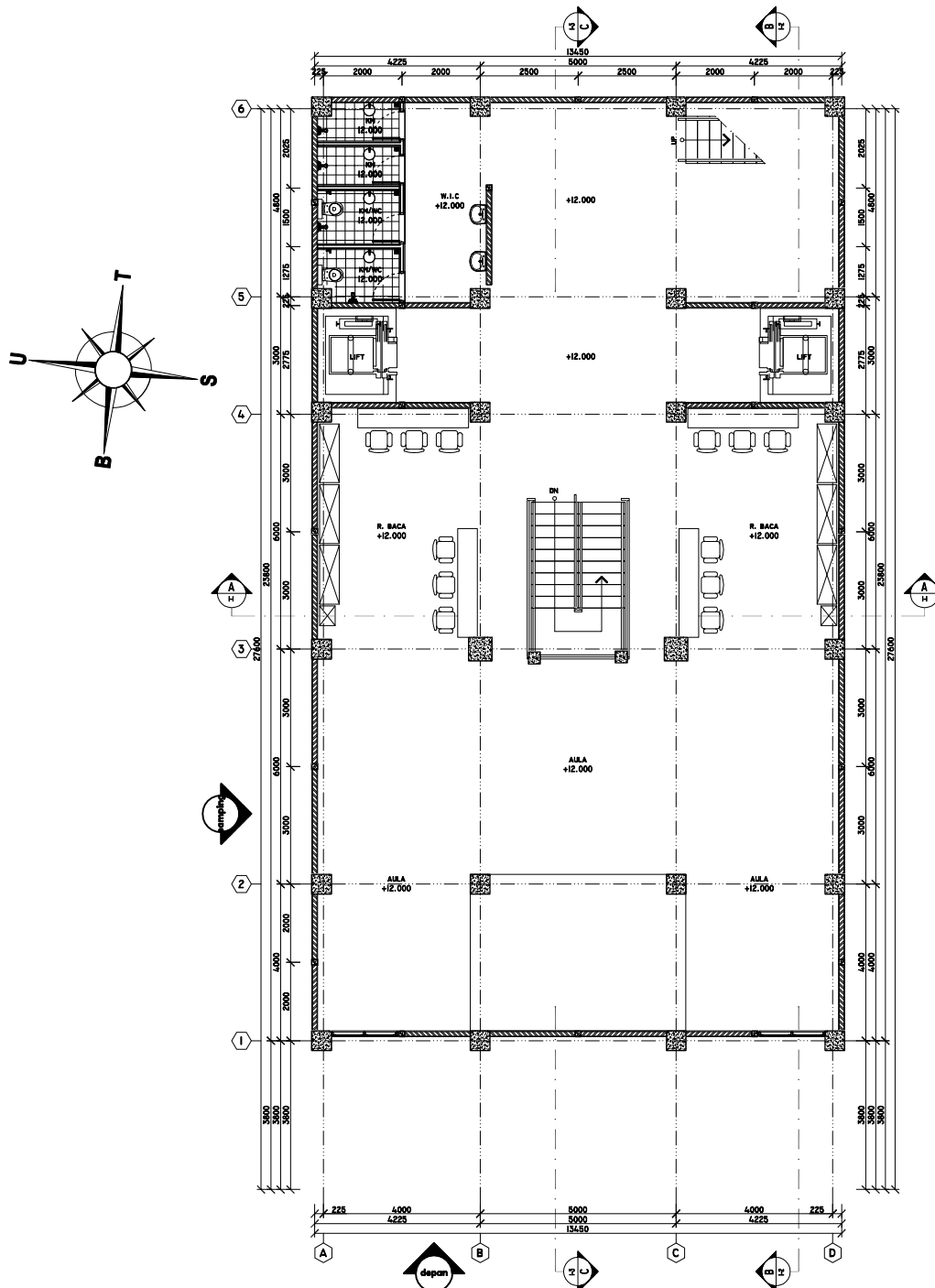
TENARDHY
RYARAMA W. S.S.T, M.Eng
NIDN. 0617019403

DISUSUN OLEH :

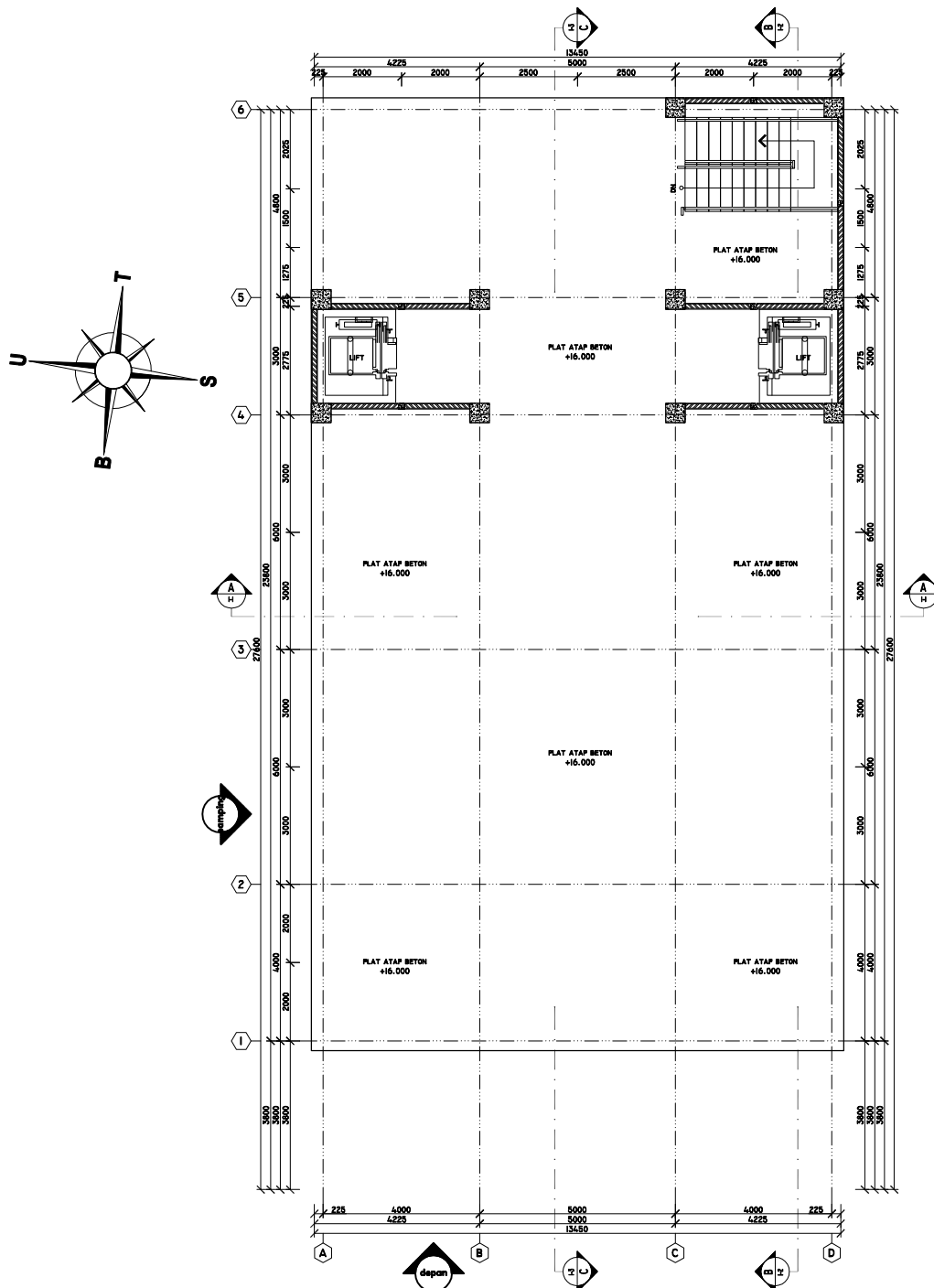
LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



ARS **DENAH RENCANA ELV. ±12.000**
A-03 s k a l a 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYANAMA W, SST, MENG
NIDN. 0607094203

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

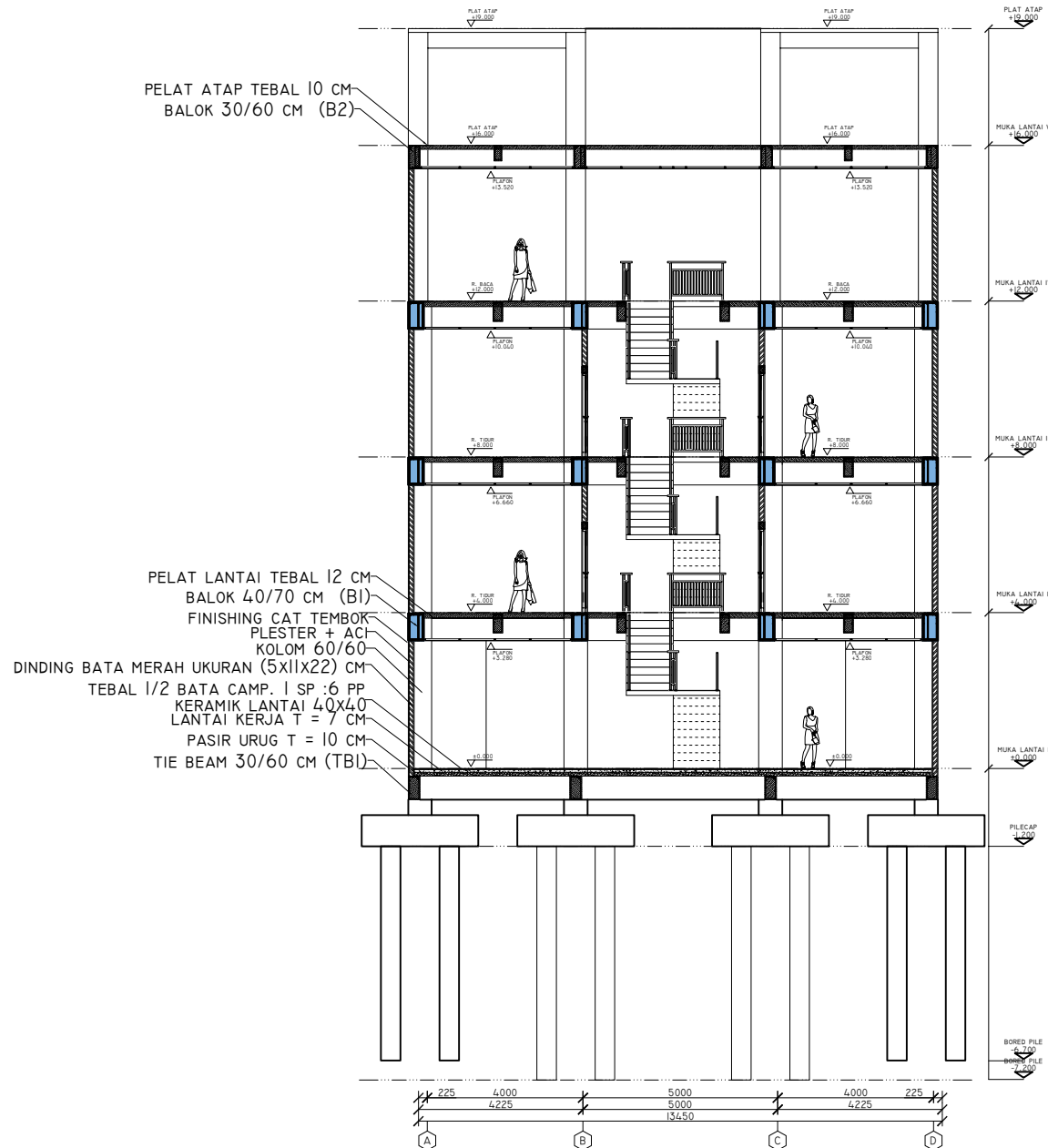
DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1	PEMBIMBING 2
IR. AGUNG HARI WIBOWO, SP., ST., MT. NIDN. 0604089203	TENAROHY ARYANAMA W., S.ST., MENG. NIDN. 060709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K. 21.21.0012	DINI ANJANI 21.21.0021
------------------------------------	---------------------------

JUDUL GAMBAR :



ARS POTONGAN RENCANA A - A
A-03 skala 1:125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SP., ST., MT.
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYANAMA W., S.ST., MENG.
NIDN. 060709403

DISUSUN OLEH :

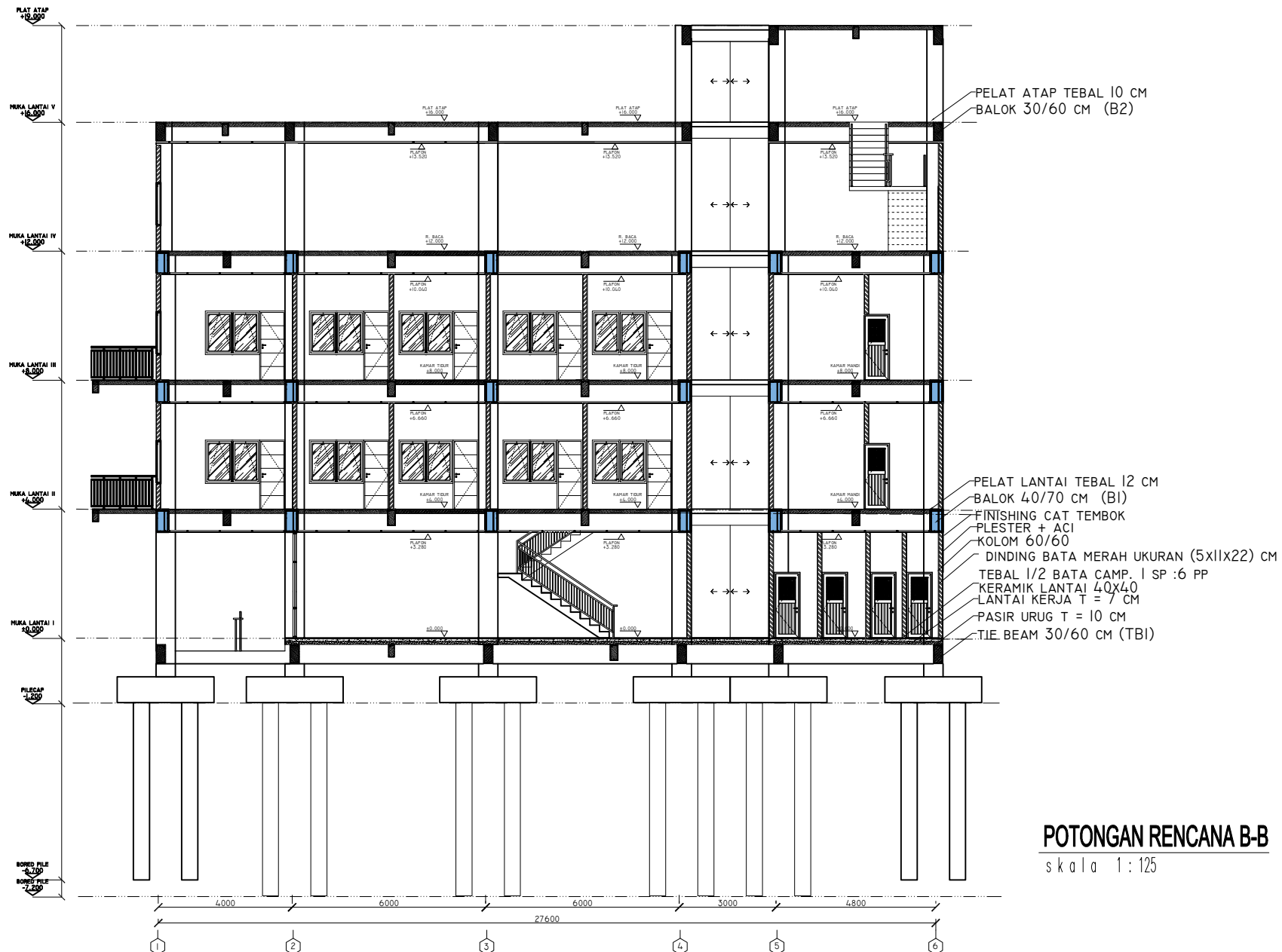
LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :

POTONGAN RENCANA B-B

skala 1:125





UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUNYUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, S.P., S.T., M.T.
NIDN. 0604089203

PEMBIMBING 2

TENAROHY
ARYANAMA W. S.S.T., M.ENG
NIDN. 060709403

DISUNYUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

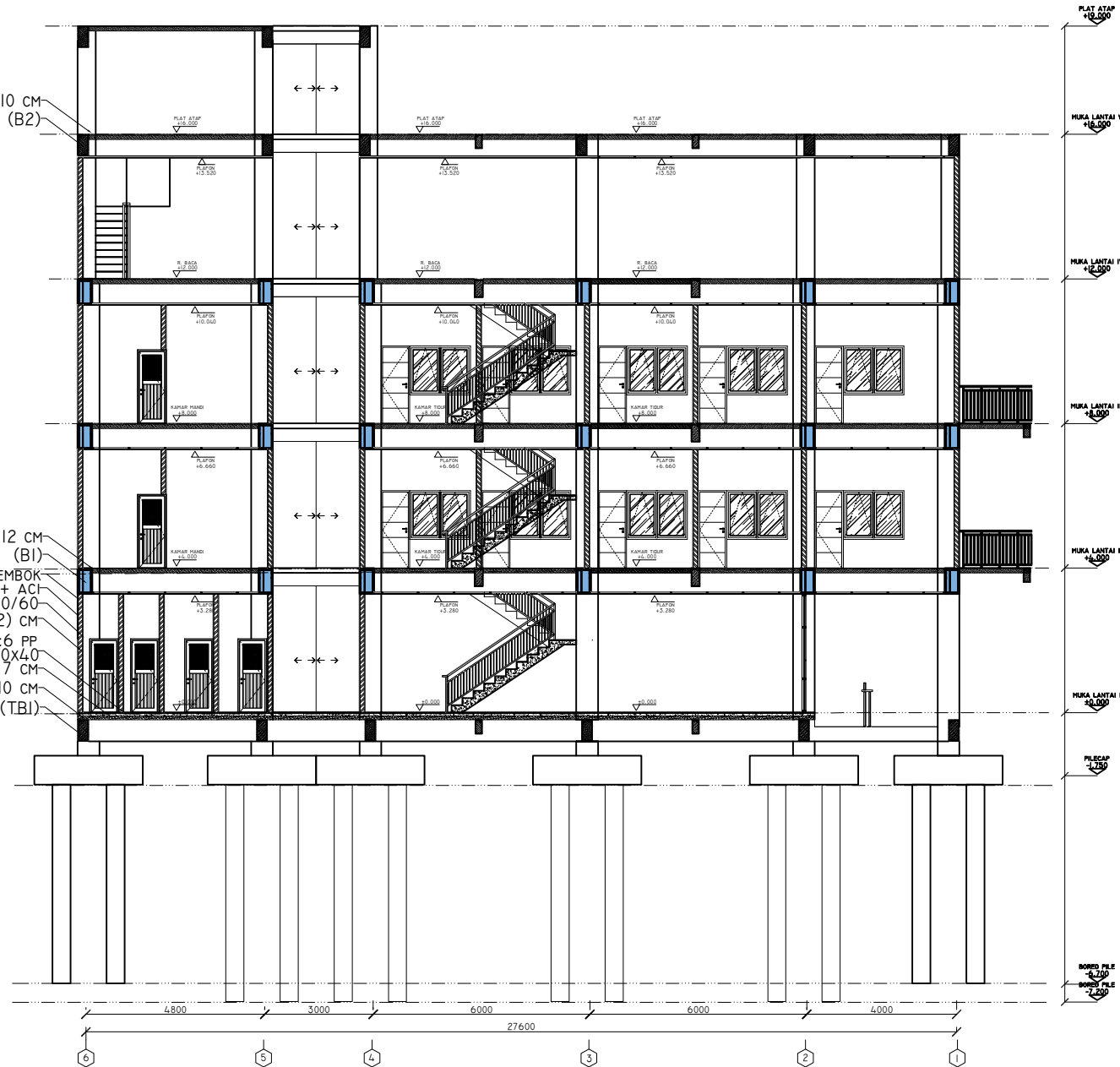
JUDUL GAMBAR :

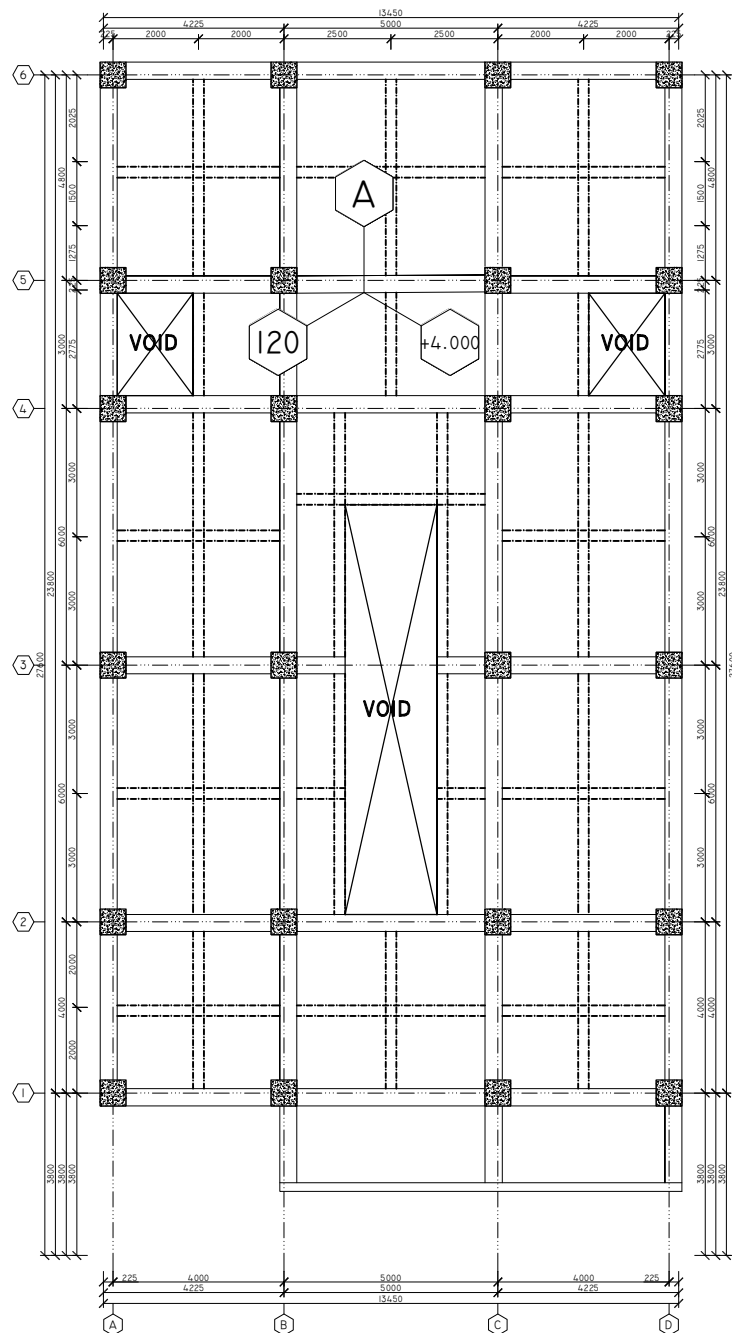
PELAT ATAP TEBAL 10 CM
BALOK 30/60 CM (B2)

PELAT LANTAI TEBAL 12 CM
BALOK 40/70 CM (B1)
FINISHING CAT TEMBOK
PLESTER + ACI
KOLOM 60/60
DINDING BATA MERAH UKURAN (5x11x22) CM
TEBAL 1/2 BATA CAMP. 1 SP : 6 PP
KERAMIK LANTAI 40x40
LANTAI KERJA T = 7 CM
PASIR URUG T = 10 CM
TIE BEAM 30/60 CM (TBI)

POTONGAN RENCANA C-C

skala 1:125





ARS DENAH PELAT ELV. +4.000
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

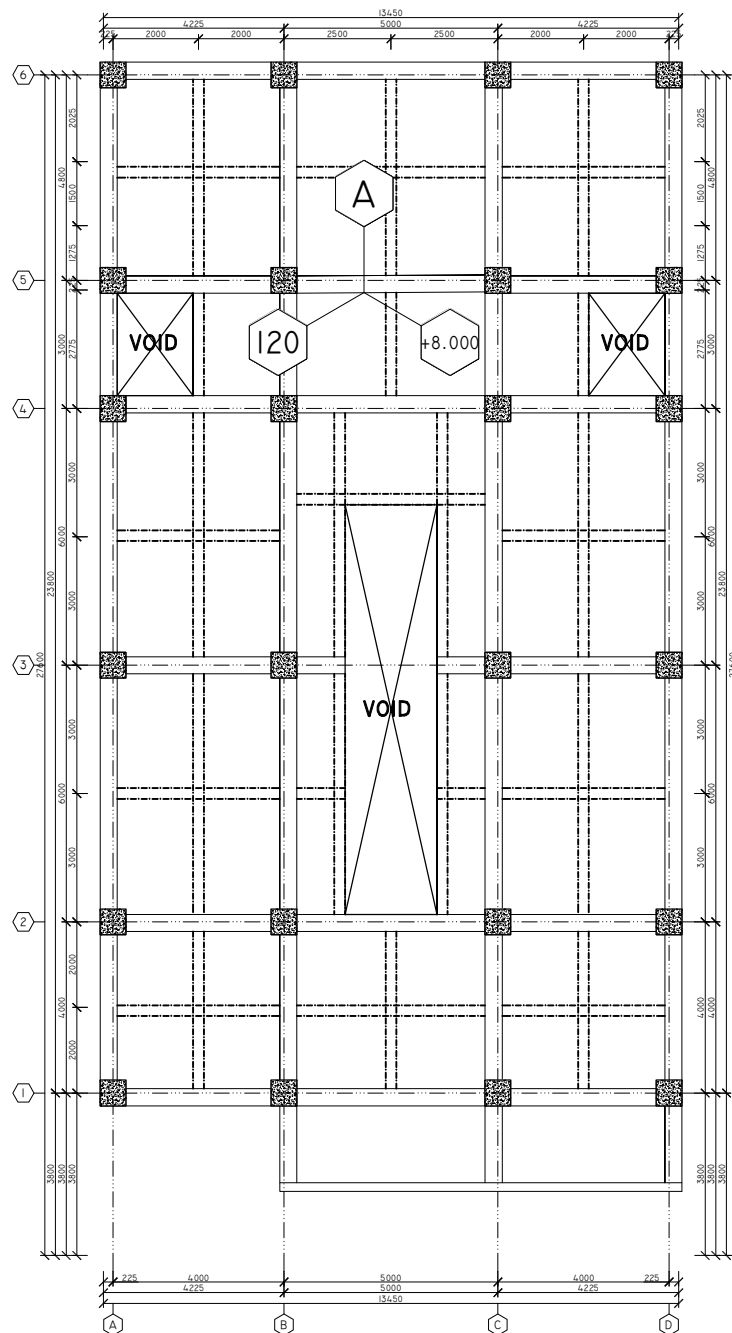
TENAROHY
ARYARAHMA W, SST, MENG
NIDN. 06709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



ARS DENAH PELAT ELV. +8.000
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

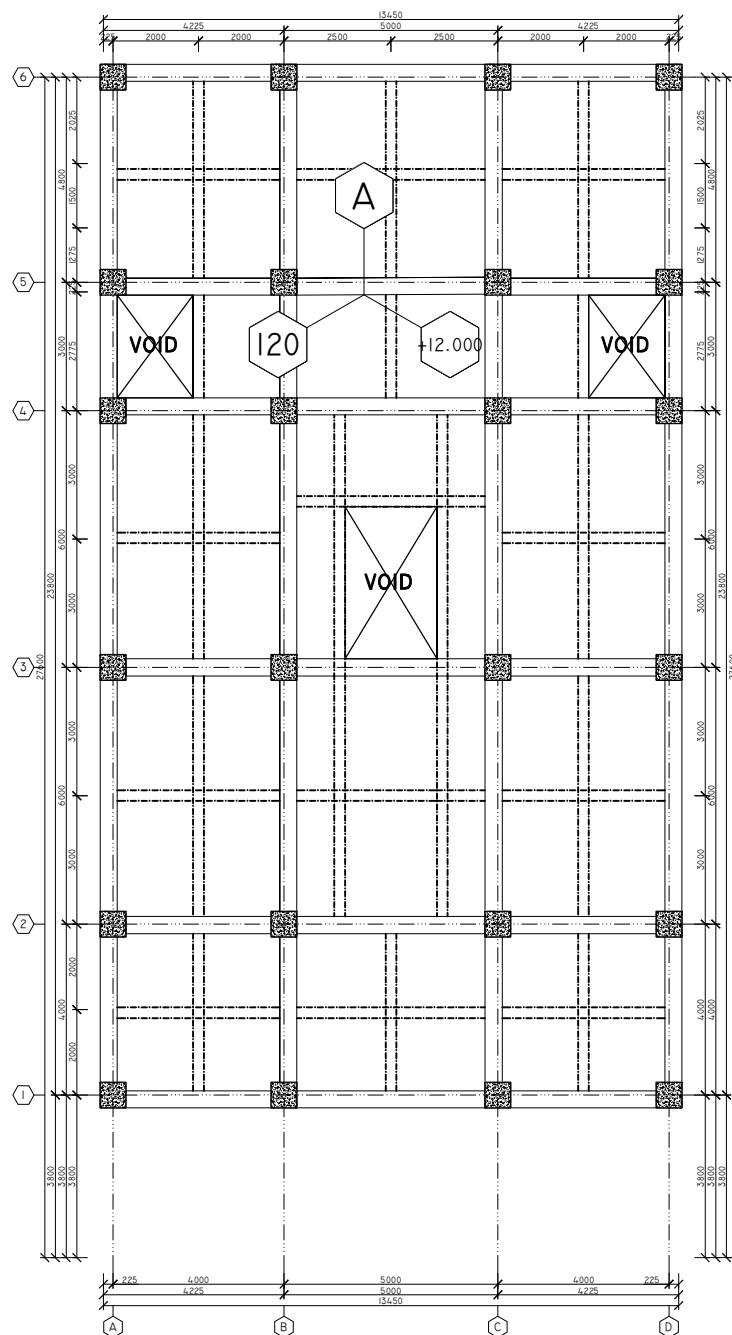
TENAROHY
ARYARAHMA W, SST, MENG
NIDN. 061709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



ARS **DENAH PELAT ELV. +12.000**
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

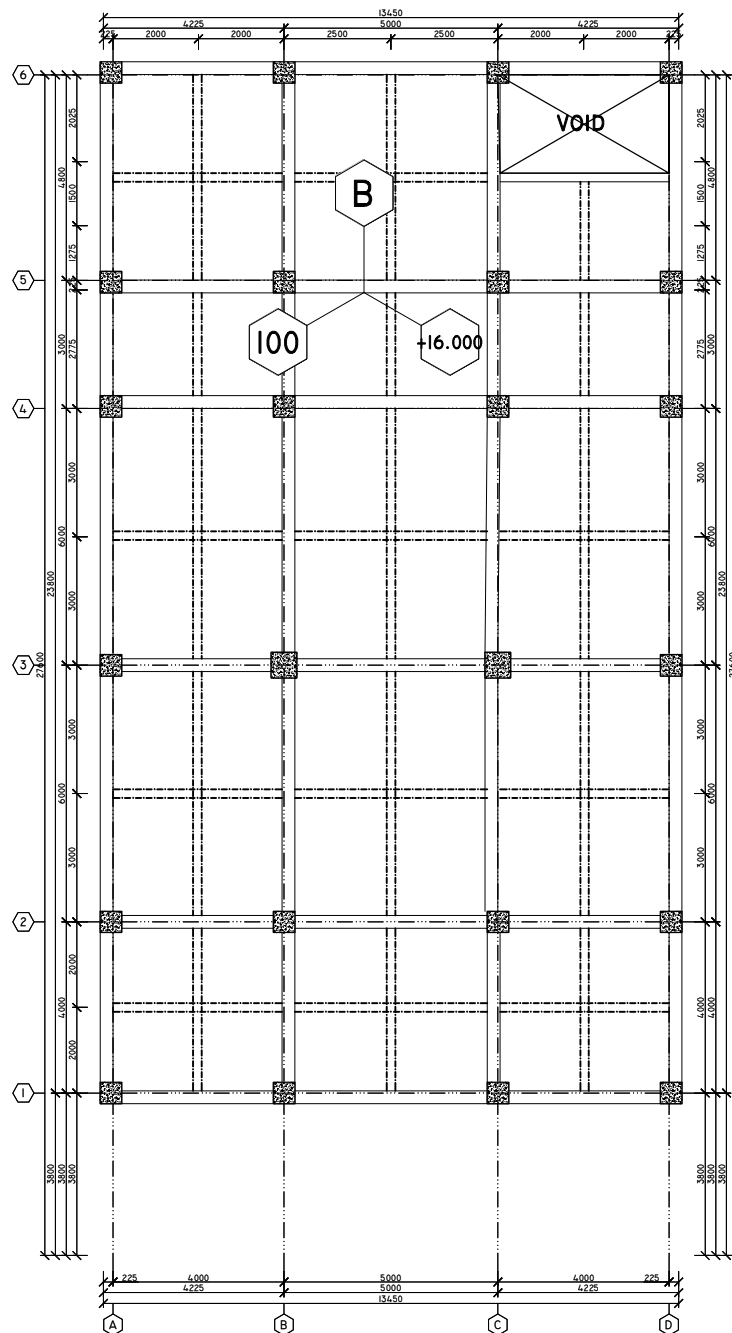
TENAROHY
ARYANAMA W, S, ST, MENG
NIDN. 06709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



ARS
A-03

DENAH PELAT ATAP ELV +16.000
skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

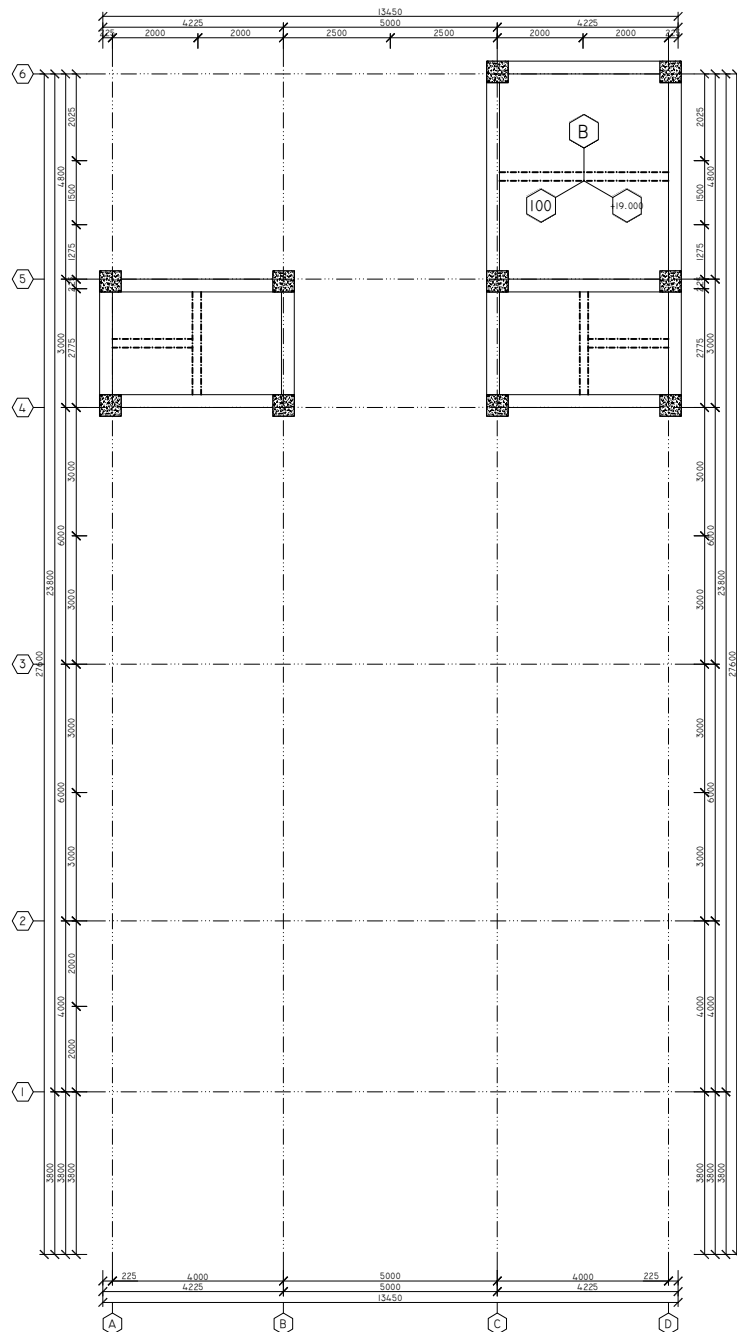
TENAROHY
ARYARAHMA W, S, ST, MENG
NIDN. 061709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



ARS
A-03

DENAH PELAT ATAP ELV. + 19.000
skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYANAMA W., S.ST., MENG.
NIDN. 06709423

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

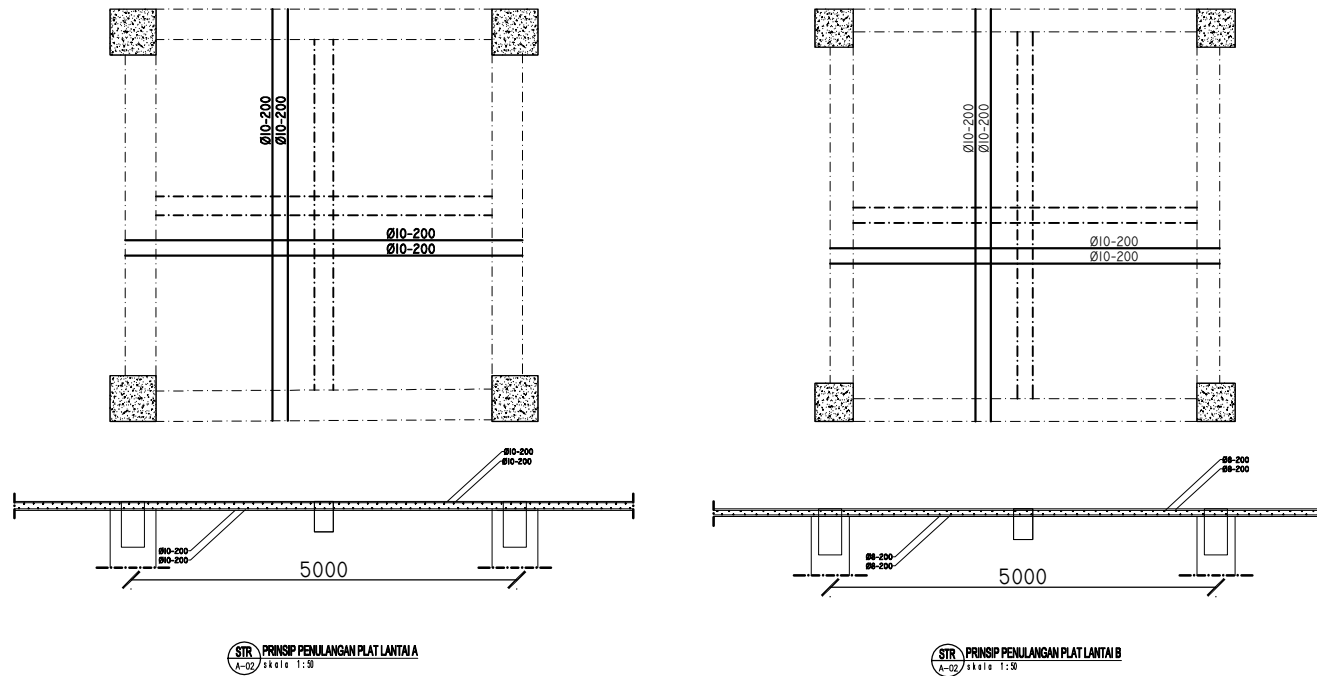
TENAROHY
ARYARAHMA W, S.ST, MENG
NIDN. 060709403

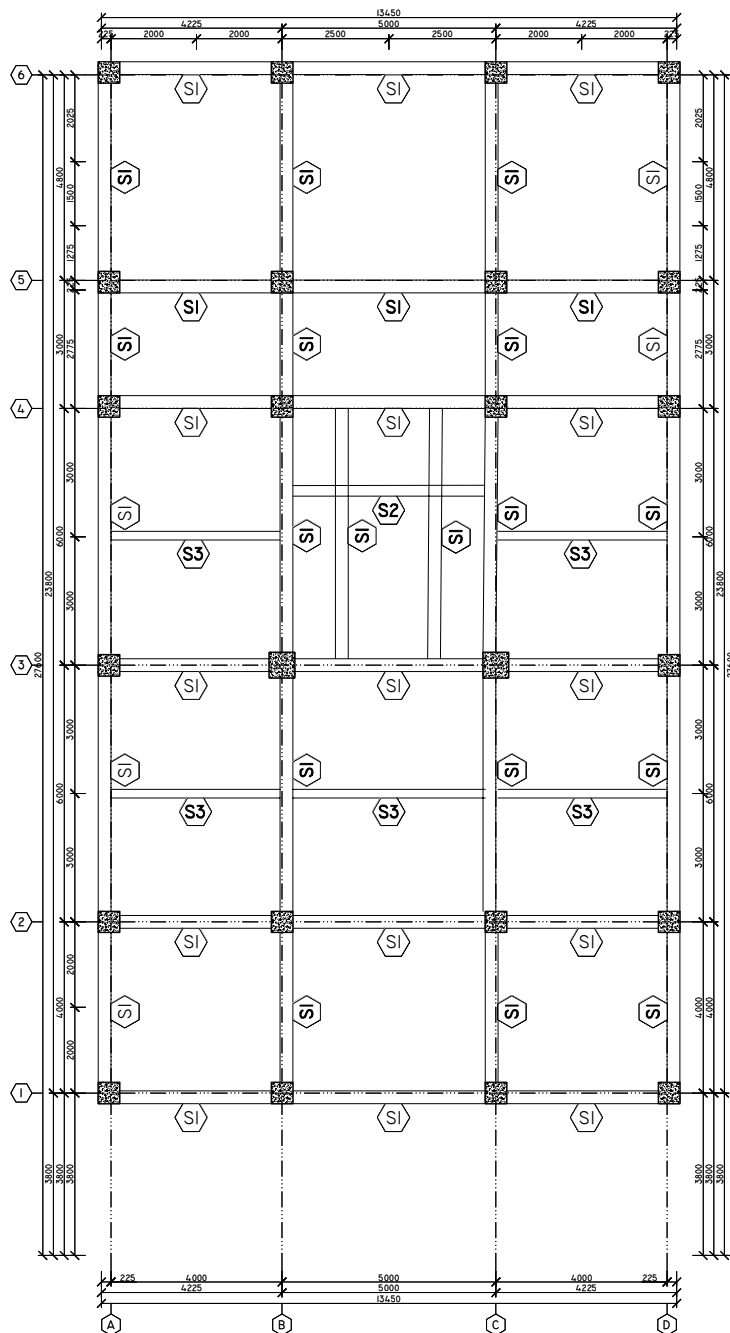
DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.,
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :





KETERANGAN

S1 SLOOF 30 x 60 CM

S2 SLOOF 25 x 50 CM

S3 SLOOF 20 x 40 CM

ARS DENAH SLOOF
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, S.P., ST., MT.
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYARAHMA W., S.ST., MENG.
NIDN. 061709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, S.P., ST., MT.
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYARAHMA W., S.ST., MENG.
NIDN. 061709403

DISUSUN OLEH :

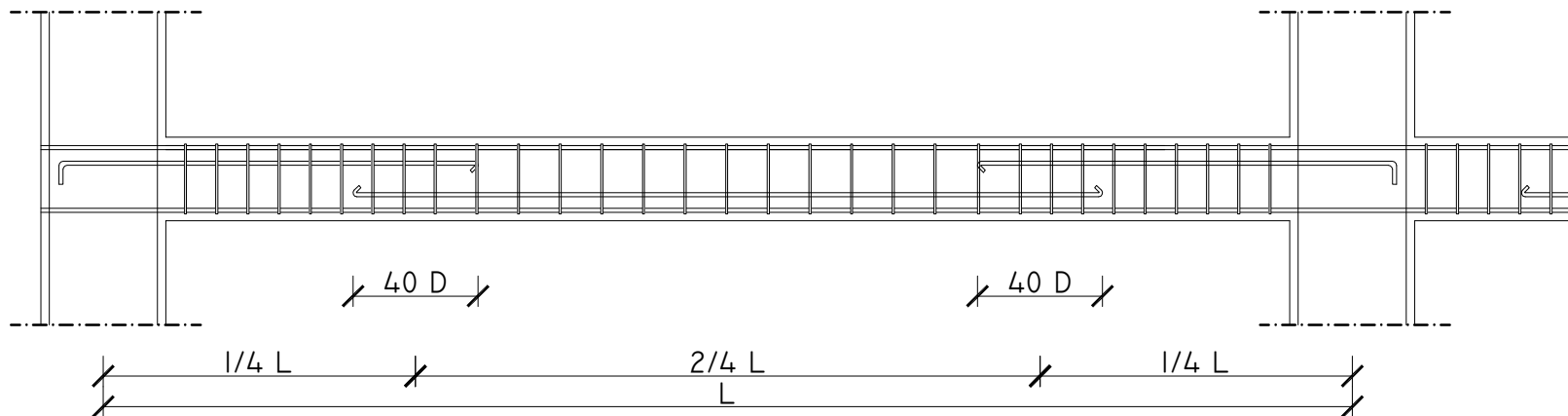
LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

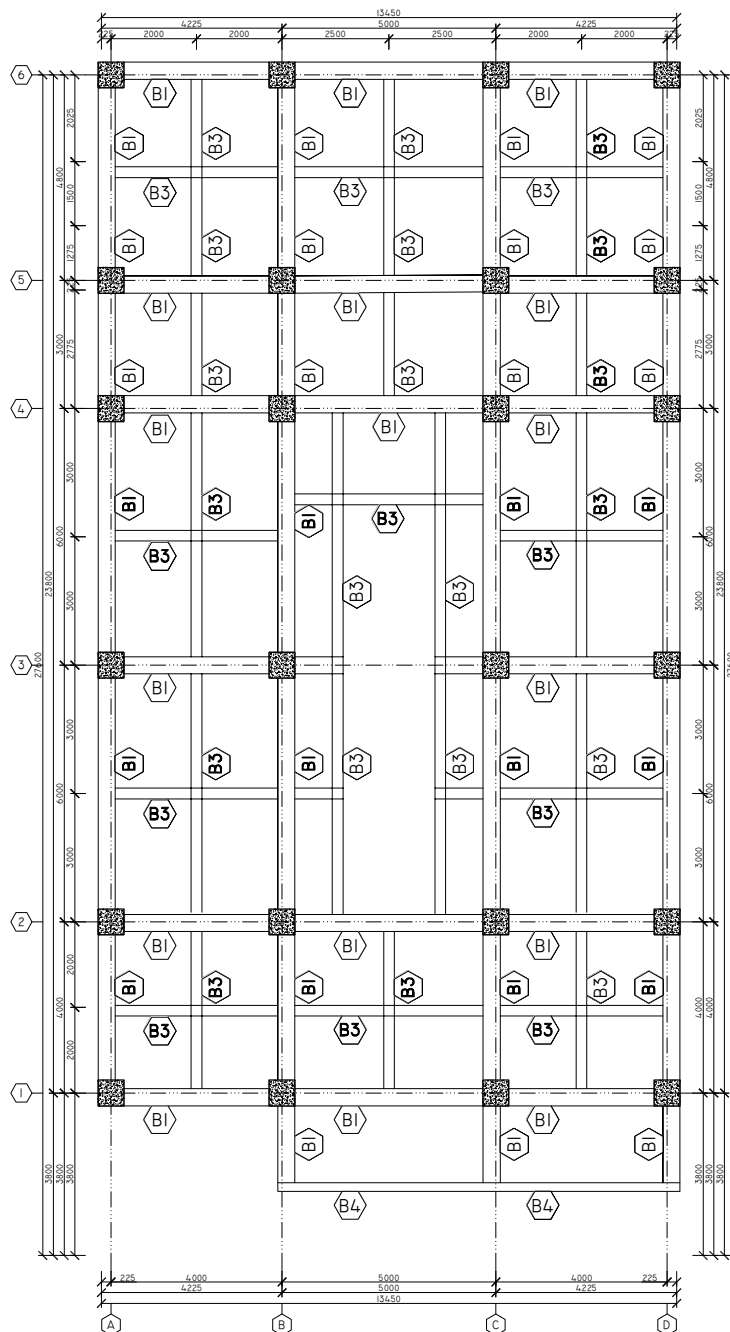
JUDUL GAMBAR :

NOTASI	B1		B2		B3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	30 X 60 CM	30 X 60 CM	25 X 50 CM	25 X 50 CM	20 X 40 CM	20 X 40 CM
TULANGAN ATAS	6D19	4D19	4D16	3D16	2D16	2D16
TULANGAN BAWAH	4D19	6D19	3D16	4D16	2D16	2D16
TULANGAN GESER	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100	Ø10-150
MUTU BETON	25 MPA	25 MPA	25 MPA	25 MPA	25 MPA	25 MPA
SELIMUT BETON	2 CM	2 CM	2 CM	2 CM	2 CM	2 CM

STR DETAIL PENULANGAN SLOOF
B-01 skala 1:25



STR DETAIL PRINSIP PENULANGAN SLOOF
B-01 skala 1:25



KETERANGAN

B1 BALOK 40 x 70 CM

B3 BALOK 25 x 50 CM

B4 BALOK 20 x 40 CM

ARS DENAH BALOK ELV. +4.000
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

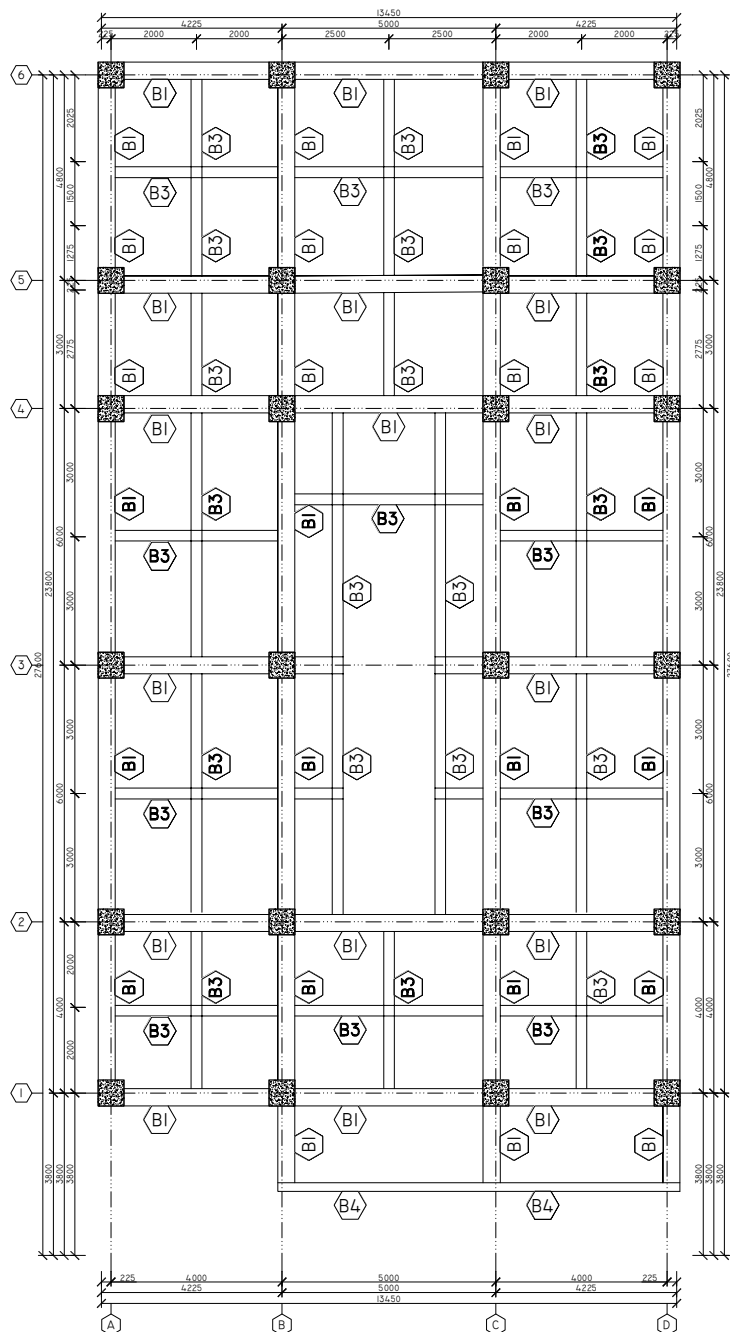
TENAROHY
ARYARAHMA W, SST, MENG
NIDN. 061709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.,
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



KETERANGAN

B1 BALOK 40 x 70 CM

B3 BALOK 25 x 50 CM

B4 BALOK 20 x 40 CM

ARS DENAH BALOK ELV. +8.000
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SP., ST., MT.
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYARAHMA W., ST., MENG.
NIDN. 061709403

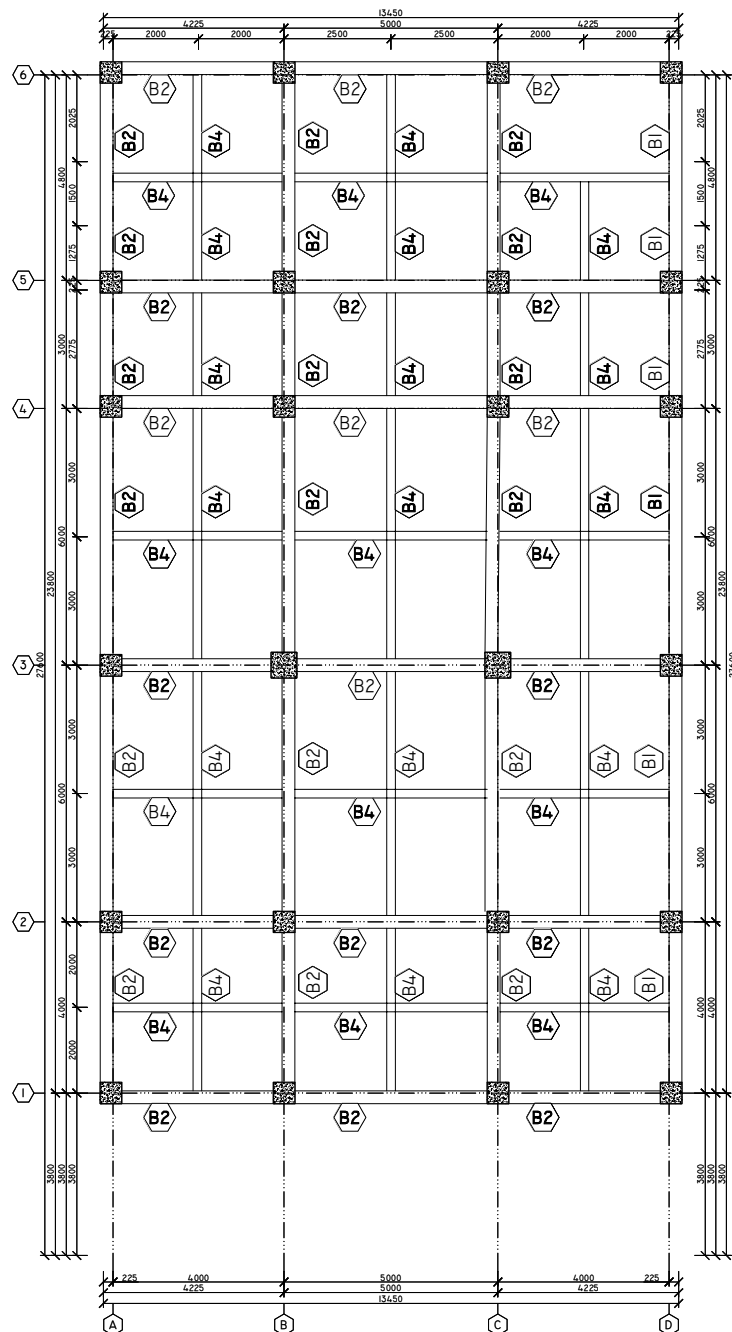
DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :

JUDUL GAMBAR :



KETERANGAN

B2 BALOK 30 x 60 CM

B4 BALOK 20 x 40 CM

ARS DENAH BALOK ELV. + 16.000
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYARAHMA W, S, ST, MENG
NIDN. 061709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.,
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :

JUDUL GAMBAR :



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, S.P., S.T., M.T.
NIDN. 0604089203

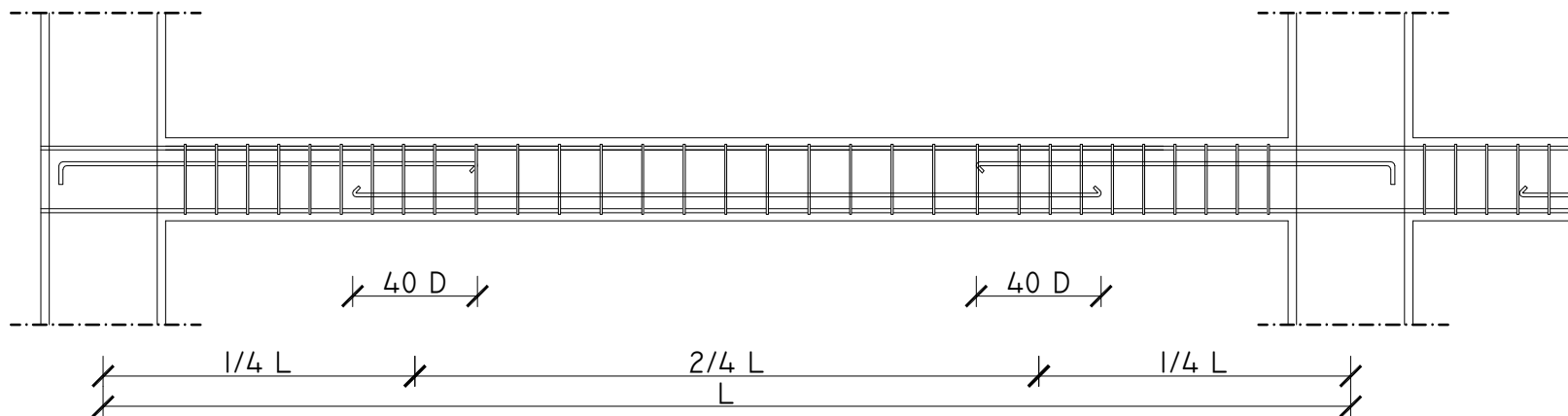
TENAROHY
ARYARAHMA W., S.ST., MENG
NIDN. 061019403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



STR **DETAIL PRINSIP PENULANGAN BALOK**
B-01 skala 1:25



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, S.P., ST., MT.
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYANAMA W., S.ST., MENG.
NIDN. 06109403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

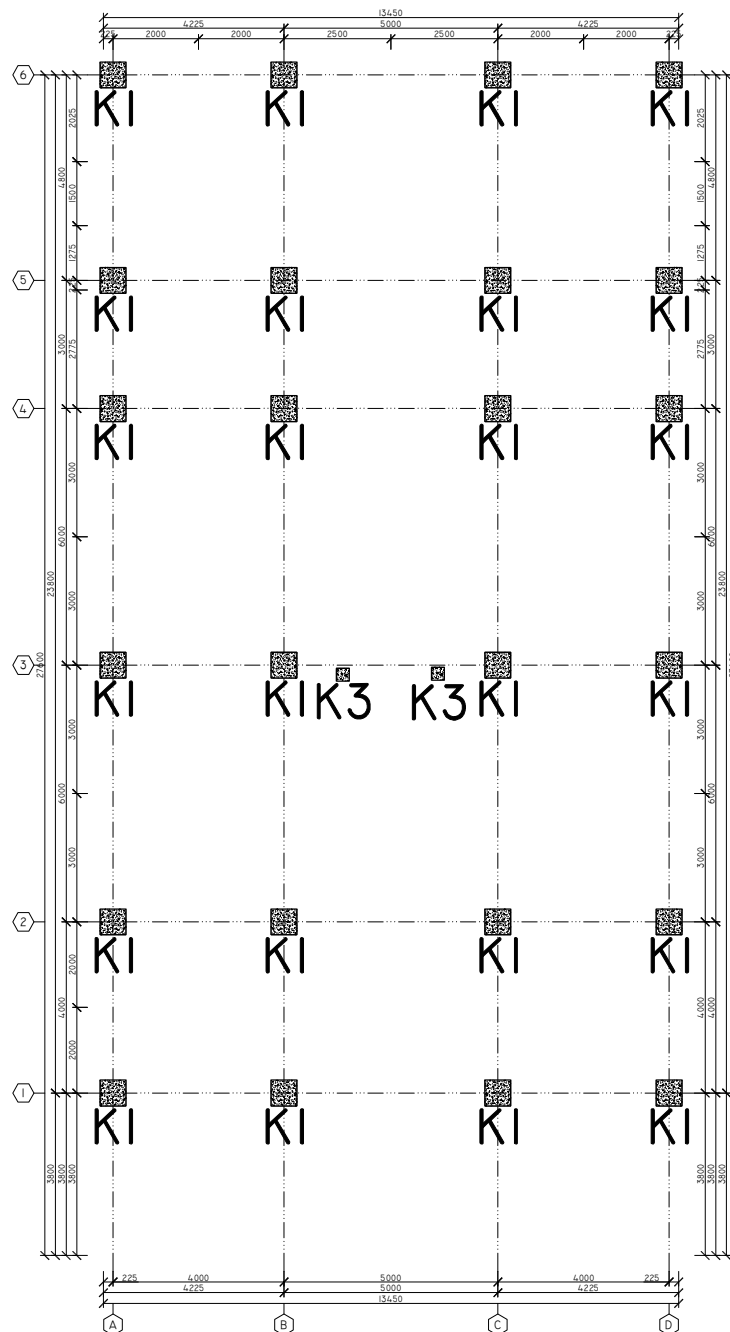
JUDUL GAMBAR :

NOTASI	K1		K2		K3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	60 X 60 CM	60 X 60 CM	50 X 50 CM	50 X 50 CM	30 X 30 CM	30 X 30 CM
TULANGAN POKOK	20D22	20D22	12D22	12D22	8D16	8D16
TULANGAN GESER	3D13-100	D13-200	D13-100	D13-150	4Ø10-100	Ø10-150
MUTU BETON	25 MPA	25 MPA	25 MPA	25 MPA	25 MPA	25 MPA
SELIMUT BETON	2 CM	2 CM	2 CM	2 CM	2 CM	2 CM

STR DETAIL PENULANGAN KOLOM
B-01 skala 1:20

NOTASI	B1		B2		B3		B4	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	40 X 70 CM	35 X 70 CM	30 X 60 CM	30 X 60 CM	25 X 50 CM	25 X 50 CM	20 X 40 CM	20 X 40 CM
TULANGAN ATAS	7D19	4D19	5D16	4D16	4D16	3D16	2D16	2D16
TULANGAN BAWAH	4D19	6D19	4D16	5D16	3D16	4D16	2D16	2D16
TULANGAN GESER	3Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100	Ø10-150
MUTU BETON	25 MPA	25 MPA	25 MPA	25 MPA	25 MPA	25 MPA	25 MPA	25 MPA
SELIMUT BETON	2 CM	2 CM	2 CM	2 CM	2 CM	2 CM	2 CM	2 CM

STR DETAIL PENULANGAN BALOK
B-01 skala 1:20



KETERANGAN

KI KOLOM 60 x 60 CM

K3 KOLOM 30 x 30 CM

ARS DENAH KOLOM ELV. + 0.000
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUNY SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, S.P., S.T., M.T.
NIDN. 0604089203

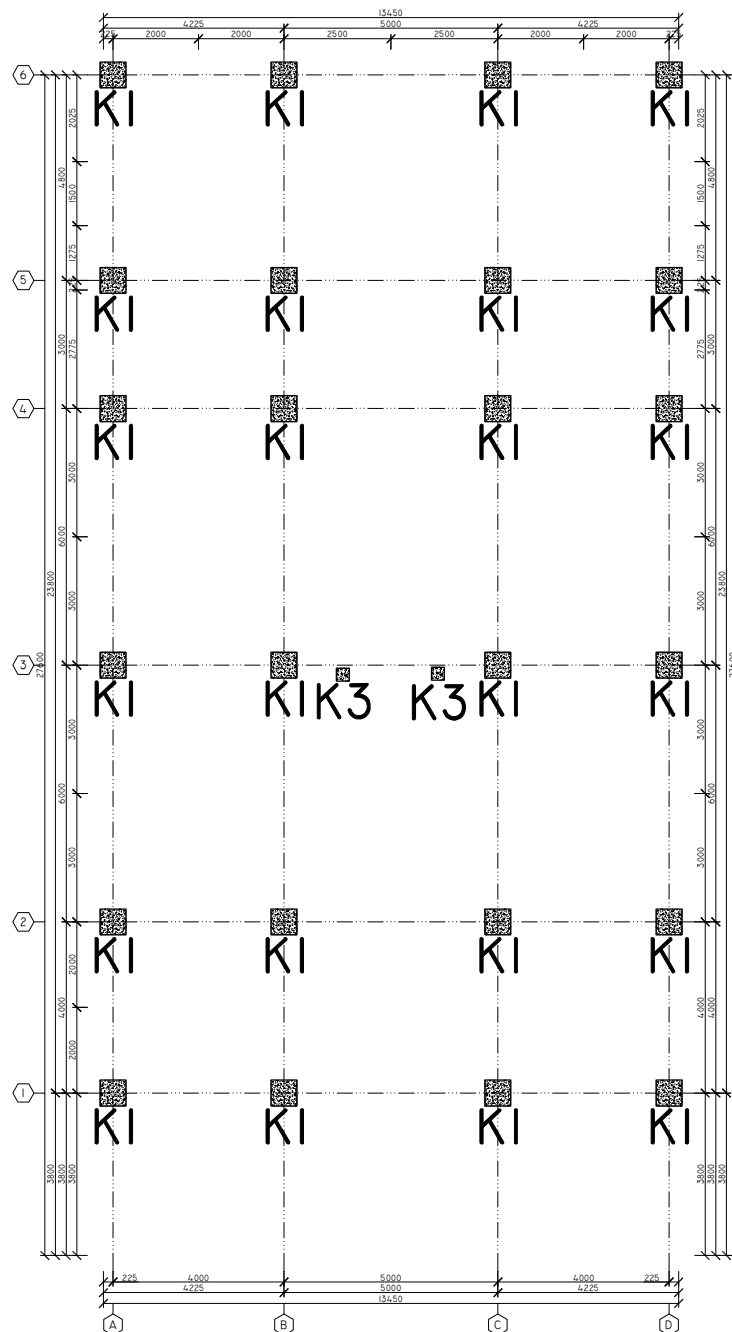
TENAROHY
ARYANAMA W., S.ST., MENG
NIDN. 061019403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



KETERANGAN

KI KOLOM 60 x 60 CM

K3 KOLOM 30 x 30 CM

ARS DENAH KOLOM ELV. + 4.000
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUNY SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

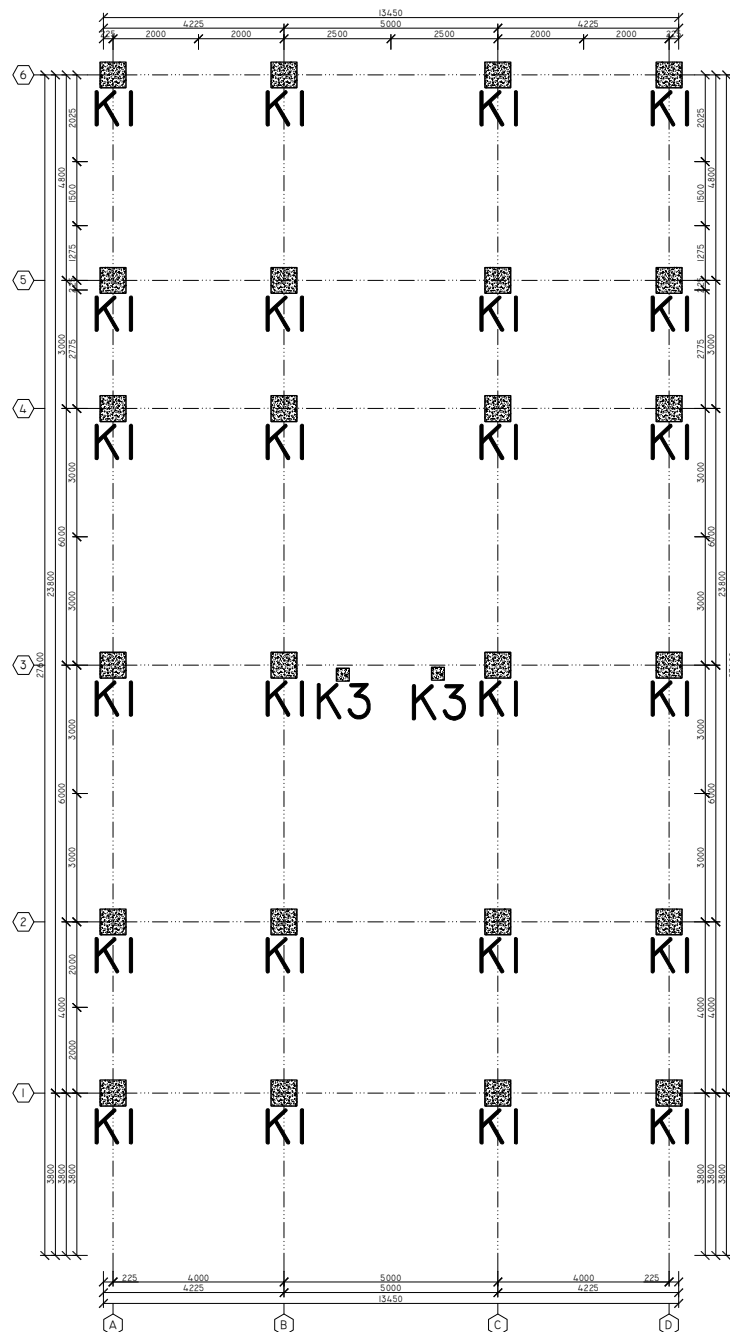
TENAROHY
ARYANAMA W, SST, MENG
NIDN. 06709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



KETERANGAN

KI KOLOM 60 x 60 CM

K3 KOLOM 30 x 30 CM

ARS DENAH KOLOM ELV. + 8.000
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA I

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

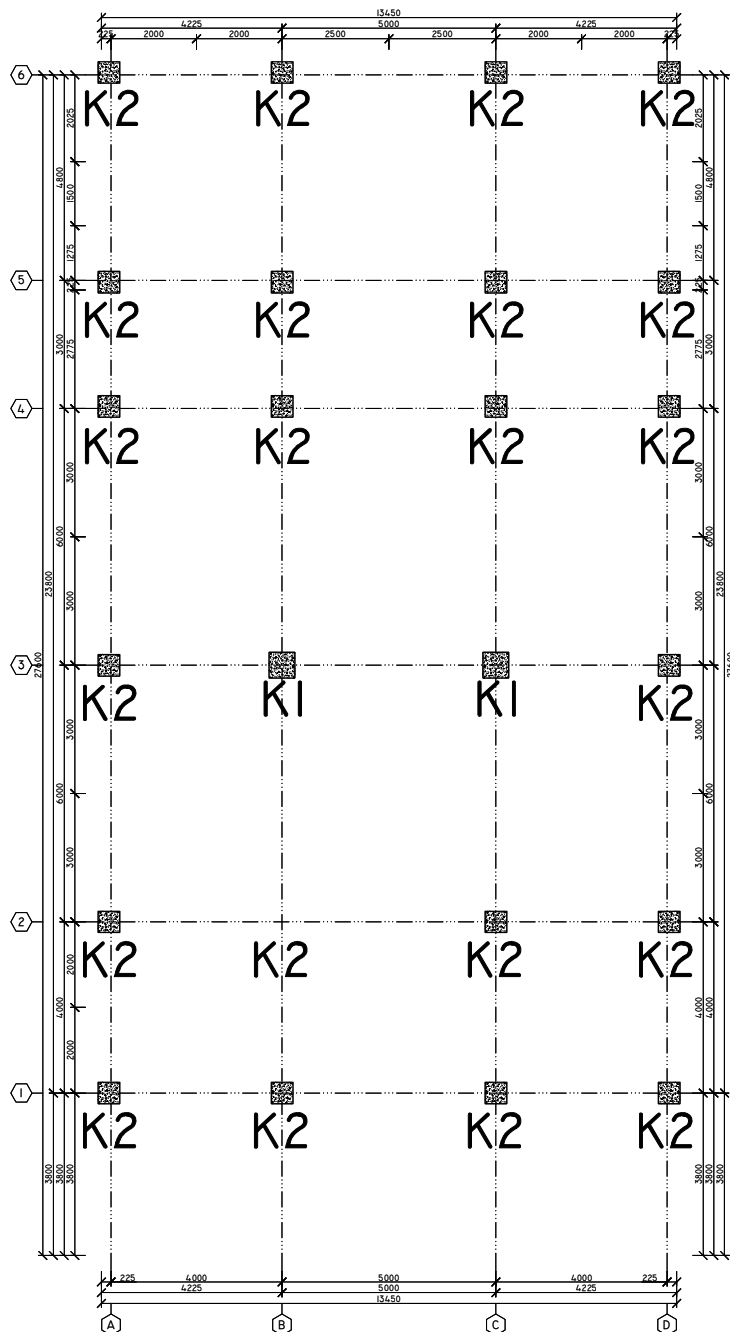
TENAROHY
ARYANAMA W, SST, MENG
NIDN. 06709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



KETERANGAN

K1 KOLOM 60 x 60 CM

K2 KOLOM 50 x 50 CM

ARS DENAH KOLOM ELV. +12.000
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SIP, ST, MT,
NIDN. 0604089203

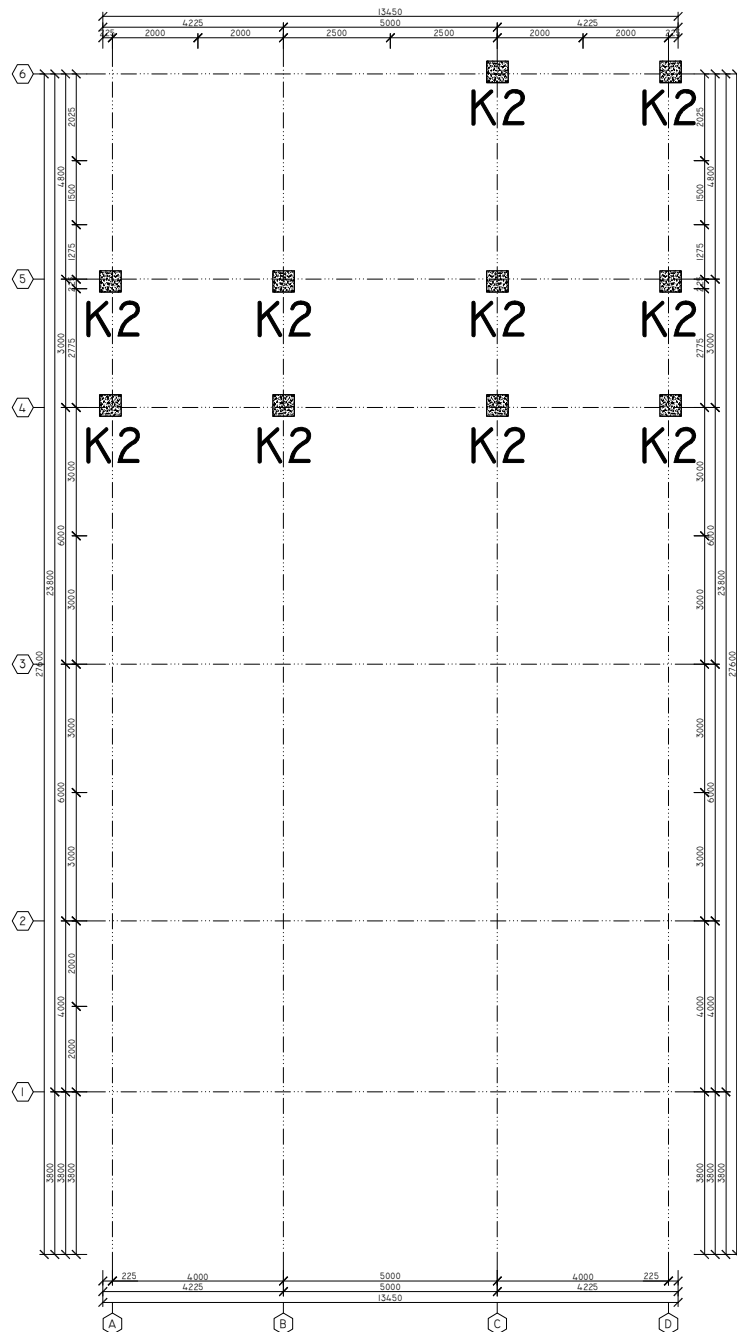
TENAROHY
ARYANAMA W, S, ST, MENG
NIDN. 061709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.,
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



KETERANGAN

K2 KOLOM 50 x 50 cm

ARS
A-03

DENAH KOLOM ELV. +16.000

skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, S.P., S.T., M.T.
NIDN. 0604089203

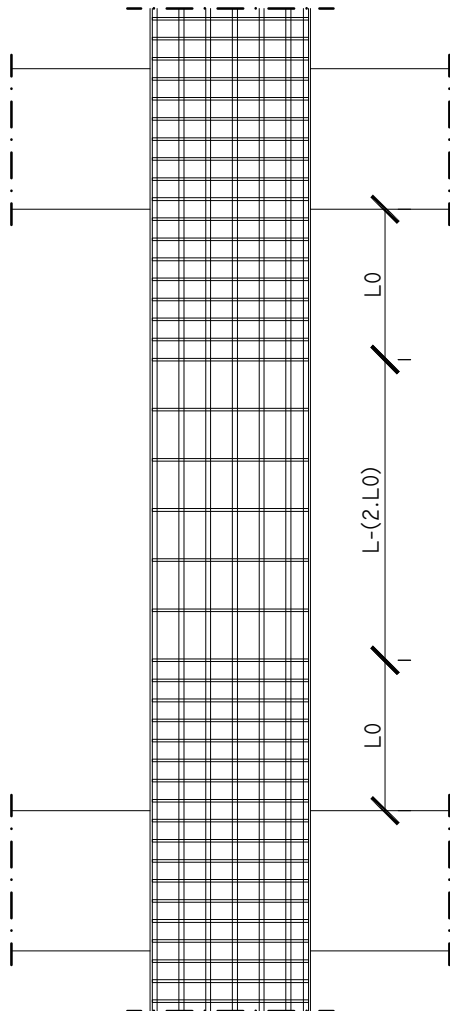
TENAROHY
ARYANAMA W., S.ST., MENG
NIDN. 061709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



STR **DETAIL PRINSIP PENULANGAN KOLOM**
 B-01 skala 1 : 20



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
 CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
 Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
 50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
 DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
 SYARAT MEMPEROLEH GELAR
 SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
 PONDOK PESANTREN
 AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
 KUNCEN UNGARAN TIMUR
 KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
 WISNOO, S.P., S.T., M.T.
 NIDN. 0604089203

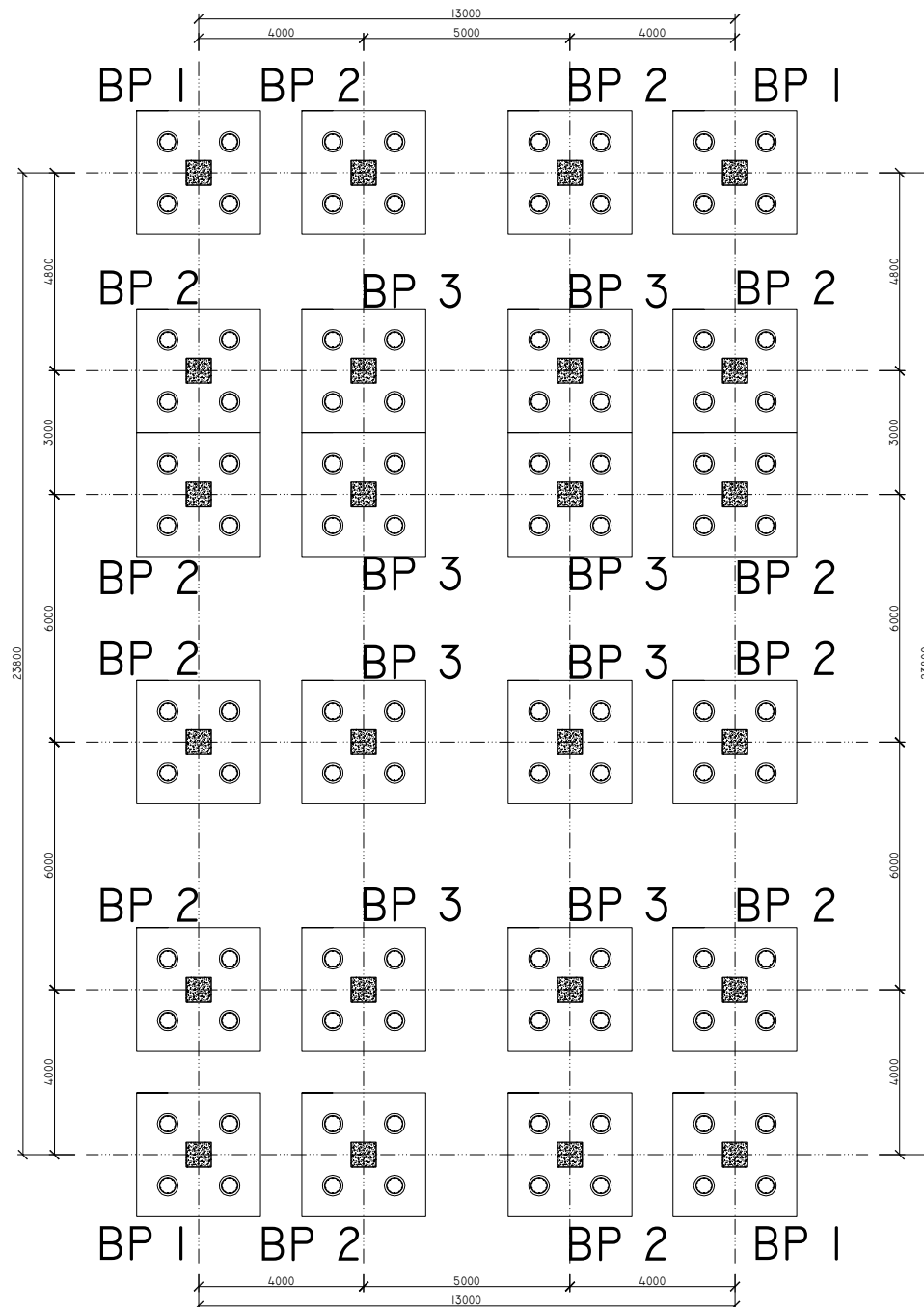
TENAROHY
 ARYANAMA W., S.ST., MENG
 NIDN. 060709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
 Z1.21.0012

DINI ANJANI
 Z1.21.0021

JUDUL GAMBAR :



ARS **DENAH PILE CAP**
A-03 skala 1 : 125



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SP., ST., MT.
NIDN. 0604089203

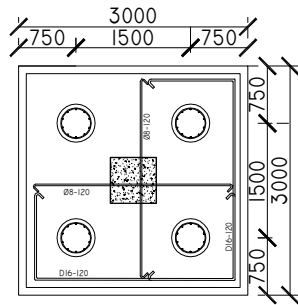
TENAROHY
ARYANAMA W., ST., MENG.
NIDN. 061709403

DISUSUN OLEH :

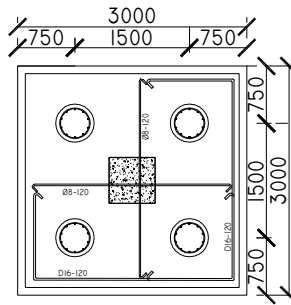
LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

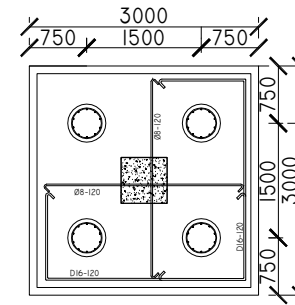
JUDUL GAMBAR :



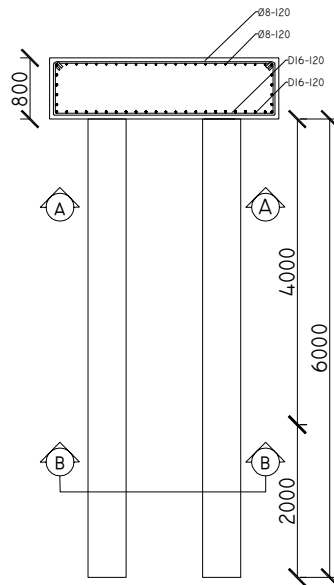
STR DETAIL PILECAP TIPE BP 1
B-01 skala 1:50



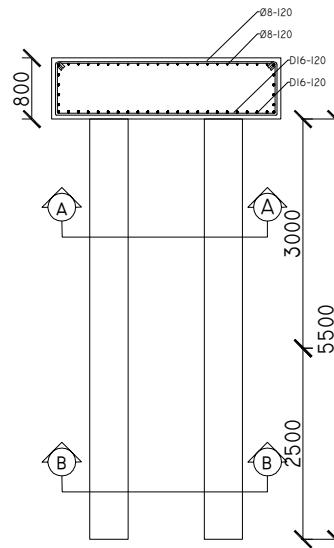
STR DETAIL PILECAP TIPE BP 2
B-01 skala 1:50



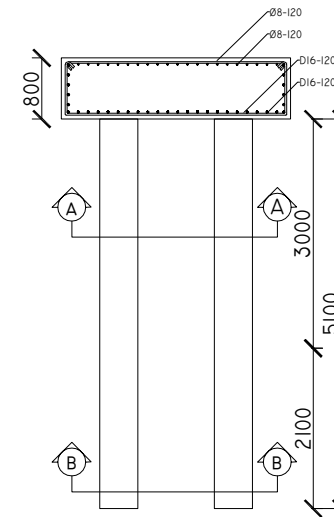
STR DETAIL PILECAP TIPE BP 3
B-01 skala 1:50



STR POTONGAN A & B
B-01 skala 1:50



STR POTONGAN A & B
B-01 skala 1:50



STR POTONGAN A & B
B-01 skala 1:50



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, S.P., S.T., M.T.
NIDN. 0604089203

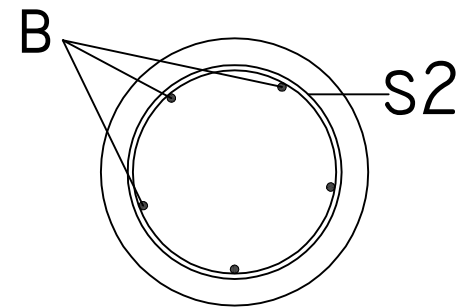
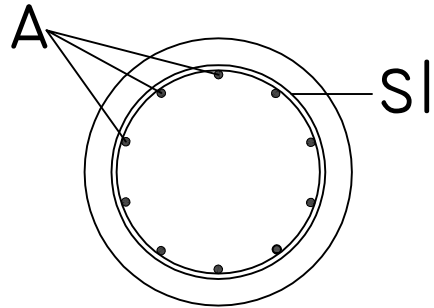
TENAROHY
ARYANAMA W., S.ST., MENG
NIDN. 06109403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :



TIPE PONDASI	A	B	SI	S2
BP 1	10D16	5D16	D13-200	D13-300
BP 2	10D16	5D16	D13-200	D13-300
BP 3	10D16	5D16	D13-200	D13-300

STR **DETAIL PENULANGAN PENAMPANG BORE PILE**
B-01 skala 1:10



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI
PONDOK PESANTREN
AL-HIKMAH UNGARAN

LOKASI PERENCANAAN

JALAN MUHAMMAD YAMIN
KUNCEN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

IR. AGUNG HARI
WIBOWO, SP., ST., MT.
NIDN. 0604089203

TENAROHY
ARYARANA W., ST., MENG
NIDN. 06709403

DISUSUN OLEH :

LUTHFIANA VIDYA P.K.
21.21.0012

DINI ANJANI
21.21.0021

JUDUL GAMBAR :