



**PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG PARKIR 4 LANTAI
DI UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil

Pada Program Studi Teknk Sipil Fakultas Teknik

Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI UNDARIS

Disusun Oleh :

Muhammad Farkan

NIM. 22210006

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
INIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
UNGARAN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG PARKIR 4 LANTAI DI UNIVERSITAS
DARUL ULUM ISLAMIC CETRE SUDIRMAN GUPPI**

Disusun Oleh :

Muhammad Farkan NIM. 22210006

**Tugas Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan Tim Penguji
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS
Diperiksa dan Disetujui**

Pembimbing 1

Pembimbing 2


Ir. Agung Hari Wibowo.S.T.M.T
NIDN. 0019046101


Tenardhy Arvarama Wijaya.S.ST.,M.Eng
NIDN.0617019402

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama :Muhammad Farkan
NIM :22210006
Judul :Perencanaan Bangunan Gedung Parkir 4 Lantai Di Universitas
Darul Ulum Islamic Centre Sudriman GUPPI

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

Ungaran, 29 April 2026

Yang membuat pernyataan
Penyusun



Muhammad Farkan

NIM. 22210006

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG PARKIR 4 LANTAI DI UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CETRE SUDIRMAN GUPPI

Disusun Oleh:

Muhammad Farkan

22210006

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada Tanggal:

Tugas Ahir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar sarjana
Teknik Sipil pada Program Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Tim Penguji

Ketua	: Ir. Totok Apriyanto, M.T	(...  ...)
Anggota	: Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., S.T., M.T	(...  ...)
Anggota	: Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST., M.Eng	(...  ...)

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNDARIS



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

NIDN.0019046101

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Bangunan Gedung Parkir 4 Lantai Di Universitas Darul Ulum Islmaic Centre Sudirman GUPPI”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, para sahabat, dan seluruh umat Islam, semoga kita semua memperoleh syafa’at beliau di yaumul akhir kelak.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, baik berupa arahan, bimbingan, maupun motivasi selama proses penyusunan proposal skripsi ini. Oleh karena itu, penulis dengan hormat menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Dr. Hj. Ida Zahara Adibah, S.Ag., M.Si., selaku Rektor Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI Kabupaten Semarang.
2. Bapak Abdullah, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS).
3. Bapak Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS).
4. Dosen Pembimbing Bapak Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T dan Bapak Tenardhy Aryarama Wijaya,S.ST.,M.Eng
5. Orang tua yang telah memberikan support selalu dan doa yang tidak ada habisnya
6. Teman-teman Teknik Sipil UNDARIS angkatan 2022 dan Bapak serta Ibu Dosen Fakultas Teknik atas curahan semangat yang selalu mengalir.
7. Secara khusus, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada seseorang yang sangat berarti dalam kehidupan penulis, yaitu A. Terima kasih atas segala dukungan, perhatian, serta semangat yang selalu diberikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini
8. Semua pihak yang telah memberi bantuan dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat berbagai kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini di masa yang akan datang.

Ungaran, 30 April 2026

Penyusun

Muhammad Farkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI	x
ABSTRAK	1
ABSTRACT.....	2
BAB I	3
PENDAHULUAN	3
1.1 LATAR BELAKANG.....	3
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Maksud Dan Tujuan Tugas Akhir	4
1.3.1 Maksud	4
1.3.2 Tujuan	4
1.4 Lokasi Proyek.....	5
1.5 Ruang Lingkup	5
1.6 Batasan Masalah.....	6
1.7 Sistematika Penulisan	7
BAB II STUDI PUSTAKA.....	9
2.1 Tinjauan Umum	9
2.2 Pedoman Perencanaan.....	10
2.3 LANDASAN TEORI	10
2.3.1 Program AllPile V.7.3	10
2.3.2 Program SAP 2000 V.22	11
2.3.3 Program PCA Column.....	11

2.3.4 Mutu Beton.....	12
2.3.5 Spesifikasi Material Tulangan	12
2.3.6 Sistem Rangka Pemikul Momen.....	13
2.3.7 Analisa Struktur Bangunan Tahan Gempa.....	14
2.3.8 Pembebanan	15
2.3.9 Struktur Atas.....	24
2.3.9.1.3 Sistem Penulangan Pelat.....	28
2.3.9.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat.....	29
2.3.9.1.5 Perencanaan penulangan pelat	31
2.3.9.2 Perhitungan Balok	33
2.3.9.2.1 Definisi Balok.....	33
2.3.9.2.2 Balok dengan Tulangan Tunggal	35
2.3.9.2.3 Balok dengan Tulangan Rangkap	36
2.3.9.2.4 Perencanaan Dimensi Balok	37
2.3.9.2.5 Perencanaan Penulangan Balok	38
2.3.9.3 Perhitungan Kolom.....	39
2.3.9.3.1 Definisi Kolom	39
2.3.9.3.2 Kekuatan Kolom.....	40
2.3.9.3.3 Perencanaan Dimensi Kolom.....	42
2.3.9.3.4 Perhitungan Faktor Panjang Tekuk Efektif Kolom	43
2.3.9.3.5 Faktor Pembesaran Momen	44
2.3.9.3.6 Perencanaan Tulangan Longitudinal.....	46
2.3.9.3.7 Tulangan Geser Kolom.....	47
2.3.10 Pondasi	49
2.3.10.1 Definisi Pondasi.....	49
2.3.10.2 Jenis Pondasi	50
2.3.10.3 Metode Pelaksanaan Pondasi Bore Pile	52
2.3.10.4 Kapasitas Dukung Tanah.....	53
2.3.10.4.1 Kpasitas Dukung Metode Mayerhof	56
2.3.10.5 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang	58
2.3.10.6 Efisiensi Kelompok Tiang	60
2.3.10.7 Penurunan Pondasi	61
2.3.10.7.1 Penurunan Pondasi Bore Pile.....	62
2.3.10.7.2 Penuruan Pondasi Tiang Kelompok.....	63
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN.....	65

3.1	Tahapan Perencanaan Strujtur beton Bertulang	65
3.2	Studi Literasi	65
3.3	Pengumpulan Data.....	66
3.4	Preminary Desain	68
3.4.1	Dimensi Pelat	68
3.4.3	Dimensi Ramp.....	72
3.4.4	Dimensi Balok.....	72
3.4.5	Dimensi Kolom	72
3.5	Perhitungan Pembebanan	73
3.5.1	Beban Mati	73
3.5.2	Beban Hidup.....	73
3.5.3	Beban Gempa	73
3.6	Penentuan dan Kombinasi Pembebanan	75
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		76
4.1	Preliminary Design.....	76
4.1.1	Dimensi Pelat	76
4.1.2	Dimensi Balok.....	78
4.1.3	Dimensi Kolom	79
4.1.4	Dimensi Tangga.....	80
4.1.5	Perencanaan Pondasi Bore pile.....	81
4.2	Analisa Pembebanan	86
4.2.1	Pembebanan Pelat.....	86
4.2.2	Pembebanan Tangga.....	86
4.2.3	Pembebanan Dinding.....	87
4.2.4	Pembebanan Air Hujan.....	87
4.2.5	Pembebanan Gempa	87
4.2.6	Kombinasi Pembebanan	90
4.3	Perhitungan Penulangan Struktur	91
4.3.1.	Perhitungan Penulangan Pelat	91
4.3.1.1.	Pelat Lantai.....	91
4.3.1.2	Pelat Lantai Atap	92
4.3.2	Perhitungan Penulangan Balok.....	93
4.3.2.1	Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok	94
4.3.2.2	Perhitungan Tulangan Transerval Balok.....	103
5.3.2.3	Rekapituslasi Hasil Tulangan Balok.....	107

4.3.3 Perhitungan Kolom.....	107
4.3.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur Kolom	112
4.3.3.3 Rekapitulasi Hasil Tulangan Kolom.....	117
4.3.4 Perhitungan Pondasi	118
4.3.4.1 Perhitungan Defleksi Lateral dan Sattlement.....	118
4.3.4.2 Perhitungan Penulangan Bore Pile.....	121
4.3.4.3 Perhitungan Penulangan Pile Cap.....	123
BAB V PENUTUP	129
5.1 Kesimpulan	129
5.2 Saran.....	131
DAFTAR PUSTAKA	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Proyek	5
Gambar 2. 1 parameter S_s	19
Gambar 2. 2 Parameter S_1	20
Gambar 2. 3 Spektral Respon Desain	20
Gambar 2. 4 Terjepit Penuh	25
Gambar 2. 5 Balok Sederhana	34
Gambar 2. 6 Balok Menerus	34
Gambar 2. 7 Kantilever	34
Gambar 2. 8 Distribusi regangan dan tegangan pada Balok Tulangan tunggal	35
Gambar 2. 9 Distribusi regangan dan tegangan pada Balok Tulangan Rangkap	36
Gambar 2. 10 Jenis Jenis Kolom	40
Gambar 2. 11 Grafik hubungan Q_c (Perlawanan conus) dan f_s (friction)	55
Gambar 3 1 Flow Chart Perencanaan Struktur Bangunan	65
Gambar 3 2 Hasil Parameter S_s	74
Gambar 3 3 Hasil Parameter S_1	74
Gambar 3 4 Hasil Respon Spektrum Desain	74
Tabel 4 1 data Sondir Per satu meter	81
Tabel 4 2 Data Pembebanan Dinding	87
Tabel 4 3 Korelasi q_c dan kepadatan relative dengan sudut geser pada tanah pasir (mayerhof,1956)	88
Tabel 4 4 Kombinasi beban	91
Tabel 4 5 Rekapitulasi Hasil Tulangan Balok	107
Tabel 4 6 Hasil Rekapitulasi Tulangan Kolom	117
Tabel 4 7 Parameter Tanah Sondir	120

DAFTAR TABEL

Taabel 2. 1 tabel kelas baja tulangan.....	13
Tabel 2. 2 Beban mati.....	15
Tabel 2. 3 Beban hidup.....	16
Taabel 2. 4 Kategori Resiko Bangunan	17
Tabel 2. 5 faktor keutamaan gempa.....	18
Taabel 2. 6 kelas situs.....	21
Tabel 2. 7 Parameter respon Spektral.....	21
Tabel 2. 8 Parameter Repsons Spektral Percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakanpada periode pendek, $T = 1$ detik, S_1	22
Tabel 2. 9 Percepatan pada Periode Pendek	23
Tabel 2. 10 Percepatan pada Periode 1 Detik.....	23
Taabel 2. 11 Tebal Minimum Pelat tanpa Balok Interior	27
Tabel 2. 12 Tinggi minimal Pleat Satu Arah	30
Tabel 2. 13 Tinggi minimum Balok Non -Prategang	37
Tabel 2. 14 ketebalan selimut beton untuk balok	37
Taabel 2. 15 Ketebalan Selimut Beton untuk Balok	49
Tabel 2. 16 korelasi q_c dan kepadatan relatif dengan sudut geser pada tanah pasir	56
Tabel 2. 17 Efisiensi Tiang Bor.....	61
Tabel 2. 18 Koefisien C_p	63
Tabel 3 1 Tebal Minumum Balok Non-Prategang atau.....	69
Tabel 3 2 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior	70
Tabel 3 3 Beban Mati	73
Tabel 4 1 data Sondir Per satu meter	81
Tabel 4 2 Data Pembebanan Dinding.....	87
Tabel 4 3 Korelasi q_c dan kepadatan relative dengan sudut geser pada tanah pasir (mayerhof,1956)	88
Tabel 4 4 Kombinasi beban.....	91
Tabel 4 5 Rekapitulasi Hasil Tulangan Balok	107
Tabel 4 6 Hasil Rekapitulasi Tulangan Kolom	117
Tabel 4 7 Parameter Tanah Sondir	120

Tabel 5 1 Rekapitulasi Penulangan Balok.....	130
Tabel 5 2 Rekapitulasi Penulangan Kolom	130

DAFTAR NOTASI

ϕ	=factor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,80$
ξ	= 0,5 (distribusi tahanan sepanjang tiang)
λ	=1 (beton normal)
θ	= diameter tulangan yang digunakan, mm
δ	=factor pembesaran momen
β	=rasio antar bentang
β	= rasio dimensi Panjang terhadap pendek bentang bersih untuk pelat dua arah
α_{Fm}	= nilai rata- rata α_f untuk semua balok pada tepi panel
s	= jarak bored pile (m)
qc	= tahanan konus
n	= jumlah tiang dalam satu baris
n	= jumlah tiang
m	= jumlah tiang baris
ln	= Panjang bentang bersih dalam arah Panjang diukur muka ke muka balok, mm
fb	= Tahanan ujung satuan
d	= diameter bored pile (m)
W_{tiang}	= berat sendiri tiang
Qu	= kapasitas dukung ultimit tiang tunggal
Qu	= kapasitas dukung ultimit tiang tunggal
Qs	= kapasitas tahanan gesek tiang
Qp	= kapasitas tahanan ujung tiang
Qg	= kapasitas dukung kelompok tiang
Qa	= kapasitas dukung tiang ijin
Qa	= daya dukung pondasi dalam
QS	= tahanan gesek tiang tunggal
P	= beban yang bekerja
Eg	= efisiensi kelompok tiang

E_g = efisiensi kelompok tiang bor
 A = luas pamanpang pondasi
 Φ = faktor reduksi kekuatan.
 V_s = kuat geser nominal tulangan,kN
 V_n =kuat geser nominal, kN
 V_c = kuat geser nominal beton,kN
 SS = Situs yang memerlukan inestigasi geoteknik spesfik dan analisis resposns situs-spesfifk
 S_3 = akibat beban yang tersalurkan sepanjang selimut (mm)
 S_2 = penurunan pondasi kelompok tiang
 S_2 = akibat beban di ujung (mm)
 S_1 = akibat batang (mm)
 S = jarak pusat tiang ke pusat tiang lainnya (m)
 S =spasi longitudinal sengkang,mm
 S =jarak tulangan,mm
 S = total penuruna (mm)
 S = penurunan pondasi tinag tunggal
 R_n =faktor tahanan momen nominal
 R_{max} = factor keamanan momen makmimum
 r = adalah jari-jari inersia penampang, yaitu 0,3h untuk kolom persegi dan 0,25D untuk kolom bulat.
 Q_{ws} = beban yang diterima selimut tiang (kN)
 Q_{wp} = beban yang diterima ujung tiang (kN)
 Q_s = tahanan gesek ultimit tiang (kN)
 q_p = tahanan ujung batas tiang (kN)
 q_{ca} =1c rata rata (kN/m²) pada zona 1 d dibawah ujung tiang dan 4 d diatasnya
 q_c = tahanan konus
 Q_b = tahanan ujung bawah ultimit (Kn)
 P_u =gaya aksial total terfaktor,kN
 P_u = gaya aksial tekan terfaktor (kN)
 $P_u \Phi$ = gaya aksial terfaktor pada batas nilai Φ yang ditentukan (kN)

P_u	= gaya aksial terfaktor, kN
P_u	= gaya aksial terfaktor, kN
P_n	= gaya aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (kN)
P_c	= gaya tekuk, kN
P_c	= gaya tekuk, kN
M_u	= momen total terfaktor, kNm
M_u	= momen rencana (maksimum) pelat, kNm
M_n	= momen nominal rencana pelat, kNm
M_c	= momen terfaktor pada orde pertama, kNm
M_2	= momen pada ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen
L_y	= panjang pelat pada sumbu y
L_x	= Panjang pelat pada sumbu x
L_u	= panjang kolom tanpa tumpuan lateral,
L	= kedalaman penetrasi tiang didalam lapisan pasir padat (m)
ℓ	= panjang balok, mm
L	= panjang tiang (m)
k	= faktor panjang efektif,
I	= momen inersia penampang sumbu pusat, mm ⁴
I	= momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm
H_f	= tebal pelat rencana, mm
h'	= jarak as ke as antar tulangan, mm
h	= tinggi penampang kolom, mm
h	= tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm
h	= tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm
h	= tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur,
h	= gaya tekuk kN
f_y	= kuat leleh tulangan yang disyaratkan, MPa
f_y	= kuat leleh tulangan yang disyaratkan, MPa
f_s	= local friction
f_s	= ahanan gesek satuan (kg/cm ²)

f_r' = rasio gesekan
 F_c' = Kuat Tekan Beton, MPa
 F_c' = kekuatan tekan beton yang disyaratkan, MPa
 E_p = modulus elastisitas tiang (Mpa)
 E_c = Modulus elastisitas beton, MPa
 E_c = modulus elastisitas beton , MPa
 d = tebal efektif pelat, mm
 d = tinggi efektif penampang, mm
 D = diameter tulangan, mm²
 D = diameter tiang tunggal
 d = diameter tiang (m)
 D = diameter tiang (m)
 C_m = faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan diagram momen seragam ekuivalen
 b_w = lebar penampangan, mm
 B_g = lebar kelompok tiang
 b = lebar pelat yang ditinjau, mm
 b = lebar muka tekan komponen struktur, mm
 b = lebar minimum balok, mm
 A_v = Luas efektif semua kaki tulangan atau kawat dengan spasi, mm
 A_{s1} = luas 1 buah tulangan perly, mm²
 A_s = luas tulangan tarik longitudinal non-pretegang, mm²
 A_s = Luas selimut permukaan tiang (cm²)
 A_g = luas penampang bruto
 A_g = luas penampang bruto kolom (mm²)
 A_b = Luas ujung bawah tiang (cm²)
 A_b = luas penampang tiang (m²)
 ϕ = Arc tg D/S dalam derajat
 ρ_b = rasio tulangan pada kondisi balance
 β_{ans} = 0.6 rasio yang digunakan untuk perhitungan reduksi kekakuan kolom akibat beban aksial tetap

β_1 = factor distribusi tegangan beston , $\beta_1 = 0,85$

α_f = rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel dise sebelahnya (jika ada) pada setiap sisi balok.

f_y = kuat leleh tulangan disyaratkan, MPa

$\sqrt{f_c'}$ = akar kuadrat kekuatan tekan yang disyaratkan, Mpa

ℓ_b = Panjang komponen struktur tekan alam rangka, yang diukur pusat ke pusat joint dalam rangka

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

$((EI)_{eff})$ =factor Panjang efektif

ABSTRAK

Keterbatasan fasilitas parkir yang memadai di Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) mendorong perlunya perencanaan gedung parkir yang aman dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang struktur atas dan bawah gedung parkir empat lantai di Ungaran dengan mengacu pada standar keselamatan konstruksi terbaru, sehingga mampu menjamin kestabilan struktur dalam menahan beban yang direncanakan.

Tahapan perencanaan mengacu pada Standar Nasional Indonesia, meliputi SNI 1727:2020 untuk pembebanan, SNI 1726:2019 untuk ketahanan terhadap gempa, serta SNI 2847:2019 untuk ketentuan beton struktural. Analisis struktur dilakukan melalui pemodelan tiga dimensi menggunakan perangkat lunak SAP2000. Selanjutnya, evaluasi kapasitas tulangan borepile dianalisis lebih rinci dengan program PCA Column, sedangkan perencanaan ilecape untuk menahan reaksi dari struktur atas dilakukan menggunakan perangkat lunak Allpile.

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur telah memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan. Berdasarkan hasil pemodelan SAP2000, nilai simpangan antar lantai masih berada dalam batas yang diizinkan, yang mengindikasikan kekakuan struktur yang memadai terhadap beban *lateral*. Hasil verifikasi dengan PCA Column menunjukkan bahwa rasio tulangan kolom berada pada kondisi yang efisien dan tetap mampu menahan gaya aksial serta momen dengan aman. Selain itu, penggunaan fondasi bored pile dinilai mampu menyalurkan beban secara efektif ke lapisan tanah keras di wilayah Ungaran. Secara keseluruhan, perencanaan ini menghasilkan desain gedung parkir yang kuat, aman, dan sesuai dengan ketentuan teknis yang berlaku.

Kata Kunci: Gedung Parkir, SAP2000, Beton Bertulang, SNI 2847:2019, Desain Fondasi

ABSTRACT

The limited availability of adequate parking facilities at Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) has led to the need for planning a safe and efficient parking building. This study aims to design both the superstructure and substructure of a four-story parking building in Ungaran by referring to the latest construction safety standards, ensuring structural stability in resisting the planned loads.

The planning process refers to Indonesian National Standards, including SNI 1727:2020 for loading, SNI 1726:2019 for seismic resistance, and SNI 2847:2019 for structural concrete requirements. Structural analysis was carried out through three-dimensional modeling using SAP2000 software. Furthermore, the evaluation of bored pile reinforcement capacity was analyzed in more detail using the PCA Column program, while the pile cap design to resist reactions from the superstructure was conducted using Allpile software.

The analysis results indicate that all structural elements meet the specified technical requirements. Based on SAP2000 modeling results, the inter-story drift values remain within the allowable limits, indicating adequate structural stiffness against lateral loads. Verification results using PCA Column show that the column reinforcement ratio is efficient and capable of safely resisting axial forces and bending moments. In addition, the use of bored pile foundations is considered effective in transferring loads to the hard soil layer in the Ungaran area. Overall, this planning results in a strong, safe, and regulation-compliant parking building design.

Keywords: Parking Building, SAP2000, Reinforced Concrete, SNI 2847:2019, Foundation Design.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Ketersediaan fasilitas parkir merupakan salah satu aspek penting dalam menunjang aktivitas di lingkungan perguruan tinggi. Fasilitas parkir yang memadai tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan kendaraan, akan tetapi juga berperan dalam menjaga ketertiban, kenyamanan, serta keamanan di kawasan kampus.

Di lingkungan **Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS)**, fasilitas parkir yang tersedia saat ini, khususnya untuk sepeda motor, masih belum memadai baik dari segi kapasitas maupun penataannya. Kondisi tersebut menyebabkan banyak kendaraan diparkir secara tidak teratur di berbagai titik, seperti di depan masjid, asrama, maupun lokasi yang tidak diperuntukkan sebagai tempat parkir.

Berdasarkan hasil Pengamatan yang dilakukan oleh penulis, sebagian besar *civitas akademika* di lingkungan UNDARIS menggunakan sepeda motor sebagai sarana transportasi utama. Namun, keterbatasan ruang parkir yang tersedia mengakibatkan tidak seluruh kendaraan dapat tertampung dengan baik, terutama pada jam perkuliahan aktif. Hal ini berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan, seperti terganggunya akses sirkulasi kendaraan, menurunnya tingkat keamanan kendaraan, serta berkurangnya kenyamanan lingkungan kampus.

Selain itu, sistem parkir yang belum tertata dengan baik juga berdampak pada aspek estetika dan efisiensi penggunaan lahan. Lahan yang ada belum dimanfaatkan secara optimal sehingga tidak mampu mengakomodasi kebutuhan parkir yang terus meningkat, khususnya untuk sepeda motor.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu solusi berupa penyediaan fasilitas parkir yang memadai dan juga cukup untuk menampung seluruh kendaraan baik mahasiswa maupun dosen. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah pembangunan gedung parkir 4 lantai yang dikhususkan untuk sepeda motor. Konsep ini dinilai cukup efektif karena mampu meningkatkan kapasitas parkir tanpa memerlukan perluasan lahan yang signifikan. Berdasarkan kondisi tersebut, direncanakan pembangunan gedung parkir bertingkat sebanyak

lima lantai di lingkungan **Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS)**. Pembangunan gedung parkir ini diharapkan dapat menjadi solusi dalam mengatasi keterbatasan lahan parkir yang ada saat ini, sekaligus meningkatkan ketertiban, keamanan, serta kenyamanan bagi seluruh civitas akademika. Selain itu, pembangunan fasilitas parkir ini juga merupakan bagian dari upaya pengembangan infrastruktur kampus yang lebih terencana, fungsional, dan berkelanjutan.

Melalui perencanaan ini diharapkan dapat dihasilkan desain struktur gedung parkir yang aman, kuat, serta memenuhi ketentuan standar perencanaan struktur bangunan yang berlaku di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam perencanaan Tugas Akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan kapasitas serta pengaturan tata letak ruang parkir sehingga dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien?
2. Bagaimana desain struktur atas bangunan Gedung parkir di Undaris yang memenuhi SNI dan aturan yang berlaku
3. Bagaimana struktur bawah dan pondasi Gedung parkir diundaris yang memenuhi aturan yang berlaku

1.3 Maksud Dan Tujuan Tugas Akhir

1.3.1 Maksud

Maksud dari perencanaan ini adalah untuk merancang sebuah gedung parkir bertingkat lima di lingkungan Universitas Darul Ulum *Islamic Centre* Sudirman GUPPI (UNDARIS) yang dapat dimanfaatkan sebagai fasilitas parkir bagi kendaraan civitas akademika. Perencanaan ini diharapkan mampu mengatasi keterbatasan lahan parkir yang ada saat ini serta menciptakan sistem parkir yang lebih tertata, aman, dan efisien di lingkungan kampus.

1.3.2 Tujuan

Adapun tujuan dari perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk merencanakan kapasitas serta pengaturan tata letak ruang parkir yang optimal sehingga dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien.

2. Untuk merancang struktur atas bangunan gedung parkir di Undaris yang memenuhi ketentuan SNI dan peraturan yang berlaku.
3. Untuk merencanakan struktur bawah dan pondasi gedung parkir di Undaris yang sesuai dengan standar dan peraturan yang berlaku.

1.4 Lokasi Proyek

Adapun Lokasi Tugas Akhir “ Perencanaan Bangunan Gedung Parkir 4 Lantai di Ungaran” ini memiliki batas batas sebagai berikut:



Gambar 1. 1 Lokasi Proyek

Keterangan Lokasi Proyek:

1. Sebelah Utara :Rumah Ternak
2. Sebelah Timur :Gedung Fakultas Peternakan
3. Sebelah Selatan :Masjid An Nur Undaris
4. Sebelah Barat :Lahan Kosong

Alasan Pemilihan Tempat:

1. Ketersediaan lahan yang memadai
2. Kemudahan akses kendaraan
3. Sirkulasi kendaraan yang lancar

1.5 Ruang Lingkup

Inti pembahasan dalam skripsi ini adalah perencanaan struktur gedung empat lantai diawali dengan tahap perencanaan awal hingga analisis struktur. Analisis penurunan (*settlement*) dan daya dukung pondasi dilakukan dengan bantuan **Allpile versi 7.3**. Dan juga proses pemodelan dan analisis struktur dilakukan dengan

menggunakan SAP2000 versi 22. Ruang lingkup pembahasan dalam skripsi ini meliputi perencanaan beberapa elemen struktur utama bangunan, yaitu:

1. Perencanaan pondasi,
2. Perencanaan kolom
3. Perencanaan balok, dan
4. Perencanaan Pelat,

1.6 Batasan Masalah

Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Bangunan Gedung Parkir 4 lantai di Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI”, memiliki ruang lingkup dalam pembahasan penelitian dalam pemahasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan struktur gedung parkir lima lantai ini mengacu pada beberapa Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku sebagai pedoman dalam analisis dan perancangan struktur bangunan. Penggunaan standar tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa struktur yang direncanakan memenuhi persyaratan kekuatan, keamanan, dan kestabilan. Adapun standar yang digunakan dalam perencanaan ini meliputi:
 - a. **SNI 1727:2020**, sebagai acuan dalam penentuan beban yang bekerja pada struktur bangunan.
 - b. **SNI 1726:2019**, sebagai pedoman dalam analisis dan perencanaan struktur terhadap pengaruh gempa.
 - c. **SNI 2847:2019**, sebagai dasar perencanaan elemen struktur beton bertulang.
 - d. **SNI 8460:2017**, sebagai acuan dalam perencanaan pondasi dan analisis kondisi tanah.
2. Analisis struktur bangunan dalam penelitian ini hanya difokuskan pada pondasi ,tata letak kendaraan hingga struktur atas.
3. Perencanaan struktur dilakukan pada bangunan Gedung parkir 4 lantai Universitas Darul Ulum Islamic centre Suriman GUPPI.
4. Perencanaan yang dilakukan tidak mencakup sistem instalasi plumbing,rancangan anggaran biaya, kelistrikan, maupun mekanikal bangunan.
5. Penelitian ini tidak membahas analisis biaya, metode pelaksanaan, maupun manajemen konstruksi.

6. Analisis penurunan (settlement) dan daya dukung pondasi dilakukan dengan bantuan Allpile Versi 7.3.
7. Pemodelan dan analisis struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000 versi 22.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir dengan judul **Perencanaan Gedung Parkir 5 Lantai Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI** disusun sebagai berikut:

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang, tujuan, dan manfaat dari perencanaan yang dilakukan. Selain itu, bab ini juga menjelaskan lokasi perencanaan serta ruang lingkup permasalahan yang dibahas.

BAB II

STUDI PUSTAKA

Bab ini membahas dasar teori yang berkaitan dengan perencanaan struktur bangunan gedung, meliputi konsep perencanaan struktur, peraturan dan standar yang digunakan, pembebanan, serta rumus-rumus yang menjadi dasar dalam analisis dan perhitungan struktur.

BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

Bab ini menjelaskan mengenai data yang digunakan dalam perencanaan, metode analisis yang diterapkan, serta tahapan pengolahan data dalam proses perencanaan struktur secara sistematis.

BAB IV

PERHITUNGAN STRUKTUR

Bab ini berisi hasil analisis dan perhitungan struktur gedung parkir yang diperoleh melalui pemodelan struktur, baik secara manual maupun dengan bantuan perangkat lunak.

BAB V

PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan yang diperoleh dari hasil perencanaan serta saran yang dapat diberikan untuk pengembangan perencanaan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini memuat sumber referensi yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir.

LAMPIRAN

Bagian ini berisi dokumen pendukung seperti tabel perhitungan, data perencanaan, serta gambar struktur akhir (*final design drawing*) dari gedung parkir yang direncanakan.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perencanaan bangunan merupakan suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan secara terencana dan sistematis dalam merancang suatu konstruksi bangunan, dimulai dari tahap konseptual hingga tahap pelaksanaan di lapangan. Dalam proses tersebut, perencanaan struktur menjadi salah satu aspek yang sangat penting karena berkaitan langsung dengan kemampuan bangunan dalam menahan beban yang bekerja. Perencanaan struktur pada dasarnya merupakan proses analisis untuk menentukan bentuk, ukuran, serta spesifikasi teknis dari setiap elemen struktur sebelum pekerjaan konstruksi dilaksanakan. Elemen-elemen yang termasuk dalam perencanaan ini meliputi pondasi, kolom, balok, pelat lantai, serta struktur atap yang saling terintegrasi dalam membentuk sistem struktur bangunan.

Secara umum, tujuan utama dari perencanaan bangunan adalah menghasilkan konstruksi yang aman, memiliki fungsi yang optimal, serta mampu memenuhi kebutuhan pengguna secara efektif dan efisien. Dalam melakukan perencanaan struktur gedung, diperlukan dasar teori yang kuat yang meliputi analisis struktur, ilmu mekanika bahan, serta acuan terhadap standar dan peraturan yang berlaku di Indonesia. Meskipun demikian, perhitungan yang hanya didasarkan pada pendekatan teoritis sering kali belum sepenuhnya mencerminkan kondisi nyata yang terjadi pada struktur di lapangan. Oleh karena itu, diperlukan metode analisis yang lebih mendetail dan akurat untuk memperkirakan besarnya gaya yang bekerja pada elemen-elemen struktur.

Beberapa aspek utama yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan struktur antara lain adalah kekuatan, stabilitas, tingkat keamanan, serta kemampuan struktur dalam menahan pengaruh beban gempa. Dalam proses perencanaan tersebut, berbagai jenis beban harus diperhitungkan secara teliti, seperti beban mati, beban hidup, dan beban gempa yang dapat mempengaruhi kinerja struktur bangunan. Dengan demikian, analisis pembebanan serta perancangan dimensi elemen struktur perlu dilakukan secara cermat agar bangunan yang direncanakan mampu menahan seluruh beban yang bekerja selama masa layan bangunan.

Pada perencanaan Gedung Parkir 4 Lantai Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI, analisis struktur dilakukan dengan memanfaatkan bantuan perangkat

lunak SAP2000. Program ini merupakan salah satu software analisis struktur yang banyak digunakan oleh praktisi maupun akademisi di bidang teknik sipil karena mampu melakukan pemodelan struktur serta analisis gaya secara lebih cepat, akurat, dan sistematis. Melalui penggunaan perangkat lunak tersebut, diharapkan hasil perencanaan struktur gedung parkir yang diperoleh dapat memenuhi persyaratan kekuatan, keamanan, serta keandalan struktur sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku.

2.2 Pedoman Perencanaan

Dalam proses perencanaan gedung parkir 4 lantai, diperlukan dasar perencanaan yang dijadikan sebagai pedoman agar perancangan struktur dapat dilakukan secara sistematis, aman, serta memenuhi standar teknis yang berlaku. Dasar perencanaan ini mencakup berbagai peraturan dan standar yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan pembebanan, perhitungan struktur, serta pengaturan tata letak fasilitas parkir.

Perencanaan struktur gedung parkir ini mengacu pada beberapa Standar Nasional Indonesia (SNI) serta pedoman teknis yang berkaitan dengan perancangan bangunan gedung. Adapun dasar perencanaan yang digunakan antara lain sebagai berikut:

1. **SNI 1727:2020** tentang pembebanan pada bangunan gedung dan struktur lainnya.
2. **SNI 2847:2019** tentang persyaratan perencanaan struktur beton bertulang untuk bangunan gedung.
3. **SNI 1726:2019** tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
4. **Pedoman teknis perencanaan fasilitas parkir**, yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan dimensi ruang parkir, pola parkir, serta perencanaan ramp kendaraan.

2.3 LANDASAN TEORI

2.3.1 Program AllPile V.7.3

Allpile merupakan perangkat lunak geoteknik yang digunakan untuk membantu analisis dan perencanaan pondasi pada suatu struktur. Program ini mampu melakukan perhitungan daya dukung pondasi, baik pondasi dangkal maupun pondasi dalam seperti tiang pancang dan *bored pile*, dengan mempertimbangkan parameter tanah hasil penyelidikan tanah. Selain itu, Allpile juga dapat digunakan untuk menganalisis penurunan (*settlement*), kapasitas lateral, serta interaksi tanah–struktur. Dalam perencanaan gedung bertingkat, penggunaan aplikasi ini sangat penting untuk

memastikan bahwa pondasi yang direncanakan memiliki kapasitas yang cukup dan aman terhadap beban yang bekerja. Dengan demikian, Penggunaan perangkat lunak seperti Allpile menjadi salah satu metode bantu yang efektif dalam memastikan hasil perencanaan pondasi yang aman, efisien, dan sesuai dengan kondisi tanah di lapangan (Hardiyatmo, 2010).

2.3.2 Program SAP 2000 V.22

SAP2000 merupakan salah satu perangkat lunak analisis struktur yang banyak digunakan dalam bidang teknik sipil. Program ini dikembangkan oleh *Computers and Structures, Inc.* (CSI) dan mampu melakukan pemodelan serta analisis struktur secara numerik menggunakan metode elemen hingga. Dengan fitur yang lengkap, SAP2000 v22 dapat digunakan untuk menganalisis berbagai jenis struktur, mulai dari struktur sederhana hingga kompleks, serta mampu memperhitungkan berbagai jenis pembebanan seperti beban statik maupun dinamik (CSI, 2020).

Melalui SAP2000, pengguna dapat membuat model struktur dua dimensi maupun tiga dimensi dengan memasukkan parameter seperti dimensi elemen, jenis material, kondisi perletakan, dan juga beban yang bekerja pada struktur. Selanjutnya, program akan melakukan proses analisis untuk memperoleh respons struktur berupa gaya dalam, deformasi, serta reaksi tumpuan yang digunakan sebagai dasar dalam evaluasi maupun perencanaan struktur bangunan.

Dalam penelitian atau perencanaan ini, SAP 2000 V.22 adalah aplikasi perangkat lunak yang digunakan untuk menghitung struktur, untuk memodelkan elemen-elemen struktur gedung serta menghitung respons struktur terhadap beban yang bekerja, sehingga diperoleh hasil analisis yang lebih sistematis, akurat, dan efisien.

2.3.3 Program PCA Column

PCA Column merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu proses analisis dan perencanaan kolom beton bertulang. Program ini dikembangkan oleh *Portland Cement Association* dan digunakan untuk menentukan kapasitas kekuatan kolom terhadap kombinasi gaya aksial dan momen lentur.

Dalam penggunaannya, PCA Column dapat membantu pengguna untuk memasukkan berbagai parameter perencanaan seperti dimensi penampang kolom, mutu beton, mutu baja tulangan, serta konfigurasi tulangan *longitudinal*. Berdasarkan data tersebut, program akan melakukan analisis dan menghasilkan diagram interaksi gaya aksial dan momen (*P-M interaction diagram*) yang digunakan untuk

mengevaluasi apakah kapasitas kolom yang direncanakan mampu menahan kombinasi beban yang bekerja.

Pada perencanaan struktur bangunan ini, *PCA Column* digunakan sebagai alat bantu untuk menganalisis dan memverifikasi kapasitas kolom beton bertulang, sehingga elemen kolom yang direncanakan dapat memenuhi persyaratan kekuatan dan keamanan sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku.

2.3.4 Mutu Beton

Mutu beton merupakan parameter penting yang menunjukkan kualitas beton sebagai material utama dalam struktur bangunan. Mutu beton umumnya dinyatakan dalam bentuk kuat tekan karakteristik (f'_c), yaitu kemampuan beton dalam menahan gaya tekan yang diuji pada umur 28 hari setelah pengecoran. Nilai kuat tekan tersebut diperoleh melalui pengujian benda uji beton di laboratorium menggunakan mesin uji tekan.

Dalam perencanaan struktur gedung, mutu beton berperan penting untuk menentukan kapasitas kekuatan elemen struktur seperti kolom, balok, pelat, dan pondasi. Semakin tinggi nilai kuat tekan beton, maka akan semakin besar pula kemampuan beton dalam menahan beban yang bekerja pada struktur.

Berdasarkan ketentuan dalam **SNI 2847:2019** tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, kuat tekan beton dinyatakan sebagai nilai f'_c yang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kapasitas elemen beton bertulang pada proses perencanaan struktur.

2.3.5 Spesifikasi Material Tulangan

Baja tulangan merupakan material penting dalam struktur beton bertulang yang berpengaruh terhadap perilaku elemen struktur, terutama pada bangunan tahan gempa. Baja tulangan memiliki kemampuan mengalami *plastifikasi*, yaitu kondisi ketika material telah melewati batas elastis dan mengalami deformasi permanen akibat beban yang besar. Proses ini terjadi karena adanya perubahan pada struktur atom material yang menyebabkan ikatan antar atom meregang dan bergeser. Dalam perencanaan struktur tahan gempa, kemampuan plastis baja tulangan sangat penting karena dapat membantu menyerap energi gempa sehingga mengurangi risiko keruntuhan struktur secara tiba-tiba.

Berdasarkan **SNI 2052-2017**, baja tulangan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu BJTP (Baja Tulangan Polos) dan BJTS (Baja Tulangan Sirip).

Taabel 2. 1 tabel kelas baja tulangan

Kelas baja tulangan	Uji tarik			Uji lengkung		Rasio TS/YS (Hasil Uji)
	Kuat luluh/leleh (YS)	kuat tarik (TS)	Regangan dalam 200 mm, Min.	sudut lengkung	diameter pelengkung	
	MPa	MPa	%			
BjTP 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 (d ≤ 10 mm) 12 (d ≥ 12 mm)	180° 180°	3,5d (d ≤ 16 mm) 5d (d ≥ 19 mm)	-
BjTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 (d ≤ 10 mm) 12 (d ≥ 13 mm)	180° 180°	3,5d (d ≤ 16 mm) 5d (d ≥ 19 mm)	Min. 1,25
BjTS 420A	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	9 (d ≤ 19 mm)	180°	3,5d (d ≤ 16 mm)	Min. 1,25
			8 (22 ≤ d ≤ 25 mm)	180°	5d (19 ≤ d ≤ 25 mm)	
			7 (d ≥ 29 mm)	180° 90°	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm) 9d (d > 36 mm)	
BjTS 420B	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	14 (d ≤ 19 mm)	180°	3,5d (d ≤ 16 mm)	Min. 1,25
			12 (22 ≤ d ≤ 36 mm)	180°	5d (19 ≤ d ≤ 25 mm)	
			10 (d > 36 mm)	180° 90°	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm) 9d (d > 36 mm)	
BjTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650	7 (d ≤ 25 mm)	180°	5d (d ≤ 25 mm)	Min. 1,25
			6 (d ≥ 29 mm)	180° 90°	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm) 9d (d > 36 mm)	
			BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687,5	
6 (d ≥ 29 mm)	180° 90°	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm) 9d (d > 36 mm)				
BjTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805				7 (d ≤ 25 mm)
			6 (d ≥ 29 mm)	180° 90°	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm) 9d (d > 36 mm)	
Keterangan:						
1. d adalah diameter nominal baja tulangan beton						
2. hasil uji lengkung tidak boleh menunjukkan retak pada sisi luar lengkungan benda uji lengkung						

2.3.6 Sistem Rangka Pemikul Momen

Berdasarkan ketentuan dalam **SNI 1726:2019** mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, terdapat beberapa sistem struktur yang dapat digunakan untuk menahan pengaruh beban gempa. Salah satu sistem yang umum digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem ini merupakan sistem struktur rangka ruang yang berfungsi menahan beban gravitasi secara menyeluruh, yaitu beban mati dan beban hidup. Selain itu, struktur juga harus mampu menahan beban lateral seperti beban gempa dan juga beban angin, yang pada sistem SRPM umumnya dipikul melalui mekanisme lentur pada elemen struktur.

Sistem Rangka Pemikul Momen dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan tingkat daktilitasnya, yaitu sebagai berikut:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

SRPMB merupakan sistem rangka yang digunakan pada bangunan di daerah dengan tingkat risiko gempa rendah. Sistem ini memiliki tingkat daktilitas yang terbatas sehingga kemampuan struktur dalam mengalami deformasi plastis juga relatif kecil.

2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

SRPMM diterapkan pada bangunan yang berada di wilayah dengan tingkat kegempaan sedang. Sistem ini terdapat tingkat daktilitas menengah sehingga mampu menahan pengaruh gempa dengan kapasitas deformasi yang lebih baik dibandingkan SRPMB.

3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

SRPMK digunakan pada bangunan yang berada di daerah dengan tingkat risiko gempa tinggi. Sistem ini juga memiliki tingkat daktilitas yang tinggi serta detail penulangan yang lebih ketat sehingga mampu menyerap dan meredam energi gempa secara lebih efektif.

Pada sistem SRPMK, elemen struktur seperti balok, kolom, dan sambungan balok–kolom harus direncanakan dan didetailkan secara khusus agar mampu menahan gaya lentur, geser, dan aksial secara aman. Selain itu, perencanaan pada sistem ini juga menerapkan prinsip desain kapasitas, yaitu konsep perancangan yang mengatur agar bagian struktur tertentu dapat mengalami *deformasi plastis* terlebih dahulu sehingga struktur secara keseluruhan tetap stabil ketika menerima beban gempa.

2.3.7 Analisa Struktur Bangunan Tahan Gempa

Gempa bumi merupakan fenomena fisik yang ditandai dengan terjadinya getaran pada permukaan bumi dengan tingkat intensitas yang bervariasi. Ketika peristiwa gempa terjadi, struktur bangunan akan mengalami *respons* berupa pergerakan *vertikal* maupun *horizontal* yang dapat memengaruhi kestabilan struktur. Oleh karena itu, bangunan harus direncanakan sesuai dengan ketentuan agar mampu menahan gaya gempa yang bekerja pada struktur. Salah satu upaya yang dilakukan dalam perencanaan struktur tahan gempa adalah dengan menerapkan sistem yang memiliki tingkat daktilitas yang memadai serta memungkinkan terbentuknya sendi plastis pada elemen struktur. Berdasarkan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, seluruh ketentuan yang tercantum di dalam peraturan tersebut merupakan persyaratan minimum yang digunakan sebagai pedoman dalam perencanaan ketahanan gempa pada bangunan gedung, kecuali untuk bangunan air, rumah tinggal satu lantai, struktur penahan gelombang, serta bangunan dengan sistem struktur khusus yang tidak umum (SNI 1726:2019).

2.3.8 Pembebanan

1. Beban Statis

Beban statis merupakan beban yang bekerja pada struktur secara tetap atau berubah sangat lambat terhadap waktu, sehingga pengaruh dinamisnya dapat diabaikan. Beban ini bekerja secara konstan dan tidak menimbulkan percepatan yang signifikan pada struktur. Dalam perencanaan struktur bangunan, beban statis umumnya meliputi beban mati (dead load) dan beban hidup (live load) yang diperhitungkan untuk menentukan kekuatan serta kestabilan elemen struktur (Imran & Susanto, 2018).

a. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah beban yang berasal dari berat sendiri seluruh komponen permanen pada suatu bangunan. Beban ini bersifat tetap selama umur bangunan dan tidak berubah terhadap waktu. Beban mati meliputi berat elemen struktur seperti kolom, balok, pelat lantai, dinding, atap, serta elemen non-struktural permanen seperti finishing lantai, plafon, dan instalasi tetap. Dalam perencanaan struktur, beban mati menjadi salah satu beban utama yang harus diperhitungkan karena bekerja secara terus-menerus pada struktur.

Tabel 2. 2 Beban Mati

Beban Mati	Besar Beban
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Spesi Lantai	210 kg/m ³
Plat Sendiri (12 cm)	288 kg/m ³
Instalasi Listrik	25 kg/m ³
Instlasi Perpipa	20 kg/m ³
Air	1000 kg/m ³
Tangga	400 kg/m ³
Ramp	450 kg/m ³

b. Beban Hidup (Live Dead)

Live load (beban hidup) adalah beban yang berasal dari penggunaan atau aktivitas di dalam bangunan dengan besar dapat berubah-ubah dan tidak bersifat permanen. Beban ini meliputi berat manusia, perabot, kendaraan, barang yang dipindahkan, serta peralatan yang tidak terpasang secara tetap pada bangunan. Berbeda dengan beban mati, beban hidup dapat berpindah tempat dan berubah nilainya sesuai dengan kondisi penggunaan ruang. Oleh karena itu, dalam perencanaan struktur bangunan, beban hidup harus diperhitungkan untuk memastikan struktur mampu menahan variasi beban selama masa pemakaian bangunan.

Tabel 2. 3 Beban hidup

Beban Hidup	Besar Beban
Kendaraan Sepeda Motor	400 kg/m ³
Plat Atap (10 cm)	100 kg/m ³

2. Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban yang bekerja pada struktur bangunan dengan perubahan terhadap waktu dan dapat menimbulkan percepatan atau getaran pada struktur. Beban ini tidak bekerja secara konstan, melainkan berubah-ubah baik dari segi besar maupun arahnya. Dalam perencanaan struktur bangunan, contoh beban dinamis antara lain beban gempa, beban angin, serta beban akibat getaran mesin atau kendaraan.

a. Beban Gempa

Gempa bumi merupakan peristiwa getaran yang terjadi akibat adanya kejutan atau pelepasan energi pada kerak bumi. Kejutan tersebut dapat dipicu oleh berbagai penyebab, namun salah satu penyebab utama adalah pergerakan atau gesekan antar lempeng kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Daerah tempat terjadinya pergeseran atau gesekan tersebut dikenal sebagai fault zone.

Beban gempa dapat diartikan sebagai beban statik ekuivalen yang bekerja pada suatu struktur bangunan untuk merepresentasikan pengaruh gerakan tanah akibat gempa. Apabila pengaruh gempa terhadap struktur

bangunan dianalisis menggunakan metode analisis dinamik, maka beban gempa yang dimaksud adalah gaya-gaya yang timbul di dalam struktur sebagai akibat dari pergerakan tanah saat gempa terjadi.

Kejutan akibat benturan atau pergeseran tersebut akan merambat dalam bentuk gelombang seismik. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi beserta bangunan yang berada di atasnya mengalami getaran. Ketika bangunan bergetar, akan timbul gaya-gaya pada struktur karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan keadaan diamnya. Gaya yang muncul akibat fenomena ini disebut gaya inersia.

Besarnya gaya inersia yang terjadi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- 1) Massa bangunan
- 2) Distribusi massa bangunan
- 3) Kekakuan struktur
- 4) Jenis tanah tempat bangunan berdiri
- 5) Mekanisme redaman struktur
- 6) Karakteristik serta besarnya getaran alami
- 7) Wilayah atau zona gempa
- 8) Periode getar alami bangunan

Dalam Tugas Akhir ini, beberapa faktor yang berpengaruh antara lain:

a. Kategori Resiko Bangunan

Untuk setiap kategori risiko pada struktur bangunan gedung maupun non gedung, sesuai dengan Pasal 4.1.2 SNI 1726:2019 Tabel 3, pengaruh gempa rencana wajib dikalikan dengan faktor keutamaan gempa.

Taabel 2. 4 Kategori Resiko Bangunan

Jenis Pemanfaatan	Katategori Risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,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 atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50

(Sumber SNI 1726-2019)

c. Parameter percepatan gempa

Parameter percepatan gempa adalah suatu besaran yang digunakan untuk menggambarkan tingkat intensitas pergerakan tanah akibat kejadian gempa bumi dalam proses perencanaan struktur. Mengacu pada SNI 1726:2019, parameter ini dinyatakan dalam bentuk percepatan spektral yang menjadi acuan utama dalam penentuan besarnya beban gempa rencana. Secara umum, parameter percepatan gempa terdiri dari beberapa komponen, yaitu:

1) Percepatan spektral periode pendek (S_s)

Merupakan nilai percepatan maksimum pada periode pendek ($\pm 0,2$ detik) yang mencerminkan respons struktur yang relatif kaku terhadap pengaruh gempa.

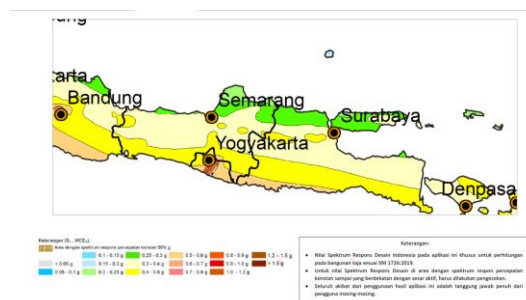
2) Percepatan spektral periode 1 detik (S_1)

Menunjukkan besarnya percepatan pada periode 1 detik yang merepresentasikan respons struktur dengan tingkat kelenturan sedang hingga tinggi.

3) Percepatan spektral desain (SDS dan SD1)

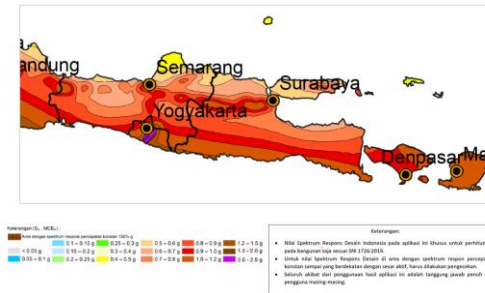
Merupakan nilai percepatan yang telah dikoreksi dengan mempertimbangkan kondisi tanah setempat melalui faktor amplifikasi, sehingga digunakan sebagai dasar dalam analisis perhitungan beban gempa rencana.

Dengan demikian, parameter percepatan gempa berperan penting sebagai indikator dalam mengevaluasi respons dinamis struktur terhadap gempa bumi. Parameter ini selanjutnya digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana agar struktur yang direncanakan mampu memenuhi persyaratan keamanan dan kinerja yang telah ditetapkan. Penentuan nilai S_s dan S_1 dilakukan dengan mengacu pada peta gempa yang tersedia pada laman <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>. Untuk memperoleh parameter percepatan gempa pada batuan dasar di lokasi tertentu, pengguna perlu memasukkan koordinat garis lintang dan garis bujur proyek, kemudian menekan tombol tampilkan untuk menampilkan hasilnya.



Gambar 2. 1 parameter S_s

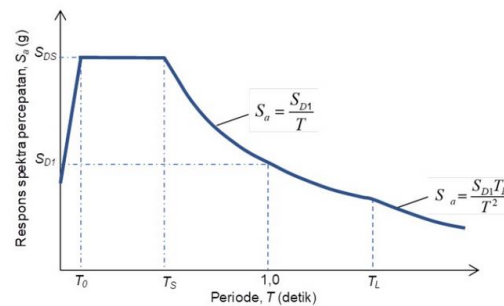
Peta Wilayah Gempa menurut SNI 1726-2019 Berdasarkan Parameter S_1



Gambar 2. 2 Parameter S1

Peta Wilayah Gempa menurut SNI 1726-2019 Berdasarkan Parameter Ss

Selanjutnya akan ditampilkan nilai spektrum respons percepatan desain (Ss) dalam bentuk grafik, dengan nilai Ss berada pada sumbu vertikal (y) dan periode (T) pada sumbu horizontal (x).



Gambar 2. 3 Spektral Respon Desain

d. Kelas situs

Kelas situs merupakan klasifikasi kondisi tanah pada lokasi bangunan yang digunakan dalam analisis beban gempa. Berdasarkan **SNI 1726:2019**, penentuan kelas situs bertujuan untuk memperhitungkan pengaruh tanah terhadap amplifikasi gelombang gempa. Klasifikasi ini didasarkan pada parameter geoteknik seperti kecepatan gelombang geser (V_{s30}), nilai N-SPT, dan kuat geser tanah (S_u).

Taabel 2. 6 kelas situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser nirair $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

e. Koefisien situs dan parameter situs spectral percepatan gempa

Penentuan respons spektral percepatan gempa pada permukaan tanah dilakukan dengan menggunakan koefisien kondisi situs, yaitu koefisien periode pendek 0,2 detik (F_a) dan koefisien periode 1 detik (F_v), yang nilainya mengacu pada ketentuan tabel dalam SNI 1726:2019.

Tabel 2. 7 Parameter respon Spektral

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s \leq 0,5$	$S_s \leq 0,75$	$S_s \leq 1,0$	$S_s \leq 1,25$	$S_s \leq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Catatan:

(a) SS= Situs yang memerlukan inestigasi geoteknik spesfik dan analisis resposns situs-spesfifk

(Sumber SNI 1726-2019)

Tabel 2. 8 Parameter Repsons Spektral Percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakanpada periode pendek, T =1 detik, S1

Kelas Situs	Parameter Repsons Spektral Percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakanpada periode pendek, T =1 detik, S1					
	$S_s \leq 0,1$	$S_s \leq 0,2$	$S_s \leq 0,3$	$S_s \leq 0,4$	$S_s \leq 0,5$	$S_s \leq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

Catatan:

(a) SS= Situs yang memerlukan inestigasi geoteknik spesfik dan analisis resposns situs-spesfifk

(Sumber SNI 1726-2019)

f. Parameter percepatan spectral design

1) Menghitung S_{ms} dan S_{mi}

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

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

2) Menghitung S_{ds} dan S_{d1}

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

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

g. Kategori desain seismik

Setiap struktur bangunan wajib ditentukan kategori desain seismiknya dengan mengacu pada kategori risiko sesuai ketentuan dalam SNI 1726:2019, serta mempertimbangkan parameter respons spektral

percepatan desain, yaitu nilai S_{DS} dan S_{D1} yang juga ditetapkan berdasarkan standar tersebut. Selanjutnya, masing-masing bangunan atau struktur harus diklasifikasikan ke dalam kategori desain seismik yang paling kritis atau lebih tinggi tingkat risikonya, dengan merujuk pada kedua tabel yang tercantum dalam SNI 1726:2019, sehingga perencanaan struktur dapat memenuhi tingkat keamanan yang dipersyaratkan.

Tabel 2. 9 Kategori Desain Seismik berdasarkan Paameter 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	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	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
$S_{DS} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DS} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber SNI 1726-2019)

h. Koefisiein modifikasi Repson

Koefisien modifikasi respons (R) adalah faktor dalam perencanaan struktur tahan gempa yang digunakan untuk mereduksi gaya gempa elastis menjadi gaya gempa rencana. Menurut SNI 1726:2019, nilai R

mencerminkan kemampuan struktur dalam berperilaku inelastis melalui daktilitas, disipasi energi, dan *redundansi*.

Dalam penerapannya, struktur tidak dirancang tetap elastis pada saat gempa besar, akan tetapi diizinkan mengalami deformasi plastis secara terkendali, sehingga desain menjadi lebih efisien dan ekonomis tanpa mengurangi keamanan. Nilai R dipengaruhi oleh jenis sistem struktur, tingkat daktilitas, dan kualitas detailing, serta harus mengacu pada SNI 1726:2019 agar kinerja struktur tetap memenuhi persyaratan keselamatan.

2.3.9 Struktur Atas

Struktur atas (*upper structure*) merupakan bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah dan berfungsi untuk menerima serta menyalurkan beban ke struktur bawah. kinerja struktur atas sangat dipengaruhi oleh sistem struktur yang digunakan, terutama dalam menghadapi beban gempa, karena berkaitan dengan kekakuan, kekuatan, dan daktilitas struktur. (Prabowo, Andy, 2012)

Pada penulisan tugas akhir ini penulis merencanakan Gedung parkir 4 lantai.

2.3.9.1 Perhitungan Pelat

2.3.9.1.1. Definisi Pelat

Pelat beton merupakan salah satu elemen struktur berbentuk bidang datar dengan ketebalan relatif kecil dibandingkan dimensi panjang dan lebarnya, yang berfungsi untuk menerima dan menyalurkan beban ke elemen struktur pendukung seperti balok dan kolom. Beban yang bekerja pada pelat meliputi beban mati, beban hidup, serta beban tambahan lain yang bekerja tegak lurus terhadap bidang pelat. Menurut SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, pelat dikategorikan sebagai elemen struktur dua dimensi yang dirancang untuk menahan momen lentur dan gaya geser akibat pembebanan tersebut. Ada 3 jenis perletakan pelat pada balok, sebagai berikut ini:

1. Terletak Bebas

Pelat dengan tumpuan sederhana (terletak bebas) merupakan kondisi di mana pelat hanya bertumpu pada balok tanpa adanya kekangan rotasi, sehingga pelat masih dapat berputar pada tumpuan. Pada kondisi ini, reaksi yang akan terjadi hanya berupa gaya vertikal,

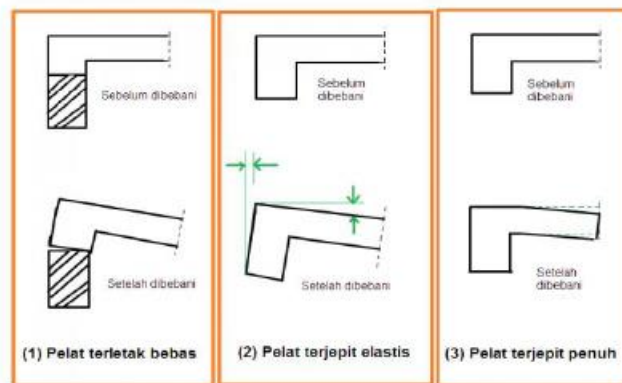
sedangkan momen di tumpuan dianggap nol. Akibatnya, momen maksimum terjadi di tengah bentang adalah momen positif

2. Terjepit Elastis

Pelat dengan tumpuan jepit elastis (semi kaku) merupakan kondisi perletakan di mana pelat dan balok memiliki kekakuan sebagian, sehingga rotasi pada tumpuan masih terjadi akan tetapi terbatas. Pada kondisi ini, selain gaya vertikal juga timbul momen di tumpuan dengan nilai tidak sebesar pada jepit penuh. Hal ini mengakibatkan distribusi momen yang lebih merata, yaitu adanya momen negatif kecil di daerah tumpuan dan momen positif di lapangan.

3. Terjepit Penuh

Pelat dengan tumpuan jepit penuh (*fixed support*) merupakan kondisi di mana pelat dan balok terhubung secara kaku (*monolit*), sehingga tidak terjadi rotasi pada tumpuan. Reaksi yang timbul tidak hanya gaya vertikal, akan tetapi juga momen yang cukup besar di daerah tumpuan. Pada kondisi ini menghasilkan momen negatif besar di atas balok dan momen positif yang lebih kecil di lapangan.



Gambar 2. 4 Terjepit Penuh

2.3.9.1.2 Macam Macam Sistem Pelat

Sistem pelat merupakan bagian dari sistem struktur lantai yang berfungsi untuk menahan dan menyalurkan beban ke elemen pendukung seperti balok, kolom, dinding, atau langsung ke pondasi. Sistem pelat direncanakan berdasarkan cara pelat tersebut menyalurkan beban, kondisi

tumpuan, serta interaksi dengan elemen struktur lainnya. Sistem perencanaan tulangan pada dasarnya dibagi menjadi dua macam, yaitu:

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

Pelat satu arah merupakan sistem pelat yang menyalurkan beban terutama pada satu arah, yaitu ke dua balok yang sejajar. Kondisi ini umumnya terjadi apabila perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek lebih dari dua ($L_y/L_x > 2$), sehingga pelat cenderung melentur dominan pada arah bentang pendek. Pada sistem ini, tulangan utama dipasang searah dengan bentang pendek karena momen terbesar terjadi pada arah tersebut, sedangkan tulangan pada arah lainnya berfungsi sebagai tulangan pembagi atau susut. Berdasarkan SNI 2847:2019, perencanaan pelat satu arah harus memperhatikan kekuatan lentur, geser, serta batas lendutan agar struktur tetap aman dan memenuhi kriteria layan.

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

Pelat dua arah adalah pelat yang menyalurkan beban ke dua arah sekaligus, yaitu ke balok atau tumpuan di keempat sisinya. Sistem ini terjadi apabila perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek kurang dari atau sama dengan dua ($L_y/L_x \leq 2,0$) sehingga pelat mengalami lentur dalam dua arah.

$$\beta = L_y/L_x \leq 2,0 \text{ (Pelat dua arah)}$$

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 ($L_y/L_x > 2,0$), 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 Ketebalan Minimum pleta dua arah non prategang
tanpa balok interior

Tabel 2. 11 Tebal Minimum Pelat tanpa Balok Interior

Fy, Mpa	Tanpa Drop Panel					
	Panel eksterior		Panel Interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
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 $0.2 < \alpha_{Fm} \leq 0,2$ dipilih nilai erbesar dari

$$h_{min} = \frac{In (0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0.2)}$$

$$h_{min} = 125$$

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

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

$$h_{min} = 90$$

Dengan :

$$\alpha_f = \frac{Ec \text{ balok} \times I \text{ balok}}{Ec \text{ pelat} \times I \text{ pelat}}$$

$$Ec = 47000\sqrt{fc}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{2} \cdot b \cdot h^3$$

$$I \text{ Pelat} = \frac{1}{2} \cdot Ib \cdot hf^3$$

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 dise 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, mm

h =tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm

ℓ_b = Panjang komponen struktur tekan alam rangka, yang diukur pusat ke pusat *joint* dalam rangka

H_f = tebal pelat rencana, mm

2.9.9.1.3 Sistem Penulangan Pelat

Sistem penulangan pada pelat secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu perencanaan pelat dengan tulangan utama satu arah (one way slab) dan perencanaan pelat dengan tulangan utama dua arah (two way slab).

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

Sistem penulangan pelat satu arah adalah penempatan tulangan pada pelat beton yang bekerja dominan dalam satu arah, yaitu arah bentang pendek. Menurut Badan Standardisasi Nasional dalam SNI 2847:2019, pelat dikategorikan satu arah apabila perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek ≥ 2 , sehingga beban utama disalurkan ke dua sisi tumpuan.

Pada sistem ini, tulangan utama dipasang searah bentang pendek untuk menahan momen lentur, dan ditempatkan di bagian bawah pelat pada daerah lapangan (momen positif). Jika pelat menerus, ditambahkan tulangan atas di daerah tumpuan untuk menahan momen negatif. Tulangan distribusi dipasang tegak lurus tulangan utama dan berfungsi mengontrol retak akibat susut dan temperatur.

Dengan demikian, penulangan pelat satu arah berfokus pada tulangan utama sebagai penahan momen dan tulangan distribusi sebagai pengendali retak agar pelat aman dan tidak mudah retak.

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

Sistem penulangan pelat dua arah adalah metode penempatan tulangan pada pelat beton yang bekerja dalam dua arah sekaligus, yaitu arah panjang dan arah pendek. Menurut Badan Standardisasi Nasional dalam SNI 2847:2019, pelat dikategorikan sebagai pelat dua arah apabila perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek < 2 , sehingga beban didistribusikan ke keempat sisi tumpuan.

Pada sistem ini, tulangan dipasang dalam dua arah saling tegak lurus (arah X dan Y), baik pada bagian bawah pelat untuk menahan momen positif di lapangan maupun pada bagian atas pelat di daerah tumpuan untuk menahan momen negatif. Karena pelat bekerja dua arah, jumlah dan distribusi tulangan pada kedua arah harus diperhitungkan agar mampu menahan momen yang terjadi secara merata.

Dengan demikian, penulangan pelat dua arah menekankan penggunaan tulangan pada dua arah untuk menahan momen lentur serta mengontrol retak agar struktur pelat tetap aman dan kaku.

2.3.9.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat

Pada perencanaan dimensi pelat beton bertulang diperlukan beberapa persyaratan atau ketentuan sebagai berikut:

1. Pada perhitungan pekat, lebar efektif pelat harus diambil selebar kolom ditambah $1,5 h$ dari pelat atau drop panel pada salah satu 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 stuktur pendukung

$$L = L_n + h \text{ dan } L < L_{as-as}$$

- b. Pelat yang menyatu dengan struktur pendukung jika $L_n \leq 3,0 \text{ m}$, maka $L < L_{as-as}$. Jika $L = L_n + 2 \times 50 \text{ mm}$ (PBI – 1971)

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. 12 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 $\alpha_{fm} = \alpha f$ rata-rata, dimana α adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan rumus:

$$\alpha f = \frac{E_c b / I_b}{E_c p / I_p}$$

Jika $\alpha_{fm} \leq 2,0$ maka ketebalan mengikuti ketentuan pada tabel yang dipoint 23.4

Jika $0,2 < \alpha_{fm} \leq 2,0$ maka dipilih angka yang paling besar dari $h =$

$$\frac{L_n (0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5 \cdot \beta \cdot (\alpha m - 0,2)}$$

$$H = 125 \text{ mm}$$

Jika $\alpha_{fm} > 2$ maka dipilih angka yang paling besar dari :

$$h = \frac{L_n (0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9 \cdot \beta}$$

$$h = 90 \text{ mm}$$

dengan β = rasio bentngan bersih dari 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 ≥ 20 mm
 - b. Untuk batang tulangan D44-D55, tebal selimut beton ≥ 40 mm

2.3.9.1.5 Perencanaan penulangan pelat

Pada perencanaan pelat beton bertulangan, diperlukan perhatian 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 1,5db
2. $S \geq d_b$ dan $s \geq 25$ mm (d_b adalah diameter tulangan)
3. SNI 2847 – 2019 pasal 25.2.3 $s \geq \frac{4}{3} \times$ Diameter maksimal agregat, atau $s \geq 40$ mm

Catatan : diameter nominal maksimal kerikil ≈ 30 mm

4. Jarak aksial tulangan (as ke as)
 - a. Tulangan pokok

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

Pelat 2 arah : $s \leq 2.h$ dan $s \leq 450$ mm (pasal 7.7.2.2)
 - b. Tulangan Bagi:

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

Luas tulangan minimum pelat

5. Tulangan pokok minimum (SNI 2847 -2019 pasal 8.6.1..1)

Untuk $f_y < 420$ Mpa, maka diambil nilai dari:

$$A_{s,min} = 0,0020 b.h$$

Untuk $f_y \geq 420$ Mpa, maka diambil nilai terbesar dari:

$$A_{s,min} = \frac{0,0018.420}{f_y} b.h$$

$$A_{s,min} = 0,0014 b.h$$

6. Menghitung rasio tulangan pada kondisi balance:

$$7. \rho_b = \frac{0,85.B_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right)$$

Dimana:

ρ_b = rasio tulangan pada kondisi balance

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

f_y = kuat leleh tulangan yang disyaratkan , MPa

f_c' =kekuatan tekan beton yang disyaratkan, MPa

Menghitung factor tahanan momen maksimum:

$$R_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \cdot f_y \left(1 - 0,050 \cdot 0,75 \cdot \rho_b \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \right) \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana:

R_{max} = factor keamanan momen maksimum

8. Menghitung momen nominal rencana :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

Dimana :

M_n = momen nominal rencana pelat, kNm

M_u =momen rencana (maksimum) pelat, kNm

ϕ =factor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,80$

9. Menghitung factor tahanan momen

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

Dimana :

R_n =faktor tahanan momen nominal

b =lebar pelat yang ditinjau,mm

d =tebal efektif pelat,mm

a. Rasio tulangan yang diperlukan:

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

b. Perhitungan luas tylangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot d \cdot b$$

1. Jarak tulangan yang diperlukan:

$$s = \frac{\frac{n}{4} \cdot \theta^2 \cdot b}{A_s}$$

2. Jarak tulangan maksimum:

$$S_{max} = 2 \cdot h$$

Dimana :

S =jarak tulangan,mm

θ = 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-pretegang, mm ²

2.3.9.2 Perhitungan Balok

2.3.9.2.1 Definisi Balok

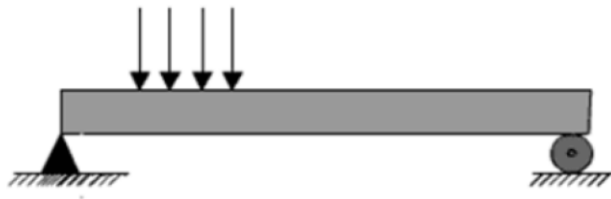
Balok merupakan elemen struktur utama dalam bangunan yang berfungsi untuk menahan dan menyalurkan beban, terutama beban *transversal* (tegak lurus terhadap sumbu elemen), menuju elemen struktur lain seperti kolom atau dinding penumpu. Dalam perencanaan struktur beton bertulang, balok bekerja dengan mekanisme lentur (*bending*), sehingga mengalami kombinasi tegangan tekan pada serat atas dan tegangan tarik pada serat bawah akibat beban yang bekerja.

Menurut ketentuan dalam SNI 2847:2019, balok didefinisikan sebagai elemen struktur yang memiliki panjang relatif lebih besar dibandingkan dimensi penampangnya dan dirancang untuk memikul gaya lentur, geser, serta dalam kondisi tertentu juga gaya torsi. Dalam perencanaannya diperlukan penulangan utama yaitu tulangan tarik dan tekan serta tulangan geser (sengkang) untuk menjamin kekuatan, kekakuan, dan *daktilitas* struktur.

Balok dapat diklasifikasikan berdasarkan kondisi perletakkannya menjadi balok sederhana, balok menerus, dan balok kantilever (Setiawan, 2016). Berikut adalah jenis-jenis balok berdasarkan kondisi perletakan dan system penumpuannya:

1. Balok sederhana (*Simply Supported Beam*)

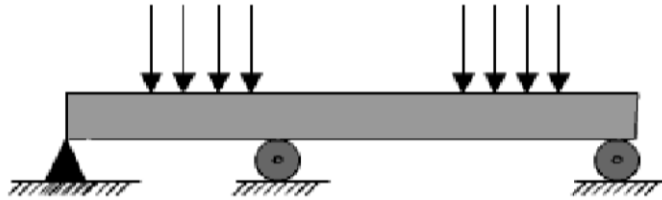
Balok sederhana adalah balok yang ditumpu pada kedua ujungnya, yaitu dengan kombinasi tumpuan sendi dan rol. Pada balok ini tidak terdapat momen jepit di tumpuan, sehingga momen lentur maksimum terjadi pada tengah bentang balok. Balok jenis ini memiliki kelebihan dalam kemudahan analisis, namun kurang efisien dibandingkan balok menerus dikarenakan momen maksimum relatif lebih besar.



Gambar 2. 5 Balok Sederhana

2. Balok Menerus (*Continuous Beam*)

Balok menerus merupakan balok yang memiliki lebih dari dua tumpuan atau terdiri dari beberapa bentang yang saling terhubung. Pada balok ini terjadi momen negatif di daerah tumpuan dan momen positif di lapangan. Keuntungan balok menerus adalah distribusi gaya dalam yang lebih merata sehingga lebih ekonomis dalam penggunaan material dan lebih kaku dibandingkan balok sederhana.



Gambar 2. 6 Balok Menerus

3. Balok Kantilever (*Cantilever Beam*)

Balok kantilever adalah balok yang hanya memiliki satu tumpuan jepit pada salah satu ujungnya, sedangkan ujung lainnya bebas. Momen maksimum terjadi di daerah tumpuan jepit dan nilainya cukup besar dibandingkan jenis balok lainnya. Balok ini sering digunakan pada struktur yang menjorok seperti balkon, kanopi, dan overhang bangunan.



Gambar 2. 7 Kantilever

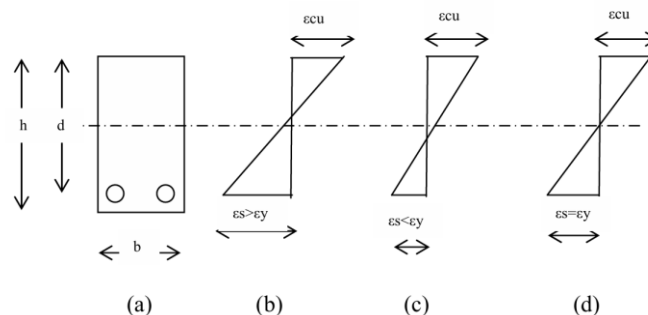
2.3.9.2.2 Balok dengan Tulangan Tunggal

Balok tulangan tunggal adalah balok yang hanya menggunakan tulangan tarik, sedangkan gaya tekan sepenuhnya ditahan oleh beton (Setiawan, 2016). Pada balok ini, gaya tekan sepenuhnya ditahan oleh beton, sedangkan gaya tarik ditahan oleh tulangan baja.

Perilaku struktur pada balok tulangan tunggal saat menerima beban lentur ditandai dengan serat bagian atas mengalami gaya tekan yang sepenuhnya ditahan oleh beton, sedangkan pada serat bagian bawah mengalami gaya tarik yang ditahan oleh tulangan baja. Distribusi tegangan yang terjadi pada penampang balok mengikuti pola linier sesuai dengan asumsi teori lentur. Jenis balok ini umumnya digunakan pada saat kondisi momen yang tidak terlalu besar, sehingga beton masih mampu menahan gaya tekan tanpa memerlukan tambahan tulangan tekan.

Jenis keruntuhan pada balok beton bertulang terdiri dari tiga, yaitu:

1. Keruntuhan tarik (under reinforced), terjadi pada rasio tulangan kecil sehingga tulangan telah leleh sementara beton belum mencapai regangan maksimum (0,003), dan bersifat daktil;
2. Keruntuhan tekan (over reinforced), terjadi pada rasio tulangan besar sehingga beton telah hancur sebelum tulangan leleh, dan bersifat getas;
3. Keruntuhan seimbang (balanced), terjadi pada rasio tulangan tertentu sehingga tulangan leleh dan beton mencapai regangan maksimum secara bersamaan, serta bersifat getas.



Gambar 2. 8 Distribusi regangan dan tegangan pada Balok Tulangan tunggal

Keterangan Gambar 2.1.

Gb (a) Penampang balok bertulangan tunggal

Gb (b) Distribusi regangan ultimate pada keruntuhan under reinforced

Gb (c) Distribusi regangan ultimate pada keruntuhan over reinforced

Gb (d) Distribusi regangan ultimate pada keruntuhan balance

2.3.9.2.3 Balok dengan Tulangan Rangkap

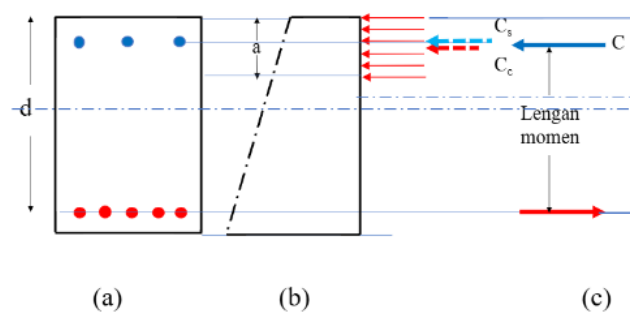
Balok tulangan rangkap adalah balok beton bertulang yang memiliki tulangan tarik dan tulangan tekan. Tulangan tarik ditempatkan pada daerah yang mengalami tarik akibat momen lentur yang terletak di bagian bawah balok, sedangkan tulangan tekan ditempatkan pada daerah tekan yaitu pada bagian atas balok.

Penggunaan balok tulangan rangkap dilakukan apabila kapasitas balok dengan tulangan tunggal tidak lagi mencukupi untuk menahan momen yang bekerja, atau ketika dimensi balok dibatasi sehingga tidak memungkinkan untuk diperbesar. Dengan adanya tulangan tekan, kapasitas momen lentur balok dapat ditingkatkan tanpa harus menambah tinggi penampang.

Secara perilaku, pada balok tulangan rangkap:

- 1) Beton tetap berfungsi menahan gaya tekan utama
- 2) Tulangan tarik menahan gaya tarik akibat lentur
- 3) Tulangan tekan membantu menambah kapasitas tekan serta meningkatkan daktilitas balok

Selain itu, balok tulangan rangkap juga digunakan pada kondisi di mana balok mengalami pembalikan momen, sehingga bagian atas dan bawah balok secara bergantian dapat mengalami tarik.



Gambar 2. 9 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Rangkap

Gambar 5.2. Balok bertulangan rangkap:

(a) Penampang balok bertulangan rangkap

(b) tegangan dan gaya tekan

(c) gaya tekan dan tarik dalam balok

2.3.9.2.4 Perencanaan Dimensi Balok

Pada perencanaan dimensi balok beton bertulangan perlu diperhatikan beberapa persyaratan/ketentuan sebagai berikut

1. Syarat kelangsingan balok

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

Tabel 2. 13 Tinggi minimum Balok Non -Prategang

Kondisi Perletakan	Minimum h
Perletakan 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 $\frac{0,4+f_y}{700}$

$$\frac{h}{b} \geq 3$$

Dimana:

ℓ = panjang balok, mm

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 minimum

Tabel 2. 14 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 > D 57	50
	Batang D 16 kawat $\leq \emptyset$ 13 atau D13	40
Tidak terpapar cuaca kontak dengan tanah	Tulangan utama Sengkang, Sengkang ikat, spiral dan Sengkang pengekang	40

(Sumber SNI 2847 -2019)

2.3.9.2.5 Perencanaan Penulangan Balok

Perencanaan tulangan balok beton bertulang dilakukan untuk memastikan elemen struktur mampu menahan gaya dalam serta memenuhi persyaratan kekuatan dan kelayakan. Secara umum, perencanaan meliputi penentuan dimensi penampang, analisis gaya dalam, serta penentuan kebutuhan tulangan.

1. Perencanaan Lentur

Perencanaan lentur bertujuan untuk menjamin balok mampu menahan momen yang bekerja. Tulangan tarik utama ditentukan berdasarkan momen terfaktor dengan syarat bahwa kapasitas momen nominal yang telah dikalikan faktor reduksi kekuatan (ϕ) harus lebih besar dari momen yang bekerja (M_u). Ketentuan ini diatur dalam Pasal 9 dan Pasal 22. Selain itu, SNI juga menetapkan batas minimum dan maksimum tulangan (Pasal 9.6.1) untuk menjamin perilaku daktail serta mencegah keruntuhan getas.

2. Perencanaan Gaya Geser

Perencanaan geser dilakukan untuk mencegah kegagalan balok akibat gaya geser. Dalam hal ini, balok harus dilengkapi dengan tulangan geser (sengkang) yang mampu menahan kelebihan gaya geser setelah dikurangi kontribusi beton. Ketentuan mengenai perhitungan kuat geser dan kebutuhan tulangan geser diatur dalam Pasal 22.5 dan Pasal 9.7. Apabila balok juga mengalami torsi, maka diperlukan tambahan tulangan berupa sengkang tertutup dan tulangan longitudinal sesuai Pasal 22.7.

3. Perencanaan Lendutan

Selain kekuatan, balok juga harus memenuhi persyaratan kelayakan, khususnya terhadap lendutan. Pemeriksaan lendutan dilakukan untuk memastikan bahwa deformasi yang terjadi tidak mengganggu fungsi dan kenyamanan struktur. Ketentuan mengenai batas lendutan diatur dalam Pasal 9.6. Selain itu, pengaturan detail penulangan seperti jarak antar tulangan, panjang penyaluran (development length), dan penempatan tulangan diatur dalam Pasal 25 untuk mendukung kinerja struktur secara keseluruhan.

2.3.9.3 Perhitungan Kolom

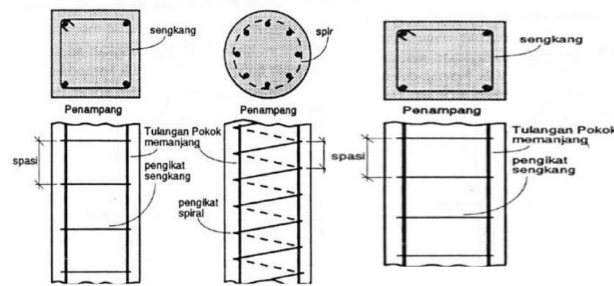
2.3.9.3.1 Definisi Kolom

Kolom merupakan elemen struktur vertikal yang berfungsi menahan dan meneruskan beban dari bagian atas bangunan ke bagian bawah hingga pondasi. Secara umum, kolom bekerja sebagai elemen tekan yang menahan gaya aksial, namun dalam kondisi nyata juga dapat mengalami kombinasi gaya aksial dan momen lentur, sehingga menjadi elemen struktur yang sangat penting dalam menjaga kestabilan bangunan.

Dalam desain struktur, kolom harus direncanakan dengan tingkat keamanan yang lebih tinggi dibandingkan balok, karena kalau terjadi kegagalan akibat gaya tekan cenderung terjadi secara tiba-tiba dan tidak memberikan indikasi awal sebelum keruntuhan.

Beberapa jenis kolom yang umum dijumpai di lapangan antara lain sebagai berikut:

- a. Kolom berpenampang persegi (tie column), yaitu kolom yang menggunakan tulangan pokok memanjang serta dilengkapi tulangan pengikat (sengkang) lateral dengan jarak tertentu sepanjang elemen kolom.
- b. Kolom berpenampang bulat (spiral column), yaitu kolom dengan tulangan pokok memanjang yang dililit oleh tulangan spiral membentuk heliks secara kontinu sepanjang kolom.
- c. Kolom komposit (composite column), yaitu elemen struktur tekan yang tersusun dari kombinasi baja profil atau pipa dengan beton, dengan atau tanpa tulangan pokok memanjang.



Gambar 2. 10 Jenis Jenis Kolom

(Sumber: [Definisi, Fungsi, Jenis, dan Perhitungan Kolom dalam Bangunan](#))

Hasil percobaan menunjukkan bahwa kolom spiral memiliki daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan kolom dengan sengkang ikat persegi. Pada kolom persegi, keruntuhan terjadi secara mendadak setelah beban puncak tercapai, sementara kolom spiral mengalami degradasi kekuatan yang relatif kecil dan mampu mengalami deformasi yang lebih besar sebelum runtuh.

Pada Sni 2847-2019 pasal 6.2.5 membedakan antara kolom Panjang dan kolom pendek untuk kolom bergoyang adalah sebagai berikut:

$$\frac{k \cdot L_u}{r} \leq 22 \quad (\text{Kolom Pendek})$$

$$\frac{k \cdot L_u}{r} > 22 \quad (\text{Kolom Panjang})$$

Keterangan:

L_u = panjang kolom tanpa tumpuan lateral,

k = faktor panjang efektif,

r = adalah jari-jari inersia penampang, yaitu 0,3h untuk kolom persegi dan 0,25D untuk kolom bulat.

2.3.9.3.2 Kekuatan Kolom

Kekuatan kolom pendek dengan beban aksial konsentris merupakan hasil kontribusi beton dan tulangan. Kontribusi beton tanpa tulangan dinyatakan dengan:

$$P_c = 0.85 f'_c (A_g - A_s)$$

Sementara itu, kontribusi tulangan baja terhadap kapasitas aksial adalah:

$$P_c = f_y A_s$$

Dengan :

A_s =luas total tulangan baja

A_g =luas penampang bruto

F_c' =kuat tekan Beton

F_y =kuat leleh tulangan baja

Faktor 0,85 digunakan untuk memperhitungkan perbedaan antara kuat tekan beton pada struktur aktual dengan kuat tekan hasil pengujian silinder yaitu $f_c' = 0.85.f_c'$. berdasarkan persamaan tersebut, kekuatan aksial kolom adalag penjumlahan dari:

$$P_o = 0.85 f_c' (A_g - A_s) + f_y A_s$$

Dalam SNI 2847-2019 pasal 22.4.2.1 mengatur bahwa kekuatan kolom harus dikalikan dengan faktor reduksi, sehingga diperoleh persamaan kekuatan sebagai berikut.

1. Kolom dengan tulangan Spiral

$$P_{n,max}=0,85.P_o$$

2. Kolom dengan tulangan pengikat/Sengkang

$$P_{n,max}=0,80.P_o$$

Sesuai SNI 2847:2019 Pasal 21.2.1, kekuatan nominal pada elemen tekan perlu dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan, sehingga diperoleh nilai kekuatan rencana sebagai berikut.

1. $\Phi = 0.75$ untuk kolom tulangan spiral
2. $\Phi = 0,75$ untuk kolo tulangan pengikat

Dalam SNI 2847:2019, untuk komponen struktur dengan mutu tulangan $f_y \leq 420$ MPa dan penulangan simetris, faktor reduksi kekuatan (Φ) dapat ditingkatkan secara linier sehingga mencapai nilai 0,9 apabila $\Phi P_n \leq 0,10 f_c' A_s$. Sementara itu, untuk kolom dengan mutu tulangan $f_y \geq 420$ MPa, nilai Φ juga dapat dinaikkan secara linier hingga 0,9 dengan syarat $\Phi.P_n$ tidak melebihi nilai terkecil antara $0,10.f_c'.A_g$ dan $\Phi.P_n.b$.

Untuk kolom dengan tulangan sengkang, ketentuan faktor reduksi kekuata Φ ditetapkan sebagai berikut:

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

Dimana:

P_u = gaya aksial tekan terfaktor (kN)

$P_u \Phi$ = gaya aksial terfaktor pada batas nilai Φ yang ditentukan (kN)

$P_{n,b}$ = gaya aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (kN)

A_g = luas penampang bruto kolom (mm²)

Φ = faktor reduksi kekuatan.

Ada dua tipe kekuatan kolom yang mengalami beban aksial yaitu:

1. Keruntuhan Tarik
2. Keruntuhan Tekan

2.3.9.3.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Berdasarkan MacGregor (1997), pemilihan tipe kolom dipengaruhi oleh rasio eksentrisitas (e/h). Hal ini juga didukung oleh penelitian lain yang menunjukkan bahwa peningkatan rasio e/h akan mengubah perilaku kolom dari dominan tekan menjadi dominan lentur/tarik serta mempengaruhi kapasitas dan daktilitas kolom. Kriteria pemilihannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Untuk nilai $\frac{e}{h} < 0,1$, kolom berpenampang bulat dengan tulangan sengkang berbentuk *spiral* lebih efisien digunakan, khususnya dalam kapasitas menahan beban aksial.
2. Untuk rentang $0,1 \leq \frac{e}{h} \leq 0,2$, kolom berpenampang persegi dengan penulangan pada dua sisi (*two faces*) merupakan pilihan yang lebih efisien dikarenakan mampu mengakomodasi kombinasi gaya aksial dan momen yang seimbang.
3. Untuk nilai $\frac{e}{h} > 0,2$, kolom berpenampang persegi dengan penulangan pada keempat sisi (*four faces*) lebih efisien, mengingat pengaruh momen lentur yang semakin dominan.

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 22.4.2.1, kuat tekan rencana maksimum ΦP_n untuk komponen struktur tekan yang menerima beban aksial dengan eksentrisitas nol dapat dinyatakan sebagai berikut:

1. Komponen struktur non-prategang dengan tulangan spira

$$\Phi P_{n,max} = 0,85 \cdot [0,85 f_c' (A_g - A_s) + A_{st} f_y]$$

2. Komponen Struktur non-pratekan dengan tulangan pengikat:

$$\Phi P_{n,max} = 0,80 \cdot [0,85 f_c' (A_g - A_s) + A_{st} f_y]$$

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

$$A_g = \frac{P_u}{0,80 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' (1 - p_g))}$$

2.3.9.3.4 Perhitungan Faktor Panjang Tekuk Efektif Kolom

Berdasarkan pada ketentuan SNI 2847:2019 Pasal 6.2.5, komponen struktur tekan yang tidak mengalami goyangan samping (*non-sway*), pengaruh kelangsingan dapat diabaikan apabila memenuhi batas berikut.

$$\frac{K \cdot L_u}{r} \leq 22$$

Nilai faktor panjang efektif $((EI)_{eff})$ ditentukan berdasarkan modulus elastisitas beton E_c dan momen inersia penampang (I). Untuk komponen struktur tidak bergoyang, faktor panjang efektif k dapat diambil sebesar 1,0, sedangkan untuk komponen yang bergoyang, nilai k tidak boleh diambil kurang dari batas minimum yang disyaratkan.

$$E_c + 4700 \sqrt{f_c'}$$

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

Dimana:

E_c = Modulus elastisitas beton, MPa

f_c' = Kuat Tekan Beton, MPa

$((EI)_{eff})$ = factor Panjang efektif

I = momen inersia penampang sumbu pusat, mm⁴

β_{ans} = 0.6 rasio yang digunakan untuk perhitungan reduksi kekakuan kolom akibat beban aksial tetap

Selanjutnya, pemeriksaan kelangsingan kolom perlu dilakukan pada kedua arah utama penampang (arah x dan y) sesuai ketentuan SNI 2847:2019. Apabila kolom yang ditinjau tergolong kolom langsing, maka pengaruh tekuk harus diperhitungkan melalui kapasitas beban kritis kolom (P_c) yang dinyatakan sebagai:

$$P_C = \frac{n^2(EI)ef f}{(k\ell_u)^2}$$

Dimana:

P_c = gaya tekuk.kN

2.3.9.3.5 Faktor Pembesaran Momen

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 , pada kolom yang tergolong langsing, momen yang terjadi harus diperhitungkan dengan memasukkan pengaruh pembesaran momen melalui faktor pembesaran.

Momen terfaktor yang telah diperbesar dapat dinyatakan sebagai:

$$M_c = \delta M_2$$

Dimana:

M_c = momen terfaktor pada orde pertama, kNm

M_2 = momen pada ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen struktur tekan. M_2 diambil sebagai momen terbesar yang terjadi dalam komponen struktur yang nilainya selalu positif, kNm

δ = faktor pembesaran momen

Nilai M_2 tidak boleh diambil lebih kecil dari momen minimum yang disyaratkan, yaitu:

$$M_{2.min} = p_u (15 + 0,03 h)$$

Dimana:

P_u = gaya aksial terfaktor,kN

h = gaya tekuk kN

Faktor pembesaran momen δ dapat dihitung dengan cara:

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}}$$

Dimana :

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

P_u = gaya aksial terfaktor, kN

P_c = gaya tekuk,kN

Nilai factor C_m dapat dihitung sesuai dengan SNI 2847 -2019 sebagai berikut:

1. Untuk kolom tanpa beban transversal yang bekerja pada tumpuan

$$C_m = 1,0 - 0,4 \frac{M_{1s}}{M_{2s}}$$

Untuk arah X dan Y nilai factor pembesaran momen dihitung dengan memperhitungkan pengaruh momen berikut:

$$M_1 = M_{1s} + \delta M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta M_{2s}$$

Dimana:

M_{1ns} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan di lokasi kerja M_1 , yang diakibatkan oleh beban dengan pengaruh goyangan samping yang tidak signifikan, dihitung berdasarkan hasil analisis rangka elastis orde pertama dan dinyatakan dalam satuan kNm

M_{1s} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan di lokasi kerja M_1 , yang diakibatkan oleh beban dengan pengaruh goyangan samping yang signifikan, ditentukan berdasarkan hasil analisis rangka elastis orde pertama dan dinyatakan dalam satuan kNm.

M_{2ns} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan di lokasi kerja M_2 , yang diakibatkan oleh beban dengan pengaruh goyangan samping yang tidak signifikan, dihitung berdasarkan hasil analisis rangka elastis orde pertama dan dinyatakan dalam satuan kNm.

M_{2s} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan di lokasi kerja M_2 , yang diakibatkan oleh beban dengan pengaruh goyangan samping yang signifikan, ditentukan berdasarkan hasil analisis rangka elastis orde pertama dan dinyatakan dalam satuan kNm.

Perbandingan M_1/M_2 bernilai negatif apabila kolom mengalami kelengkungan tunggal (*single curvature*), dan bernilai positif apabila mengalami kelengkungan ganda (*double curvature*). Dalam hal ini, M_1 merepresentasikan momen ujung dengan nilai absolut yang lebih kecil.

2.3.9.3.6 Perencanaan Tulangan Longitudinal

Mengacu pada SNI 2847:2019 Pasal 10.6.1.1, luas tulangan longitudinal pada kolom harus berada dalam rentang antara $0,01 A_g$ hingga $0,08 A_g$. Batas minimum ini diperlukan agar kolom tetap memiliki kapasitas dalam menahan gaya lentur, meskipun hasil analisis menunjukkan kebutuhan tulangan yang lebih kecil.

Keberadaan tulangan minimum juga berfungsi untuk mengurangi pengaruh rangkai dan susut beton. Kedua faktor tersebut dapat menyebabkan redistribusi beban dari beton ke tulangan, sehingga apabila rasio tulangan terlalu kecil, tegangan pada baja dapat meningkat.

Pembatasan jumlah tulangan maksimum bertujuan memastikan agar beton dapat dipadatkan dengan baik di sekitar tulangan serta menjaga kesesuaian antara kondisi aktual di lapangan dengan asumsi perencanaan. Batas maksimum sebesar $0,08 A_g$ berlaku untuk seluruh penampang, termasuk pada daerah sambungan lewatan

Dalam perencanaan, rasio tulangan longitudinal umumnya dibatasi sekitar 4%, khususnya pada kolom dengan sambungan lewatan. Hal ini dikarenakan pada daerah sambungan terjadi penumpukan tulangan yang dapat mencapai dua kali lipat, sehingga berpotensi menyulitkan pelaksanaan konstruksi (MacGregor, 1997).

Untuk menentukan kebutuhan tulangan longitudinal akibat kombinasi gaya aksial dan momen lentur, digunakan diagram interaksi yang menggambarkan hubungan antara kapasitas aksial dan momen pada penampang kolom .

$$\frac{h'}{h}$$

Dimana

h' = jarak as ke as antar tulangan,mm

h = tinggi penampang kolom,mm

Persyaratan eksentritas minimum dari kolom:

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

Eksentritas total beban yang bekerja:

$$e_t = \frac{M_u}{P_u}$$

Dimana

M_u =momen toal terfaktor,kNm

P_u =gaya aksial total terfaktor,kN

Koefisien pada sumbu vertical diagaram interaksi M-P

$$\frac{P_u}{\phi \cdot A_g \cdot 0.85 \cdot f_c'}$$

Koefisien pada sumbu horizontal Diagaram interaksi M-P

$$\frac{P_u}{\phi \cdot A_g \cdot 0.85 \cdot f_c'} \cdot \frac{e_t}{h}$$

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

$$A_s = \rho \cdot A_g$$

A_s =luas tulangan perlu,mm²

Selanjutnya perlu dicari jumlah tulangannya n dengan cara berikut:

$$n = \frac{A_s}{A_{s1}}$$

dengan rumus per satuan tulangannya adalah

$$A_{s1} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

Dimana :

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

D =diameter tulangan,mm²

2.3.9.3.7 Tulangan Geser Kolom

Pada prinsipnya, perencanaan tulangan geser pada kolom memiliki konsep yang serupa dengan tulangan geser pada balok. Namun demikian, pada kolom, khususnya di daerah ujung (*end regions*), diperlukan perhatian khusus karena bagian tersebut berperan penting dalam memenuhi persyaratan kinerja struktur tahan gempa.

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 22.5.1.1, kapasitas geser pada komponen struktur beton bertulang merupakan kontribusi gabungan dari kuat tekan beton dan kuat tarik tulangan geser, yang dinyatakan melalui hubungan perumusan tertentu.

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana:

V_n = kuat geser nominal, kN

V_c = kuat geser nominal beton, kN

V_s = kuat geser nominal tulangan, kN

Dalam perencanaan penampang, dimensi elemen struktur harus memenuhi batasan tertentu untuk mencegah terjadinya keruntuhan geser berupa retak diagonal tekan serta untuk mengontrol perkembangan retak pada beton. Oleh karena itu, ukuran penampang perlu direncanakan sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam SNI 2847:2019 Pasal 22.5.1.2.

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

Untuk elemen yang mengalami gaya aksial tekan, kontribusi kuat geser nominal beton dapat dihitung dengan mempertimbangkan pengaruh gaya aksial tersebut, sebagaimana diatur dalam SNI 2847:2019 Pasal 22.5.6.1.

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

Dimana:

λ = 1 (beton normal)

b_w = lebar penampangan, mm

d = tinggi efektif penampang, mm

Dalam menentukan kontribusi kuat geser nominal dari tulangan, harus dipenuhi persyaratan sesuai ketentuan SNI 2847:2019 Pasal 22.5.10.1, di mana kapasitas geser total elemen harus memenuhi hubungan antara kontribusi beton dan tulangan geser.

$$V_n \geq \frac{V_c}{\phi} - V_c$$

Untuk mendapatkan nilai V_s dapat ditentukan dengan rumus persamaan berikut:

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} . d}{s}$$

Dimana:

S = spasi longitudinal sengkang, mm
 A_v = Luas efektif semua kaki tulangan atau kawat dengan spasi, mm

Untuk spasi maksimum tulangan geser dapat ditentukan menggunakan table berikut yang mengacu pada SNI 2847-2019

Taabel 2. 15 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
$\leq 0,33 \sqrt{f_c' b_w d}$	Terkecil dari	$d/4$
		300

2.3.10 Pondasi

2.3.10.1 Definisi Pondasi

Fondasi merupakan bagian struktur bawah yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah pendukung secara aman, sehingga tidak terjadi penurunan berlebih maupun kegagalan tanah (Andika & Suhendra, 2023). Beban tersebut mencakup berat sendiri bangunan, beban hidup, serta beban lain seperti angin dan gempa. Agar tanah mampu menahan beban dengan aman, gaya dari kolom atau elemen struktur lainnya perlu disebarkan ke area yang lebih luas. Hal ini bertujuan supaya tegangan yang terjadi pada tanah tidak melampaui nilai daya dukung yang diizinkan.

Suatu fondasi dinyatakan aman apabila tegangan yang disalurkan ke tanah tidak melebihi kapasitas daya dukung tanah. Jika melebihi, dapat terjadi penurunan (*settlement*) yang berlebihan hingga kegagalan tanah. Dalam kondisi tertentu, ketika tanah permukaan tidak cukup kuat menahan beban, digunakan fondasi dalam seperti tiang pancang atau bored pile untuk meneruskan beban ke lapisan tanah yang lebih keras.

Dari penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa fondasi merupakan komponen yang sangat krusial dalam bangunan. Kegagalan fondasi dapat berdampak pada kerusakan struktur atas hingga menyebabkan runtuhnya bangunan secara keseluruhan (Braja M. Das - *Principles of Foundation Engineering*).

Dalam merencanakan pondasi, terdapat beberapa aspek yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Kondisis tanah
 - a. Jenis tanah
 - b. Daya dukung tanah
 - c. Kedalaman tanah keras
 - d. Parameter tanah seperti kohersi, sudut geser dalam dll.
2. Beban dari struktur
 - a. Besar beban total
 - b. Jenis beban (vertical, horizontal, momen)
 - c. Dsitribusi beban
 - d. Pengaruh beban dinamis (gempa, getara)
3. Kondisi lingkungan
 - a. Keberadaan bangunan sekitar
 - b. Kondisi air tanah
 - c. Potensi erosi atau longsor

2.3.10.2 Jenis Pondasi

Secara umum, berdasarkan kedalaman penyaluran beban dan mekanisme beban ke tanah, pondasi dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan jenis pondasi dalam perencanaan harus mempertimbangkan kondisi tanah, besar beban, serta batas penurunan yang diizinkan.

1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang digunakan apabila tanah keras atau tanah dengan daya dukung yang cukup berada dekat dengan permukaan tanah. Pada pondasi ini, beban struktur langsung ke tanah dibawah dasar pondasi. Karakteristik pondasi dangkal ditandai dengan

kedalaman yang relatif kecil, yaitu kedalaman fondasi (D_f) lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi (B). Beban dari struktur disalurkan langsung ke lapisan tanah permukaan. Selain itu, proses konstruksinya tergolong sederhana dan lebih ekonomis. Jenis pondasi ini umumnya digunakan pada bangunan dengan beban ringan hingga sedang. Jenis jenis pondasi dangkal anataraa lain:

a. Pondasi telapak (*spread footing*)

Pondasi ini digunakan untuk menopang satu kolom. Pada umunya berbentuk persegi, persegi Panjang atau lingkaran (*spiral*). Fungsi utama nya adalah menyebarkan beban kolom ke tanah agar tegangan tanah tidak melebihi daya dukung

b. Pondasi jalur (*strip footing*)

Pondasi ini digunakan untuk menopang dinding atau deretan kolo. Karakteristiknya adalah biasanya memanjang dinding dan booasanya digunakan untuk bangunan dengan beban merata sepanjang garis.

c. Pondasi Rakit

Pondasi rakit adala pondasi ayng menutupi seluruh area bangunan. Biasanya digunakan di tanah lunak berfungsi untuk mengurani penurunan tanah.

d. Pondasi sumuran dangkal

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

2. Pondasi dalam

Pondasi dalam merupakan bagian dari struktur bawah bangunan yang berfungsi menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah keras atau batuan yang berada jauh di bawah permukaan tanah. Jenis pondasi ini umumnya digunakan pada bangunan bertingkat karena mampu menahan beban yang besar.

a. Pondasi tiang pancang

Pondasi tiang pancang merupakan jenis pondasi yang terbuat dari bahan seperti kayu, baja profil, pipa baja, maupun beton

bertulang, dengan kedalaman pemasangan dapat mencapai sekitar ± 60 meter di bawah permukaan tanah.

b. Pondasi borepile

Pondasi bored pile adalah pondasi yang dipasang dengan cara membuat lubang terlebih dahulu melalui proses pengeboran atau pengerukan tanah hingga mencapai kedalaman yang direncanakan. Dalam perencanaan ini digunakan pondasi bored pile dengan beberapa pertimbangan, antara lain:

- 1) Lokasi: cocok digunakan pada area yang sempit dan berada di antara bangunan yang sudah ada.
- 2) Getaran: mampu meminimalkan getaran tanah sehingga tidak mengganggu bangunan di sekitarnya.
- 3) Pergeseran: tidak menyebabkan pergeseran tiang maupun gelombang tanah yang signifikan.
- 4) Daya tahan: memiliki daya dukung yang baik, terutama pada tanah keras di kedalaman tertentu.

Pondasi bored pile merupakan pondasi dalam berbentuk tabung panjang yang ditanam ke dalam tanah, yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah yang lebih keras sehingga bangunan dapat berdiri dengan stabil dan kokoh.

2.3.10.3 Metode Pelaksanaan Pondasi Bore Pile

Dalam pengerjaan konstruksi bored pile, pemilihan metode pelaksanaan sangat bergantung pada kondisi geoteknik serta elevasi muka air tanah di lokasi proyek. Secara umum, terdapat tiga teknik utama yang sering diterapkan:

1. Teknik Pengeboran kering (*Dry Method*)

Metode ini diaplikasikan pada lapisan tanah yang stabil (tidak mudah runtuh) dan terletak di atas permukaan air tanah. Proses penggalian lubang dilakukan menggunakan alat bor tanpa memerlukan bantuan pipa pelindung (*casing*), karena dinding lubang bor dianggap memiliki kohesi yang cukup untuk berdiri sendiri tanpa risiko kelongsoran selama proses pengerjaan.

2. Basah (*Wet Method*)

Apabila penggalian melampaui elevasi air tanah yang berisiko menyebabkan kelongsoran dinding bor, maka metode basah menjadi pilihan utama. Stabilitas lubang dijaga dengan mengisi cairan suspensi berupa *bentonite* atau larutan lempung selama pengeboran berlangsung. Setelah mencapai kedalaman rencana dan dilakukan pembersihan (*cleaning*), baja tulangan dipasang dan pengecoran dilakukan menggunakan pipa tremi. Beton yang masuk akan mendorong cairan *bentonite* keluar ke permukaan untuk kemudian didaur ulang pada titik pengeboran selanjutnya.

3. Teknik selongsong (*Casing Method*)

Metode ini dikhususkan bagi lokasi dengan struktur tanah yang sangat labil atau bersifat non-kohefif, seperti lapisan pasir di bawah muka air. Pipa baja (*casing*) dimasukkan ke dalam lubang bor sebagai dinding penahan sementara guna mencegah keruntuhan tanah secara total. Setelah pipa pelindung terpasang, proses dilanjutkan dengan pembersihan lubang, pemasangan rangkaian tulangan, hingga tahap pengecoran beton.

2.3.10.4 Kapasitas Dukung Tanah

Kapasitas dukung tanah didefinisikan sebagai kemampuan maksimum lapisan tanah atau batuan dalam menerima dan mendistribusikan beban struktur tanpa mengalami keruntuhan geser maupun penurunan berlebih (Hardiyatmo, 2011). Pemilihan jenis dan dimensi pondasi sangat dipengaruhi oleh karakteristik mekanis tanah di lokasi proyek. Secara umum, terdapat korelasi terbalik antara kapasitas dukung tanah dengan dimensi pondasi; semakin rendah nilai daya dukung tanah, maka diperlukan dimensi pondasi yang lebih besar untuk mendistribusikan beban ke area yang lebih luas.

1. Klasifikasi teknis tanah berdasarkan daya dukung

Secara empiris, estimasi awal kapasitas dukung tanah dapat dikategorikan berdasarkan jenis materialnya:

- a. Batuan: Memiliki kapasitas dukung tinggi dan merupakan lapisan pendukung yang ideal.
- b. Kerikil: Memiliki performa yang baik untuk menahan beban struktur.

- c. Pasir: Kapasitas dukung bervariasi. Perlu diwaspadai fenomena likuifaksi, yaitu hilangnya kekuatan geser tanah pasir jenuh air akibat getaran (seperti gempa), yang menyebabkan daya dukung tanah turun drastis hingga mendekati nol.
- d. Tanah Liat (Lempung): Memiliki sifat yang sangat bergantung pada kadar air. Dalam kondisi kering, lempung dapat menjadi sangat keras, namun saat jenuh air, daya dukungnya menurun drastis dan rentan terhadap resonansi getaran harmonis.

2. Penyelidikan Tanah (*soil investigation*)

Sebelum menentukan desain pondasi, pelaksanaan penyelidikan tanah adalah tahapan krusial untuk memperoleh data parameter tanah yang akurat. Data ini berfungsi sebagai basis dalam menentukan jenis, kedalaman, serta dimensi pondasi yang efisien dan ekonomis.

Dalam Perencanaan Gedung Parkir 4 Lantai Undaris, metode penyelidikan tanah yang diimplementasikan meliputi:

- a. Uji Sondir (Cone Penetration Test / CPT): Metode ini memberikan data profil tanah secara kontinu, khususnya nilai tahanan konus (q_c) dan hambatan lekat (f_s).
- b. Pengujian Laboratorium: Dilakukan untuk mendapatkan parameter fisik dan mekanik tanah lebih mendalam.

Hasil dari uji sondir kemudian dikorelasikan secara empiris untuk mengestimasi kapasitas dukung ultimit serta memprediksi potensi penurunan (*settlement*) pondasi pada berbagai variasi kedalaman. Analisis ini menjadi referensi utama bagi perencana dalam menentukan titik tumpu akhir pondasi *bored pile*.

Dalam melakukan desain pondasi, parameter geoteknik seperti kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ), dan kerapatan relatif tanah menjadi variabel penentu keakuratan analisis. Pemahaman mendalam terhadap karakteristik tanah tersebut memungkinkan dihasilkannya rancangan pondasi yang lebih optimal dan efisien. Namun, pengujian sondir (*Cone Penetration Test*) memiliki karakteristik non-displacement, di mana proses penetrasi alat tidak menghasilkan sampel tanah fisik (*disturbed maupun undisturbed*) ke permukaan. Hal ini menyebabkan identifikasi visual jenis tanah tidak dapat

dilakukan secara langsung di lapangan. Sebagai solusinya, klasifikasi jenis tanah ditentukan secara empiris melalui hubungan antara nilai tahanan konus (q_c) dan rasio gesekan. Metode korelasi yang umum digunakan untuk menentukan tipologi lapisan tanah berdasarkan data CPT tersebut adalah grafik klasifikasi menurut Robertson dan Campanella (1983), yang dirumuskan sebagai berikut:

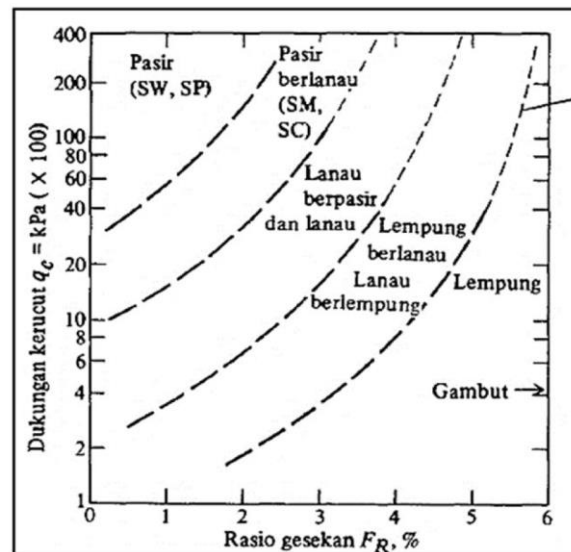
$$fr = \frac{f_s}{q_c} \times 100$$

Dimana

fr' = rasio gesekan

f_s = local friction

q_c = tahanan konus



Gambar 2. 11 Grafik Hubungan Q_c (Perlawanan konus) dan f_s (friction ratio) menurut Robertson dan Campanella (Bowles, 1997)

Tabel 2. 16 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

2.3.10.4.1 Kapasitas Dukung Metode Metode Mayerhof

Data hasil uji penetrasi kerucut statis (Cone Penetration Test/CPT) atau sondir merupakan parameter utama dalam mengestimasi kapasitas dukung aksial tiang. Secara teoritis, tahanan ujung yang dimobilisasi oleh pondasi tiang diasumsikan memiliki korelasi langsung dengan nilai perlawanan konus ($q_{c\$}$) pada kedalaman yang sama. Namun, terdapat perbedaan faktor reduksi berdasarkan metode pemasangan tiang. Fleming et al. (2009) menyatakan bahwa untuk jenis tiang pancang dengan ujung tertutup, nilai tahanan ujung satuan tiang ($q_{p\$}$) dapat diambil setara dengan nilai perlawanan konus ($q_{c\$}$). Sebaliknya, untuk pondasi dengan ujung terbuka atau pondasi bore pile, kapasitas tahanan ujung satuannya disarankan untuk diambil sebesar 70% dari nilai $q_{c\$}$. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan gangguan tanah dan mekanisme transfer beban pada proses pengeboran dibandingkan dengan pemancangan. Selain tahanan ujung, komponen kapasitas dukung lainnya adalah tahanan gesek tiang ($f_{s\$}$). Besarnya nilai ini sangat dipengaruhi oleh material tiang serta karakteristik lapisan tanah yang bersentuhan dengan selimut tiang. Dalam praktiknya, beberapa studi menyarankan agar nilai tahanan gesek satuan pada tiang

disamakan dengan nilai gesekan lokal atau local friction (q_f) yang diperoleh dari hasil pengujian sondir (Fleming et al., 2009).

1. Tahanan Ujung

Tahanan ujung metode mayerhof dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$f_b = w_1 \cdot w_2 \cdot q_{ca}$$

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

w_1 = $[(d + 0,5)/sd]$; persamaan ini digunakan jika $d > 0,5$ m. jika $d \leq 0,5$ m maka $w_1 = 1$

w_2 = $L/10d$; jika $L > 10d$, maka $w_2 = 1$

q_{ca} = 1_c rata rata (kN/m^2) pada zona 1 d dibawah ujung tiang dan 4 d diatasnya

d = diameter tiang (m)

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

Q_b = tahanan ujung bawah ultimit (Kn)

A_b = Luas ujung bawah tiang (cm^2)

2. Tahanan gesek

Dalam mengestimasi kapasitas daya dukung selimut borepile, nilai tahanan gesek satuan (f_s) dapat ditentukan melalui korelasi data pengujian sondir (CPT). Berdasarkan parameter yang tersedia, perhitungan f_s dapat dilakukan dengan dua pendekatan berikut:

a. Nilai Hambatan Lekat (q_f)

$$f_s = K_f \cdot q_f$$

Dimana kondisi K_f merupakan koefisien modifikasi gesek sisi konus

b. Nilai Tahanan Konus (q_c)

apabila data hambatan lekat tidak tersedia, maka digunakan pendekatan:

$$f_s = K_c \cdot q_{fc}$$

Dimana K_c adalah koefisien modifikasi tahanan konus dengan nilai dasar sebesar 0,005

Khusus untuk aplikasi pada pondasi bore pile, terdapat penyesuaian teknis guna mengakomodasi gangguan tanah selama proses pengeboran. Metode Meyerhof menyarankan penerapan faktor reduksi sebesar 50% hingga 70% terhadap nilai tahanan gesek yang dihitung menggunakan persamaan di atas. Penggunaan faktor reduksi ini bertujuan untuk memastikan hasil perhitungan tetap konservatif dan aman bagi struktur gedung parkir yang direncanakan. Selanjutnya, untuk menentukan total kapasitas tahanan gesek ultimit (Q_s) dari seluruh permukaan tiang, digunakan formulasi sebagai berikut:

$$Q_c = A_s \cdot F_s$$

Keterangan :

Q_s = tahanan gesek ultimit tiang (kN)

A_s = Luas selimut permukaan tiang (cm^2)

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

2.3.10.5 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Dalam perencanaan pondasi dalam, kapasitas total dari suatu kelompok tiang tidak selalu identik dengan hasil penjumlahan kapasitas masing-masing tiang tunggal di dalamnya. Fenomena ini sangat dipengaruhi oleh interaksi antar tiang dan karakteristik lapisan tanah pendukung di bawah dasar kelompok tiang tersebut.

Menurut Hardiyatmo (2020), efisiensi dan stabilitas kelompok tiang sangat bergantung pada kondisi stratigrafi tanah:

1. Lapisan Tanah Keras: Apabila ujung kelompok tiang bertumpu pada lapisan tanah yang sangat kaku atau keras, maka besarnya penurunan (*settlement*) kelompok tiang cenderung akan serupa dengan penurunan pada tiang tunggal.
2. Lapisan Tanah Kompresibel: Jika tiang berada pada lapisan tanah yang mudah mampat atau terdapat lapisan tanah lunak di bawah ujung tiang, maka perlu dilakukan analisis terhadap stabilitas kelompok tiang dalam

memikul beban total. Hal ini termasuk memperhitungkan potensi penurunan *konsolidasi* pada lapisan tanah di bawah elevasi ujung tiang.

Perbedaan utama terletak pada luas zona tertekan (*pressure bulb*). Pada kelompok tiang, distribusi tegangan menjangkau area tanah yang jauh lebih luas dan dalam dibandingkan dengan tiang tunggal. Akibatnya, meskipun tiang tunggal mungkin menunjukkan penurunan yang kecil, akumulasi tegangan dari kelompok tiang dapat menyebabkan penurunan total yang jauh lebih besar dan signifikan secara struktural (Hardiyatmo, 2020)

Kapasitas dukung tiang tunggal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

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

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 berikut:

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

Dimana:

Q_a = daya dukung pondasi dalam

A = luas pamanpang 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 umlah tiang dalam persamaan berikut:

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

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:

1. 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 dahuluvakan terangkat.

2. Apabila $S \leq 3 D$

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

2.3.10.6 Efisiensi Kelompok Tiang

Kapasitas total kelompok tiang tidak hanya ditentukan oleh daya dukung tiang tunggal, tetapi juga oleh faktor efisiensi kelompok (E_g). Besarnya nilai efisiensi ini dipengaruhi oleh geometri kelompok tiang, yang meliputi jarak antar tiang, jumlah tiang, dan dimensi tiang itu sendiri. Salah satu metode yang luas digunakan untuk mengestimasi nilai ini adalah persamaan *Converse-Labarre*:

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

Keterangan:

E_g = efisiensi kelompok tiang bor

m = jumlah tiang baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

$\emptyset$ = Arc tg D/S dalam derajat

s = jarak bored pile (m)

d = diameter bored pile (m)

Selain pendekatan matematis di atas, karakteristik tanah juga memegang peranan penting dalam menentukan efisiensi. Loehr et al. (2011) memberikan rekomendasi nilai efisiensi tiang berdasarkan jenis tanah, baik pada tanah *granuler* (pasir) maupun tanah kohesif (lempung).

Dalam penentuan faktor efisiensi tersebut, kondisi kontak antara *pile cap* dan tanah di bawahnya juga harus diperhitungkan. Terdapat perbedaan koefisien antara kondisi di mana *pile cap* menempel langsung pada permukaan tanah (*pile cap on grade*) dibandingkan dengan kondisi di mana terdapat celah antara *pile cap* dan permukaan tanah.

Tabel 2. 17 Efisiensi Tiang Bor

Tiang bor pada	Jarak tiang	Efisiens tiang bor E_g
Pasir	2.5d	0.65
	4d	1
	2.5 – 4d	Interpolasi linier antara 0.65 - 1
Lempung	2.5d	0.65
	6d	1
	2.5sampai 6d	Interpolasi antara 0.65 - 1

2.3.10.7 Penurunan Pondasi

Dalam perencanaan pondasi dalam, kapasitas dukung tanah didefinisikan sebagai kemampuan maksimum lapisan tanah dalam menerima beban tanpa mengalami keruntuhan geser maupun penurunan

berlebih, yang mana estimasi awalnya dapat diklasifikasikan berdasarkan karakteristik material tanah (Hardiyatmo, 2011). Sebelum menentukan desain pondasi, pelaksanaan penyelidikan tanah seperti Cone Penetration Test (CPT) sangat krusial untuk memperoleh data perlawanan konus (q_c) dan hambatan lekat (f_s) sebagai dasar penentuan kedalaman serta dimensi pondasi yang efisien sesuai SNI 8460:2017. Meskipun pengujian CPT bersifat *non-displacement* sehingga tidak mengeluarkan sampel tanah secara langsung, jenis tanah tetap dapat diidentifikasi melalui hubungan empiris antara tahanan konus dan rasio gesekan menurut korelasi *Robertson dan Campanella* (1983). Selanjutnya, untuk pondasi bored pile, kapasitas dukung tiang ditentukan dengan mengalikan nilai q_c dan f_s menggunakan faktor reduksi tertentu, seperti yang disarankan oleh Fleming et al. (2009) dan *Meyerhof*, guna mengakomodasi mekanisme transfer beban yang unik pada proses pengeboran. Analisis ini kemudian dilengkapi dengan perhitungan efisiensi kelompok tiang (E_g) menggunakan metode *Converse-Labarre* serta kontrol terhadap penurunan total (S) untuk memastikan bahwa deformasi vertikal struktur tidak melampaui batas izin $S \leq 15 + b/600$ mm sebagaimana disyaratkan dalam standar nasional.

2.3.10.7.1 Penurunan Pondasi Bore Pile

Pada desain pondasi bored pile, besaran penurunan (*settlement*) yang terjadi umumnya relatif kecil karena perhitungan telah mengintegrasikan mekanisme transfer beban melalui tahanan ujung (*end bearing*) dan tahanan gesek selimut (*skin friction*). Salah satu metode yang digunakan untuk mengestimasi total penurunan pondasi (S_t) adalah pendekatan semi-empiris yang dikemukakan oleh Vesic (1977). Metode ini membagi komponen penurunan berdasarkan mekanisme transfer beban pada elemen tiang:

$$S_t = S_1 + S_2 + S_3$$

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:

$$S_1 = \frac{Q_{WP} + \xi Q_{WS}}{A_b E_p}$$

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

$$S_3 = \frac{Q_{WP}}{P \cdot L} \times \frac{D}{E_x} \chi(1 - \mu_s^2) l_{ws}$$

$$l_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

Dimana:

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

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

L = panjang tiang (m)

A_b = 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. 18 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 perpindahan tiang.

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

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

Dimana:

S_2 = penurunan pondasi kelompok tiang

S = penurunan pondasi tiang tunggal

B_g = lebar kelompok tiang

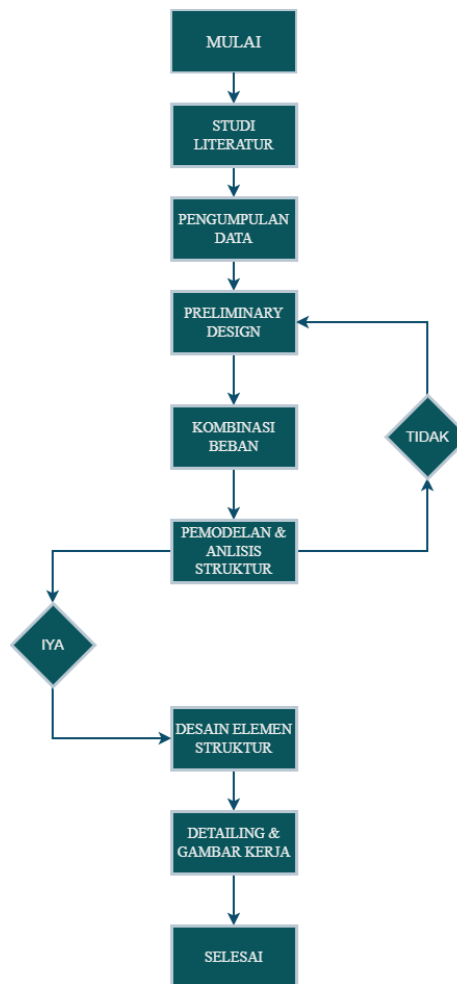
D = diameter tiang tunggal

BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Tahapan Perencanaan Strujtur beton Bertulang

Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam Perencanaan Gedung Parkir 4 Lantai Undaris di Ungaran:



Gambar 3 1 Flow Chart Perencanaan Struktur Bangunan

3.2 Studi Literasi

Studi literatur merupakan tahapan awal dalam perencanaan gedung parkir 4 lantai di Universitas Darul Ulum Islamic Centre GUPPI Sudirman (UNDARIS). Tahap ini bertujuan untuk memperoleh dasar teori, standar perencanaan, serta referensi yang relevan guna mendukung proses perancangan struktur yang aman, efisien, dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Dalam perencanaan ini, acuan utama yang digunakan adalah Standar Nasional Indonesia (SNI). **SNI 1727:2020** digunakan sebagai dasar dalam menentukan

pembebanan pada bangunan gedung, yang meliputi beban mati, beban hidup, serta beban lainnya yang bekerja pada struktur (Badan Standardisasi Nasional, 2020). Selanjutnya, **SNI 2847:2019** digunakan dalam perencanaan elemen struktur beton bertulang, seperti pelat, balok, kolom, dan pondasi, sehingga mampu menahan gaya dalam yang terjadi (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Dalam aspek ketahanan terhadap gempa, perencanaan mengacu pada **SNI 1726:2019**, yang digunakan untuk menentukan parameter gempa, respons spektrum, serta gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Selain mengacu pada standar SNI, perencanaan gedung parkir juga berpedoman pada ketentuan teknis penyelenggaraan fasilitas parkir yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, yang digunakan untuk menentukan kebutuhan ruang parkir, dimensi satuan ruang parkir, pola parkir kendaraan, serta perencanaan ramp guna menjamin aspek kenyamanan dan keselamatan pengguna (Kementerian Perhubungan RI, 2020).

Dengan mengacu pada berbagai standar dan pedoman tersebut, perencanaan gedung parkir 4 lantai di UNDARIS diharapkan dapat menghasilkan struktur yang memenuhi persyaratan kekuatan, kestabilan, serta kenyamanan bagi pengguna.

3.3 Pengumpulan Data

Dalam Peencanaan Gedung Parkir 4 Lantai Universitas Darul Ulum Islmaic Centre GUPPI Sudirman (UNDARIS) di Ungaran ini memerlukan beberapa data, diantaranya sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari lokasi rencana pembangunan maupun hasil survei lapangan, sehingga dapat digunakan secara langsung dalam proses perencanaan struktur. Pada penyusunan ini, data yang digunakan meliputi informasi kondisi tanah berupa hasil uji sondir yang dimanfaatkan dalam analisis gempa serta perencanaan pondasi dalam. Data tanah tersebut mengacu pada Laporan Hasil Penelitian Geoteknik Mahasiswa Teknik Undaris, dengan penyesuaian penggunaan data tanah yang berbeda dari proyek aslinya. Selain itu, data hasil pengujian laboratorium yang digunakan diperoleh dari kegiatan praktikum mahasiswa UNDARIS. Adapun perencanaan awal yang dijadikan dasar dalam proses perhitungan meliputi:

- Gambar Rencana Bangunan
- Data Bangunan
 - Fungsi Bangunan :Tempat Parkir Mahasiswa Undaris
 - Jumlah Lantai :4 Lantai
 - Tinggi Struktur :12,5 m
 - Tinggi antar lantai :3,5 m (Lantai 1) dan 3m (lantai 2 - 4)
 - Panjang Bangunan :36 m
 - Lebar Bangunan :18 m
 - Material Kontruksi :Struktur Beton
 - Struktur Pondasi :Pondasi dalam (*Bore Pile*)
- Spesifikasi material
 - Mutu Beton :35 MPa
 - Berat Jenis : 2400 kg/m³
 - Modulus Elastisitas Beton (E_c) :27.800 MPa
 - Mutu baja tulangan utama (f_y) :370 MPa (BJTS 370)
 - Mutu baja tulangan Sengkang (f_y) :280 MPa (BJTS 280)
 - Modulus Elastisitas baja (E_s) :200000 MPa

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber referensi, standar, serta peraturan yang berlaku dan digunakan sebagai dasar dalam proses analisis dan perencanaan struktur. Dalam perencanaan gedung parkir motor 4 lantai di Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman (UNDARIS), data sekunder sepenuhnya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang relevan.

Adapun data sekunder yang digunakan meliputi:

- Data Pembebanan (SNI 1727:2020)

Data ini digunakan untuk menentukan besarnya beban yang bekerja pada struktur, meliputi beban mati, beban hidup (khusus parkir kendaraan), serta beban lainnya yang relevan dalam perencanaan gedung parkir.
- Data Perencanaan Struktur Beton (SNI 2847:2019)

Digunakan sebagai acuan dalam perencanaan elemen struktur beton bertulang, seperti pelat, balok, kolom, dan pondasi, termasuk dalam menentukan kekuatan material dan kebutuhan tulangan.

➤ **Data Parameter Gempa (SNI 1726:2019)**

Data ini meliputi parameter percepatan gempa seperti nilai S_s dan S_1 , klasifikasi situs tanah, serta respons spektrum yang digunakan untuk menghitung beban gempa rencana pada struktur.

➤ **Pedoman Teknis Fasilitas Parkir**

Digunakan untuk menentukan dimensi ruang parkir, pola parkir kendaraan, serta perencanaan ramp dan sirkulasi kendaraan agar memenuhi aspek kenyamanan dan keselamatan pengguna.

Dengan mengacu pada standar SNI tersebut, data sekunder yang digunakan dalam perencanaan ini memiliki dasar yang jelas dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis, sehingga hasil perencanaan yang dihasilkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Indonesia.

3.4 Preliminary Desain

Preliminary design merupakan tahap awal dalam proses perencanaan struktur bangunan yang dilakukan untuk menentukan konfigurasi sistem struktur, dimensi awal elemen struktur (balok, kolom, pelat, dan pondasi), serta estimasi beban yang bekerja sebagai dasar untuk analisis struktur lebih lanjut. Elemen – elemen struktur yang direncanakan:

3.4.1 Dimensi Pelat

Preliminary Pelat desain struktur plat lantai, pramp, tangga dan atap

1. Penentuan Dimensi Pelat

Penentuan dimensi pelat berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 7.8 dilakukan dengan menggunakan ketentuan tebal minimum yang bergantung pada jenis pelat, kondisi tumpuan, serta panjang bentang. Ketentuan ini bertujuan untuk menjamin kekakuan elemen pelat agar mampu membatasi lendutan yang terjadi tanpa memerlukan analisis lendutan secara rinci. Apabila ketentuan tersebut tidak terpenuhi, maka diperlukan analisis lendutan lebih lanjut sesuai persyaratan yang berlaku. Penentuan dimensi pelat dibedakan menjadi dua, yaitu pelat satu arah dan juga pelat dua arah.

a. Pelat satu arah

Pelat satu arah merupakan elemen struktur pelat yang menyalurkan beban utama ke dua sisi sejajar dan mengalami lentur dominan dalam satu arah. Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 7.8, ketebalan minimum pelat satu arah ditentukan sebagai upaya untuk mengontrol lendutan tanpa perlu melakukan analisis lendutan secara rinci. Ketentuan tersebut berdasarkan pada panjang bentang dan kondisi tumpuan pelat. Untuk pelat dengan tumpuan sederhana, tebal minimum ditentukan sebesar $L/20$, sedangkan untuk pelat dengan satu ujung menerus sebesar $L/24$, dan untuk pelat dengan dua ujung menerus sebesar $L/28$. Adapun untuk pelat kantilever, ketebalan minimum yang disyaratkan adalah sebesar $L/10$. Ketentuan ini bertujuan untuk memastikan bahwa pelat memiliki kekakuan yang cukup sehingga lendutan yang terjadi masih dalam batas yang diizinkan.

Tebal kinimun Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan tidak Dihitung

Tabel 3 1 Tebal Minumum 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 partispis atau kontruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pleat massif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$1/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$/8$

(SNI 2847-`2019)

b. Perencanaan Pelat Dua Arah

Pelat dua arah merupakan elemen struktur beton bertulang yang menyalurkan beban pada empat sisi penumpu, sehingga mengalami

lentur ke dua arah yang saling tegak lurus, yaitu arah memanjang dan melintang. Dalam *mekanisme* kerjanya, beban yang bekerja pada pelat akan diteruskan ke balok atau kolom di sekelilingnya, sehingga tulangan utama dipasang pada kedua arah (arah x dan y) untuk menahan momen lentur yang terjadi pada masing-masing arah tersebut.

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 7.8, ketebalan minimum pelat dua arah dapat ditentukan menggunakan pendekatan empiris untuk mengontrol lendutan tanpa analisis rinci. Untuk pelat dua arah tanpa balok (*flat plate atau flat slab*), ketebalan minimum umumnya ditentukan berdasarkan bentang bersih arah terpendek dengan kisaran sekitar $L_n/36$ hingga $L_n/33$, tergantung pada kondisi tumpuan, kekakuan relatif elemen struktur, serta rasio bentang pelat. Selain itu, faktor lain seperti mutu beton, mutu baja tulangan, dan rasio tulangan juga dapat mempengaruhi ketebalan yang dibutuhkan. Ketentuan ini bertujuan untuk memastikan bahwa pelat memiliki kekakuan yang cukup dalam menahan lendutan baik jangka pendek maupun jangka panjang.

Tabel Ketebalan Minimum pelat dua arah non prategang tanpa balok interior

Tabel 3.2 Ketebalan Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Fy, Mpa	Tanpa Drop Panel					
	Panel eksterior		Panel Interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

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

$$h = \frac{I (0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta(am - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125mm

- 5) untuk am lebih besar dari $2h$, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut

$$h = \frac{In (0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

3.4.2 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 (antarade dan tinggi injakan (optrade))

$$600 \leq 2ti \leq 650$$

- Jumlah tanjakan

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

- Jumlah injakan

$$Ni = nt - 1$$

- Lebar efektif pelat tangga

$$nt = \frac{i \times t}{\text{panjang miring anaka tangga}}$$

Keterangan

t – tinggi bidang injakan (optrade)

i = lebar bidang injakan (antrade)

$$T = \sum t$$

$$I = \sum i$$

3.4.3 Dimensi Ramp

Ramp sepeda motor direncanakan sebagai sarana sirkulasi vertikal antar lantai yang harus memenuhi aspek keamanan, kenyamanan, dan efisiensi ruang. Kemiringan ramp menjadi parameter utama, dimana kemiringan yang aman untuk sepeda motor berkisar antara 12%–18%, dengan nilai ideal sekitar 12% ($\pm 7^\circ$) agar tidak terlalu curam dan tetap efisien terhadap ruang. Namun pada tugas akhir ini menggunakan kemiringan 16,67%. Berikut adalah data teknis Ramp yang digunakan dalam perencanaan.

- Panjang ramp = 18 meter
- Kemiringan = 16,67 %
- Lebar = 2,3 meter
- Tebal plat = 0,17 meter
- Tinggi pengaman = 1,2 meter

3.4.4 Dimensi Balok

Penentuan bentang dan dimensi sloof atau balok rencana merupakan tahap awal yang penting dalam perencanaan struktur karena berpengaruh terhadap kekuatan dan kekakuan elemen. Langkah awal dalam menentukan tinggi balok berdasarkan panjang bentang yang mengacu pada pendekatan empiris dalam SNI 2847:2019, seperti balok sederhana dapat digunakan pendekatan $h = \frac{L}{16}$ hingga $\frac{L}{20}$, sedangkan untuk balok menerus dapat lebih kecil yaitu sekitar $\frac{L}{18}$ hingga $\frac{L}{21}$. Setelah tinggi diperoleh, lebar balok pada umumnya $\frac{2}{3}h$ untuk menjaga proporsi penampang dan memudahkan penulangan.

3.4.5 Dimensi Kolom

Perencanaan kolom beton bertulang mengacu pada SNI 2847:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 1726:2019. Dalam SNI 2847:2019 mengatur bahwa kolom harus mampu menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur, serta memenuhi ketentuan rasio tulangan dan pengekanan untuk menjamin kekuatan dan daktilitas. SNI 1727:2020 digunakan untuk menentukan beban yang bekerja, sedangkan SNI 1726:2019 mengatur pengaruh gempa dan detailing struktur tahan gempa. Namun perencanaan juga diterapkan konsep strong column–weak beam, yaitu kolom harus memiliki kapasitas lebih besar dibandingkan balok

pada suatu simpul. Hal ini bertujuan agar apabila terjadi keruntuhan lebih dahulu balok, sehingga struktur lebih aman dan memiliki perilaku yang daktail saat menerima beban gempa.

3.5 Perhitungan Pembebanan

3.5.1 Beban Mati

Beban mati adalah beban yang berasal dari berat sendiri seluruh komponen permanen bangunan, seperti pelat, balok, kolom, dinding, finishing lantai, serta elemen tetap lainnya.. Dalam SNI 1727:2020, beban mati didefinisikan sebagai beban yang berasal dari berat sendiri konstruksi dan elemen bangunan yang terpasang permanen, termasuk material struktural maupun non-struktural. Nilai beban mati dihitung berdasarkan berat jenis material dikalikan dengan volume elemen struktur.

Tabel 3 3 Beban Mati

Beban Mati	Besar Beban
Beban Mati pada dinding herbel	840 kg/m ³

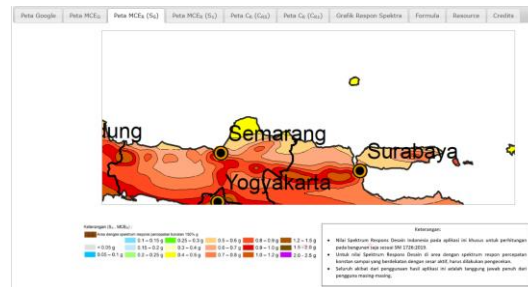
3.5.2 Beban Hidup

1. Beban Hidup pada Atap Bangunan
 - Pada Atap Gedung ini memiliki beban hidup sebesar 100 kg/m²
 - Beban Akibat air hujan 24,5 kg/m²
2. Beban Hidup pada Lantai Bangunan
 - Beban yang terdapat pada lantai Gedung parkir adalah sebagai tempat parkir dengan beban 400 kg/m²
 - Tangga tangga untuk naik turun mahasiswa adalah 300 kg/m²
 - Ramp untuk naik turun kendaraan adalah 450 kg/m²

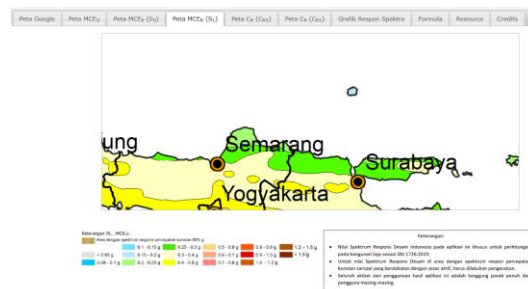
3.5.3 Beban Gempa

Ketentuan beban gempa dalam perencanaan gedung di Indonesia mengacu pada SNI 1726:2019. Dalam standar yang sudah ditetapkan tersebut, beban gempa ditentukan berdasarkan parameter percepatan gempa rencana yang diperoleh dari peta *hazard* gempa Indonesia, yaitu nilai S_s (percepatan spektral

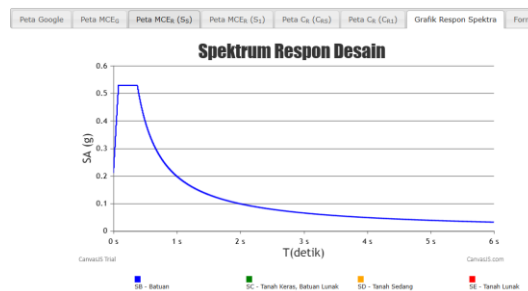
periode pendek) dan S1 (periode 1 detik), yang kemudian disesuaikan dengan kondisi tanah (kelas situs) untuk mendapatkan spektrum respons desain.



Gambar 3 2 Hasil Parameter Ss



Gambar 3 3 Hasil Parameter S1



Gambar 3 4 Hasil Respon Spektrum Desain

Dalam perencanaan gedung, bangunan umumnya termasuk dalam kategori risiko II, sehingga faktor keutamaan gempa yang digunakan adalah standar. Beban gempa dihitung dengan mempertimbangkan berat total struktur (beban mati dan sebagian beban hidup), sistem struktur yang digunakan, serta faktor reduksi gempa (R). Selain itu, perlu diterapkan prinsip desain tahan gempa, seperti pengaturan sistem struktur yang teratur dan konsep *strong column–weak beam*, agar bangunan mampu berperilaku duktail dan tidak mengalami keruntuhan mendadak.

3.6 Penentuan dan Kombinasi Pembebanan

Penentuan dan kombinasi pembebanan pada tahap preliminary design gedung dilakukan untuk memperkirakan besarnya beban yang akan bekerja pada struktur sebelum analisis detail dilakukan. Penentuan beban mengacu pada SNI 1727:2020, yang meliputi beban mati, beban hidup. Selain itu, untuk bangunan di wilayah rawan gempa, beban gempa ditentukan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan menggunakan parameter percepatan gempa dan kondisi tanah setempat.

Pada tahap preliminary design, besarnya beban biasanya dihitung secara pendekatan menggunakan berat jenis material dan asumsi beban hidup sesuai fungsi bangunan, seperti gedung parkir yang memiliki beban hidup lebih besar dibanding bangunan hunian. Kombinasi beban dasar sesuai ketentuan dalam SNI 1727:2020 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. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L_r \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $0,9D + 1,0W$

Keterangan:

D adalah beban mati yang berasal dari berat sendiri seluruh elemen bangunan yang bersifat permanen, seperti dinding, lantai, atap, plafon, tangga, finishing, serta komponen struktural dan arsitektural lainnya.

L adalah beban hidup yang bersifat tidak tetap dan dapat berpindah-pindah akibat aktivitas pengguna atau penghuni bangunan.

L_r adalah beban hidup atap yang timbul akibat aktivitas pemeliharaan, penggunaan, serta adanya pekerja, peralatan, dan material di atas atap.

R adalah beban hujan yang bekerja pada atap, tidak termasuk akibat genangan air.

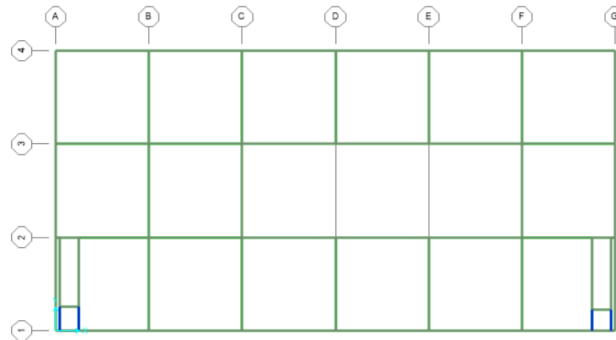
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

4.1.1 Dimensi Pelat

a. Tipe Pelat



Gambar 4 1 Penempatan Pelat

Tebal Pelat Rencana (h_f)	=12 cm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 35 MPa
Kuat leleh Tulangan (f_y)	=370 Mpa
Panjang Pelat	=600 cm
Lebar Pelat	=600 cm
Balok yang ditumpu Pelat	=30x60 cm

Perhitungan perencanaan

1) Bentang bersih sumbu x

- 6) $L_y = 600 \text{ cm}$
- 7) $B_w \text{ balok} = 60 \times 30 \text{ cm}$
- 8) $l_n = L_y - \left(\frac{b_{w1} - b_{w2}}{2} \right)$
- 9) $l_n = 600 - \left(\frac{60 - 30}{2} \right)$
- 10) $l_n = 585 \text{ cm}$

2) Bentang bersih sumbu y

- $L_y = 600 \text{ cm}$
- $B_w \text{ balok} = 60 \times 30 \text{ cm}$
- $s_n = L_y - \left(\frac{b_{w1} - b_{w2}}{2} \right)$

- $sn = 600 - \left(\frac{60-30}{2}\right)$

- $sn = 585 \text{ cm}$

3) Rasio antara bentang bersih sumbu x terhadap bentang bersih sumbu y

$$\beta = \frac{ln}{sn} = \frac{585}{585} = 1 < 2 \text{ (two slab)}$$

b. Perhitungan tebal minimum pelat

Tebal Pelat Rencana (hf) = 0,12 m

Lebar balok (b) = 0,3 m

Tinggi Balok (h) = 0,6 m

Panjang balok (Lb) = 6 m

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{35} \\ &= 27805 \\ &= 278050000 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= \frac{1}{12} bh^3 \\ &= \frac{1}{12} 0,3 \times 0,6^3 \\ &= 0,0054 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{pelat}} &= \frac{1}{12} lb \cdot hf^3 \\ &= \frac{1}{12} 6 \times 0,12^3 \\ &= 0,000864 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_m &= \frac{E_{\text{balok}} \times I_{\text{balok}}}{E_{\text{pelat}} \times I_{\text{pelat}}} \\ &= \frac{278050000 \times 0,0054}{278050000 \times 0,000864} \\ &= 6,25 \end{aligned}$$

Untuk $a_m = 6,25 > 2$ maka ketebalan minimum harus memenuhi SNI 2847 – 2019 pasal 13.6.1.6, namun tidak boleh kurang dari 90 mm.

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

$$h_{\min} = \frac{5850 \left(0,8 + \frac{370}{1400}\right)}{36 + 9(1)}$$

$$h_{\min} = 138,35 \text{ mm}$$

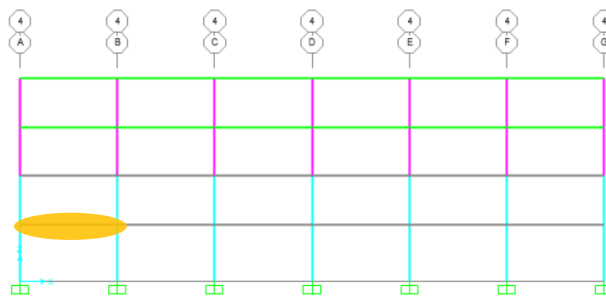
maka tebal pelat 12 cm dapat diaplikasikan

4.1.2 Dimensi Balok

Pada perencanaan balok beton bertulang yang tercantum didalam SNI 2847-2019 dengan syarat kelangsingan

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

Untuk $f_y > 420$ MPa, maka niai tersebut perlu dikalikan dengan $\frac{0,4+f_y}{700}$



Gambar 4 2 Penempatan Balok

Perhitungan perencanaan balok adalah sebagai berikut:

1. Dimensi balok induk memanjang

$$\begin{aligned}
 \text{Bentang} &= 6\text{m} \\
 h_{\min} &= l/16 \\
 h_{\min} &= 6/16 \\
 &= 0,359 \approx 0,6 \text{ m} \\
 b &= \frac{1}{2} (0,6) \\
 &= 0,3 \approx 0,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Digunakan balok induk ukuran 35/60

2. Dimensi balok induk melintang

$$\begin{aligned}
 \text{Bentang} &= 6\text{m} \\
 h_{\min} &= l/16 \\
 h_{\min} &= 6/16 \\
 &= 0,359 \approx 0,6 \text{ m} \\
 b &= \frac{1}{2} (0,6)
 \end{aligned}$$

$$= 0,3 \approx 0,35 \text{ m}$$

Digunakan balok induk melintang ukuran 35/60

3. Dimensi sloof

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

$$h_{\min} = l/16$$

$$h_{\min} = 6/16 \\ = 0,359 \approx 0,55 \text{ m}$$

$$b = \frac{1}{2} (0,6) \\ = 0,3 \approx 0,3 \text{ m}$$

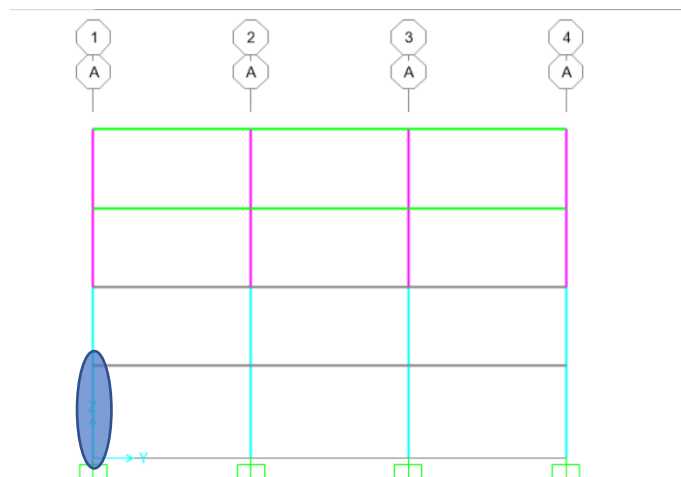
Digunakan sloof melintang ukuran 3/55

4.1.3 Dimensi Kolom

Berikut data data yang digunakan untuk merencanakan kolom lantai 1

- Kuat leleh (f_y) = 370 MPa
- Tinggi kolom = 350 cm
- Bentang balok (L balok) = 600 cm
- Dimensi Balok = 35/60

Perhitungan perencanaan



Gambar 4 3 Penempatan Kolom

$$\text{Ketentuan prencanan} = \frac{I_{Kolom}}{L_{Kolom}} \geq \frac{I_{Balok}}{L_{Balok}}$$

Direncanakan kolom dengan dimensi $b=h$

a. Tipe kolom K1

$$\frac{\frac{1}{12}h^4}{L \text{ balok}} \geq \frac{\frac{1}{2}bh^3}{L \text{ kolom}}$$

$$\frac{\frac{1}{12}h^4}{350} \geq \frac{\frac{1}{2}30.60^3}{600}$$

$$h \geq 44,1 \text{ cm} \approx 44 \text{ cm}$$

maka direncanakan dimensi kolom K1 = 50/50

b. Tipe Kolom K2

$$\frac{\frac{1}{12}h^4}{L \text{ balok}} \geq \frac{\frac{1}{2}bh^3}{L \text{ kolom}}$$

$$\frac{\frac{1}{12}h^4}{350} \geq \frac{\frac{1}{2}30.55^3}{600}$$

$$h \geq 41,3 \text{ cm} \approx 41 \text{ cm}$$

maka direncanakan dimensi kolom K2 45/45

4.1.4 Dimensi Tangga

Data Perencanaan

- Perletakan =jepit, jepit
- Pembebanan =beban Mati
- Kombinasi =1,4 D
- Distribusi =Uniform Shell Load
- PanjangTangga Datar (L) =280 cm
- Tinggi Tangga =350 cm lantai 1 dan 300 cm lanai 2
- Lebar Intrade =
- Tinggi Oprade =

Perhitungan Perencanaan

- Panjang miring tangga
- $$= \sqrt{L^2 + T^2} = \sqrt{\quad}$$
- Panjang miring anak tangga

$$= \sqrt{t^2 + i^2} = \sqrt{}$$

- Sudut kemiringan tangga

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i} = \arctan \frac{28}{30}$$

- Syarat sudut kemiringan

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

- Jumlah tanjakan

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

- Jumlah injakan

$$ni = nt - 1 =$$

- Tebal efektif plat tangga

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

$$h = \frac{2}{3} \times he = \frac{2}{3}$$

4.1.5 Perencanaan Pondasi Bore pile

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang berdasarkan uji sonir pada tiik sondir s-2 adalah sebagai berikut:

Tabel 4 1 data Sondir Per satu meter

Kedalaman Tanah (m)	Qc
1	45
2	50
3	70
4	40
5	35
6	60
7	110
8	30
9	70
10	70
11	40
12	40

13	90
14	250

1. Data perencanaan bore pile kolom sudut

Tipe Bored Pile = Kolom Sudut

Diameter Bored Pile = 400 mm

Panjang Bored Pile = 8000 mm

Didapatkan nilai q_{ca} = 71.4 kg/cm²

Luas Bored Pile $A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 400^2 = 1.25714 \text{ cm}^2 = 0,125714 \text{ m}^2$

Tahanan ujung satuan Q_b = $q_{ca} \times A_b$

$$= 71.4287 \times 1.25714$$

$$= 98.7987918 \text{ kN}$$

Tahanan selimut tiang Q_s = $2\pi r \times L \times JHP$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \times 4 \times 347,793$$

$$= 586.5981 \text{ kN}$$

Berat Sendiri Bore Pile W

$$W = w = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot l \cdot \gamma_c = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 5.24 = 12.07$$

Daya dukung ijin Bore Pile

$$Q_{all} = \frac{Q_b}{SF} - \frac{Q_s}{SF} - W = \frac{98.7987918}{3} + \frac{586.5981}{5} - 12.07 = 486.5981 \text{ kN}$$

Kapasitas dukung izin tersebut menjadi parameter utama dalam mengestimasi jumlah tiang bor yang diperlukan pada setiap titik kolom. Analisis ini menggunakan data gaya aksial terbesar dari hasil output SAP2000 sebagai dasar perhitungan, dengan tujuan untuk mengakomodasi beban struktural tertinggi yang bekerja pada pondasi.

$P_u = 785.6951 \text{ kN}$

$$\text{Jumlah tiang} \cdot n = n = \frac{P_u}{Q_{all}} = \frac{785.6951}{486.5981} = 1,614669 \approx 4 \text{ buah}$$

Direncanakan jarak antar tiang adalah $S = 1,2 \text{ m}$

Efisiensi tiang

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1}\left(\frac{D}{S}\right) \\ &= 18,43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_g &= 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \frac{\theta}{90} \\
&= 1 - \left(\frac{(2-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 2}{2 \cdot 2} \right) \frac{18,43}{90} \\
&= 0,795 \\
Q_g &= E_g \times n \times Q_{all} \\
&= 0,7951 \times 4 \times 486.5981 \\
&= 840.3012 \text{ kN} / 785.6951 \\
&= 1,96985 \approx \text{Aman}
\end{aligned}$$

2. Data perencanaan bore pile kolom tengah

Tipe Bored Pile = Kolom Sudut

Diameter Bored Pile = 400 mm

Panjang Bored Pile = 12000 mm

Luas Bored Pile $A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 400^2 = 1.25714 \text{ cm}^2 = 0,125714 \text{ m}^2$

Tahanan ujung satuan Q_b = $q_{ca} \times A_b$

$$= 71.4287 \times 1.25714$$

$$= 98.7987918 \text{ kN}$$

Tahanan selimut tiang Q_s = $2\pi r \times L \times JHP$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \times 4 \times 347,793$$

$$= 586.5981 \text{ kN}$$

Berat Sendiri Bore Pile W

$$W = w = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot l \cdot \gamma_c = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 5.24 = 12.07$$

Daya dukung ijin Bore Pile

$$Q_{all} = \frac{Q_b}{SF} - \frac{Q_s}{SF} - W = \frac{98.7987918}{3} + \frac{586.5981}{5} - 12.07 = 486.5981 \text{ kN}$$

Kapasitas dukung ijin tersebut menjadi parameter utama dalam mengestimasi jumlah tiang bor yang diperlukan pada setiap titik kolom. Analisis ini menggunakan data gaya aksial terbesar dari hasil output SAP2000 sebagai dasar perhitungan, dengan tujuan untuk mengakomodasi beban struktural tertinggi yang bekerja pada pondasi.

$$P_u = 785.6951 \text{ kN}$$

$$\text{Jumlah tiang} \cdot n = n = \frac{P_u}{Q_{all}} = \frac{785.6951}{486.5981} = 1,614669 \approx 4 \text{ buah}$$

Direncanakan jarak antar tiang adalah $S = 1,2 \text{ m}$

Efisiensi tiang

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{D}{S}\right) \\ = 18,434$$

$$E_g = 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \frac{\theta}{90} \\ = 1 - \left(\frac{(2-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 2}{2 \cdot 2} \right) \frac{18,43}{90} \\ = 0,7951$$

$$Q_g = E_g \times n \times Q_{all}$$

$$= 0,7951 \times 4 \times 310,8328$$

$$= 9886,561 \text{ kN} / 785.6951$$

$$= 3,06028 \approx \text{Daya dukung Fondasi memenuhi}$$

3. Data perencanaan bore pile kolom tepi

Tipe Bored Pile = Kolom Sudut

Diameter Bored Pile = 400 mm

Panjang Bored Pile = 8000 mm

Didapatkan nilai q_{ca} = 71.4287 kg/cm²

Luas Bored Pile $A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 400^2 = 1.25714 \text{ cm}^2 = 0,125714 \text{ m}^2$

Tahanan ujung satuan Q_b = $q_{ca} \times A_b$

$$= 71.4287 \times 1.25714$$

$$= 98.7987918 \text{ kN}$$

Tahanan selimut tiang Q_s = $2\pi r \times L \times JHP$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \times 4 \times 347,793$$

$$= 586.5981 \text{ kN}$$

Berat Sendiri Bore Pile W

$$W = w = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot l \cdot \gamma_c = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 5.24 = 12.07$$

Daya dukung ijin Bore Pile

$$Q_{all} = \frac{Q_b}{SF} - \frac{Q_s}{SF} - W = \frac{98.7987918}{3} + \frac{586.5981}{5} - 12.07 = 1440.8533 \text{ kN}$$

Kapasitas dukung izin tersebut menjadi parameter utama dalam mengestimasi jumlah tiang bor yang diperlukan pada setiap titik kolom. Analisis ini menggunakan data gaya aksial terbesar dari hasil output SAP2000 sebagai dasar perhitungan, dengan tujuan untuk mengakomodasi beban struktural tertinggi yang bekerja pada pondasi.

$$P_u = 785.6951 \text{ kN}$$

$$\text{Jumlah tiang} \cdot n = n = \frac{P_u}{Q_{all}} = \frac{785.6951}{486.5981} = 1,614669 \approx 4 \text{ buah}$$

Direncanakan jarak antar tiang adalah $S = 1,2 \text{ m}$

Efisiensi tiang

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1}\left(\frac{D}{S}\right) \\ &= 18,4395 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \frac{\theta}{90} \\ &= 1 - \left(\frac{(2-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 2}{2 \cdot 2} \right) \frac{18,43}{90} \\ &= 0,7951 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \times n \times Q_{all} \\ &= 0,795 \times 4 \times 1440,8533 \\ &= 4582,8774 / 3090.077 \\ &= 1,483 \approx \text{Daya Dukung Fondasi memenuhi} \end{aligned}$$

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 instalasi listrik $= 40 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup (q LL)

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

b. Pelat atap

Beban mati (q DL)

- Beban pelat (10 cm) $= t_s \times \text{berat jenis beton}$
 $= 0,10 \times 2400 \text{ kg/m}^3$
 $= 240 \text{ kg/m}^2$
- Berat spesi lantai $= 21 \text{ kg/m}^2$
- Berat instalasi listrik $= 40 \text{ kg/m}^2$

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 LL)

- Berat pelat $= t_s \times \text{berat jenis beton}$
 $= 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^3$
 $= 288 \text{ kg/m}^2$
- 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

Beban yang bekerja pada elemen struktur dinding berupa pasangan bata ringan (hebel) diasumsikan sebesar 120 kg/m^2 .

Tabel 4 2 Data Pembebanan Dinding

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi dinding (m)	Berat hebel (kN/m)	Beban Merata (kN/m)
1	0.00	1,2	120	144
2	3.5	1.2	120	144
3	6.5	1.2	120	144
4	9.5	1.2	120	144

4.2.4 Pembebanan Air Hujan

ds = kedalaman air yang melendut

= 20 mm

Dh = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut

= 5 mm

R = $0,0098 (ds + dh)$

= $0,0098(20 + 5)$

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

4.2.5 Pembebanan Gempa

1. Kategori risiko bangunan

Gedung parkir termasuk dalam kategori bangunan umum yang tidak memiliki fungsi vital pasca bencana, sehingga menurut SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2, bangunan ini diklasifikasikan sebagai **Kategori Risiko II**. Kategori ini digunakan untuk bangunan dengan tingkat risiko sedang.

2. Faktor keutamaan gempa

Berdasarkan kategori risiko II, faktor keutamaan gempa yang digunakan adalah $I = 1$ (table. Factor keutamaan gempa). Nilai ini menunjukkan bahwa bangunan dirancang dengan tingkat keandalan standar tanpa peningkatan khusus seperti pada bangunan penting.

3. Klasifikasi situs

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 1726:2019, terdapat tiga parameter yang digunakan dalam penentuan klasifikasi situs, salah satunya adalah nilai N (Standard Penetration Test/SPT). Pada perencanaan gedung parkir ini, data karakteristik tanah diperoleh melalui pengujian sondir atau Cone Penetration Test (CPT). Selanjutnya, nilai tahanan ujung konus (q_c) hasil

uji sondir tersebut dikonversi menjadi nilai N dengan mengacu pada tabel korelasi yang relevan.

Tabel 4.3 Korelasi q_c dan kepadatan relative dengan sudut geser pada tanah pasir (Mayerhof, 1956)

konsistensi	Kepadatan relatif	N-SPT	Q_c (MPa)	Perkiraan sudut geser triaksial
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 ketentuan Pasal 5.3 dalam SNI 1726:2019, tanah dengan nilai N-SPT lebih dari 29 dikategorikan ke dalam klasifikasi situs SC, yaitu tanah sedang yang mencakup kondisi spadat hingga batuan lunak.

4. Parameter percepatan gempa

Nilai parameter percepatan spektral diperoleh sebesar $S_s = 0.8945$ dan $S_1 = 0.3823$ berdasarkan peta respons spektrum gempa yang diakses melalui aplikasi Desain Spektra Indonesia yang disediakan oleh Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman (Puskim). Penentuan parameter tersebut dilakukan dengan memasukkan koordinat lokasi bangunan, yaitu pada garis lintang -7.140878851604877 dan garis bujur 110.41608659385686 yang merupakan lokasi rencana gedung parkir 4 lantai Undaris.

5. Sistem struktur penahan gempa

Gedung parkir 4 lantai direncanakan menggunakan sistem struktur berupa:

- Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), atau
- Sistem Ganda (dual system) jika dikombinasikan dengan dinding geser.

Pemilihan sistem struktur ini harus sesuai dengan ketentuan dalam SNI 1726:2019 terkait faktor reduksi gempa (R), faktor pembesaran simpangan (C_d), dan faktor kuat lebih (Ω_0).

6. Menghitung parameter percepatan desain spektral

Berdasarkan ketentuan Pasal 6.3 dalam SNI 1726:2019, sebelum menentukan parameter percepatan spektral desain, terlebih dahulu harus dihitung parameter percepatan spektral pada periode pendek (SMS) dan pada periode 1 detik (SM1).

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,1442 \times 0,8945 = 1,0218 \text{ g}$$

$$S_{M1} = f_v \times S1 = 1,9177 \times 0,3823 = 0,7331 \text{ g}$$

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 2/3 \times 1,0218 = 0,6812 \text{ g}$$

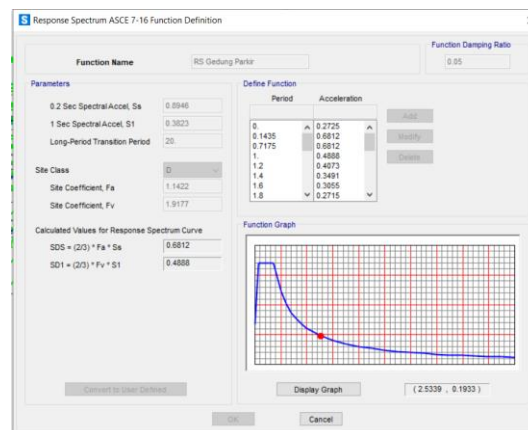
$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 2/3 \times 0,7331 = 0,4888 \text{ g}$$

7. Menghitung parameter percepatan desain spektral

Apabila spektrum respons desain diperlukan dalam perencanaan sesuai ketentuan tata cara dan analisis gerak tanah spesifik lokasi tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus disusun berdasarkan ketentuan yang berlaku dalam SNI 1726:2019.

- Untuk periode getar yang lebih kecil dari T_0 ($T < T_0$), nilai percepatan spektral desain (S_a) ditentukan menggunakan persamaan berikut:

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



Gambar 4.4 Hasil Respon Spectrum di SAP2000

- Untuk periode getar yang lebih besar dari T_0 hingga T_s ($T_0 \leq T \leq T_s$), nilai spektrum respons percepatan desain (S_a) diambil konstan sebesar S_{DS} sesuai ketentuan dalam SNI 1726:2019, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$S_a = S_{DS}$$

- Selanjutnya, untuk periode getar yang lebih besar dari T_s ($T > T_s$), nilai spektrum respons percepatan desain (S_a) ditentukan berdasarkan hubungan berbanding terbalik terhadap periode, yaitu:

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

- Adapun parameter periode batas T_0 dan T_s dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,4888}{0,6812} = 0.143511$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,4888}{0,6812} = 0,717557$$

8. Menentukan kategori Desain Seismik

Berdasarkan ketentuan Pasal 6.5 dalam SNI 1726:2019, penentuan Kategori Desain Seismik (KDS) dilakukan berdasarkan parameter respons percepatan spektral desain SDS dan SD1 serta kategori risiko bangunan. Dengan nilai SDS = 0,6812 dan bangunan termasuk dalam kategori risiko II, maka berdasarkan Tabel yang berlaku diperoleh Kategori Desain Seismik D. Selanjutnya, untuk nilai SD1 = 0,4888 dengan kategori risiko II, hasil klasifikasi juga menunjukkan bahwa bangunan termasuk dalam Kategori Desain Seismik D.

9. Menentukan struktur dan Parameter

Pemilihan sistem struktur didasarkan pada kebutuhan elemen penahan gaya lateral serta Kategori Desain Seismik (KDS) yang telah ditetapkan. Dalam perencanaan ini digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dari beton bertulang sesuai ketentuan SNI 1726:2019.

- serta faktor pembesaran defleksi (C_d) sebesar 5,5.
- faktor kuat lebih sistem (Ω_0) sebesar 3
- Parameter faktor gempa yang digunakan dalam analisis meliputi koefisien modifikasi respons (R) sebesar 8

Adapun faktor skala beban gempa untuk analisis respons spektrum dihitung sebagai berikut:

$$\frac{g \cdot 1}{R} = \frac{9,81 \cdot 1}{8} = 1,2265$$

Dengan memasukkan nilai percepatan gravitasi ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$), faktor keutamaan ($I = 1$), dan $R = 8$, diperoleh nilai faktor skala sebesar 1,22625.

4.2.6 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan ketentuan Pasal 4.2.2.1 dalam SNI 1726:2019, struktur, komponen struktur, serta elemen pondasi harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memiliki kekuatan rencana yang sama atau lebih besar dari pengaruh beban terfaktor yang bekerja, dengan mengacu pada kombinasi pembebanan yang telah ditetapkan.

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL 3.
3. $(1,2 + 0,2SDS)DL + 1 LL \pm \rho QE \pm 0,3(\rho QE) 95$

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

$S_{DS} = 0,6812$, diperoleh dari perhitungan Analisa sebelumnya

Nilai faktor redundansi (ρ) diambil sebesar 1,3 sesuai ketentuan Pasal 7.3.4.2 dalam SNI 1726:2019, mengingat struktur yang direncanakan termasuk dalam Kategori Desain Seismik D.

Tabel 4 4 Kombinasi beban

Kombinasi		DL	SIDL	LL	W_x	W_y	E_x	E_y
Comb.	1	1.4	1.4					
Comb.	2	1.2	1.2	1.6				
Comb.	3	1.2	1.2		0.5			
Comb.	4	1.2	1.2		-0.5			
Comb.	5	1.2	1.2			0.5		
Comb.	6	1.2	1.2			-0.5		
Comb.	7	1.2	1.2		0.375	0.375		
Comb.	8	1.2	1.2		-0.375	-0.375		
Comb.	9	1.2	1.2	1	1			
Comb.	10	1.2	1.2	1	-1			
Comb.	11	1.2	1.2	1		1		
Comb.	12	1.2	1.2	1		-1		
Comb.	13	1.3293	1.3293	1			1.3	0.39
Comb.	14	1.3293	1.3293	1			1.3	-0.39
Comb.	15	1.3293	1.3293	1			-1.3	0.39
Comb.	16	1.3293	1.3293	1			-1.3	-0.39
Comb.	17	1.3293	1.3293	1			0.39	1.3
Comb.	18	1.3293	1.3293	1			-0.39	1.3
Comb.	19	1.3293	1.3293	1			0.39	-1.3
Comb.	20	1.3293	1.3293	1			-0.39	-1.3
Comb.	21	0.7707	0.7707				1.3	0.39
Comb.	22	0.7707	0.7707				1.3	-0.39
Comb.	23	0.7707	0.7707				-1.3	0.39
Comb.	24	0.7707	0.7707				-1.3	-0.39
Comb.	25	0.7707	0.7707				0.39	1.3
Comb.	26	0.7707	0.7707				-0.39	1.3
Comb.	27	0.7707	0.7707				0.39	-1.3
Comb.	28	0.7707	0.7707				-0.39	-1.3

4.3 Perhitungan Penulangan Struktur

4.3.1. Perhitungan Penulangan Pelat

4.3.1.1. Pelat Lantai

- a. Data perencanaan

Tipe pelat	=P1
Mutu baja	= 280 MPa
Mutu beton	= 35 Mpa
Selimut Beton	= 20 mm (SNI 2847-2019)
B_1	= 0.80 (untuk $f_c' < 35$ MPa)
Ø Tulangan rencana	= 10 mm
Bentang sumbu panjangn (L_y)	= 600 cm
Bentang sumbu pendek (L_x)	= 600 cm

b. Perhitungan momen pelat

Perhitungan momen pelat didasarkan pada perletakan pelat yang diatur dalam SNI 2847-2019.

4.3.1.2 Pelat Lantai Atap

a. Data perencanaan

Tipe pelat	= P2
Mutu baja	= 280 MPa
Mutu beton	= 35 Mpa
Selimut Beton	= 20 mm (SNI 2847-2019)
B_1	= 0.80 (untuk $f_c' < 35$ MPa)
Ø Tulangan rencana	= 10 mm
Bentang sumbu panjangn (L_y)	= 600 cm
Bentang sumbu pendek (L_x)	= 600 cm
Factor reduksi	=0,9
B	=1000 mm
Rencana diameter tulangan	=10 mm
Faktor penggali tinggi luasan desak beton	=0,85

b. Perhitungan momen pelat

Perhitungan momen pelat didasarkan pada perletakan pelat yang diatur dalam SNI 2847-2019.

Momen Perlu (M_u)	=706100 N-m
M_n	= $M_n/\phi = 7.8061/10 = 780610$
Menentukan rasio tulangan	
Rasio minmum (P_{min})	= $\frac{1}{4} f_y = 1/4 \cdot 280 = 0,005$

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio tulangan balance (Pb)} &= \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{35}{280} \cdot \left(\frac{600}{600+280} \right) \\
 &= 0,05795
 \end{aligned}$$

$$\text{Rasio tulangan maksimum (Pmax)} = 0,75 \cdot \text{Pb} = 0,75 \cdot 0,05795 = 0,043465$$

$$R_n = \frac{Mu}{b \cdot d} = \frac{706100}{1000 \cdot 95^2} = 0,02983$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio tulangan perlu (p)} &= 0,85 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right\} \\
 &= 0,85 \cdot \frac{35}{280} \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,02983}{0,85 \cdot 35}} \right\} \\
 &= 0,005
 \end{aligned}$$

Menentukan tulangan perlu

$$\text{Luasan tulangan Tarik (As)} = p \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 1000 \cdot 95 = 475 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar tulangan (s)} &= \frac{(\pi \cdot \phi_t^2 / 4) \cdot 1000}{A_s} \\
 &= \frac{(3,14 \cdot 0,85^2 / 4) \cdot 1000}{475} \\
 &= 165,346 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan perlu} = \emptyset 10 - 165,346$$

$$\text{Maka dipakai} = \emptyset 10 - 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek jarak tulangan} \quad 1. &= s \ 100 < 3xh = 360 \approx \text{OK} \\
 2. &= s \ 100 < S_{\text{max}} = 400 \approx \text{OK}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Perhitungan Penulangan Balok

Tipe balok yang akan digunakan sebagai Sample perhitungan adalah balok 35/60 cm.

a. Data perencanaan balok

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

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

$$\text{Diamater tulangan lentur direncanakan} = D \ 22 \text{ mm}$$

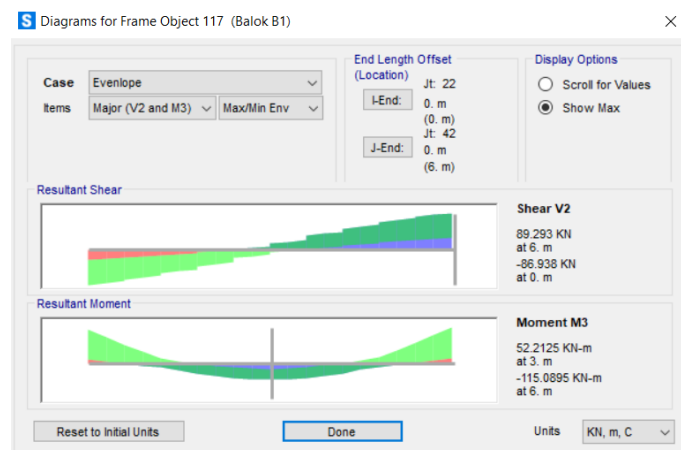
$$\text{Diameter tulangan geser direncanakan} = \emptyset 12 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{tebal selimut (t}_s\text{)} - \frac{1}{2} D - \emptyset \text{ Sengkang} \\
 &= 600 - 40 - \frac{1}{2}(22) - 10
 \end{aligned}$$

	= 539 mm
F_c' beton	= 35 Mpa
F_y tulangan	=390 MPa
F_y tulangan Sengkang	=280 MPa
β_1	= 0.80
Faktor reduksi lentur	=0,9
Faktor Reduksi	=0,75
Panjangn antar kolom C1 (L)	= 6000 mm
Lebar kolom C1	=500 mm
Panjang bersih balok	= L-C1
	=6000-500
	=5500 mm

4.3.2.1 Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok

Gaya dalam balok B1 hasil analisis SAP2000 yang digunakan sebagai acuan dalam desain tulangan longitudinal.



Gambar 4 5 Momen Evenlope

Mu Lapangan (+)	= 52,2125 kN·m
Mu lapangan (-)	= -105.53kN-m
Mu tumpuan (+)	=89.061 kn-m
Mu tumpuan (-)	= -115.0895 kN·m
P_u	= 7.747 kN

a) Syarat Gaya dan Geometri

- Syarat gaya Aksial (SNI 2847:2019 Pasal 18.6.4.7)

$$\text{Syarat} = P_u \leq 0,1 A_g \times F_c'$$

$$= 0 \leq 0,1 \times 350 \times 600 \times 35$$

$$= 7.747 \leq 735000 \approx \text{OK}$$

Syarat Tinggi Efektif (SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1)

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

$$= 5500 \geq 4 \times 540,5$$

$$= 5500 \geq 2162 \approx \text{OK}$$

Syarat Lebar 1 (SNI 2847 :2019 pasal 18.6.2.1)

Syarat $= b \geq \text{minimal} (0,3 h \text{ atau } 250)$ diambil nilai terkecil

$$= 350 \geq \text{minimal} (0,3 \times 650 \text{ atau } 250 \text{ mm})$$

$$= 350 \geq \text{minimal} (180 \text{ atau } 250 \text{ mm})$$

$$= 350 \geq 180 \approx \text{OK}$$

Syarat Lebar 2 (SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1)

Syarat $= b \leq C_2 + 2 \times \text{minimal} (C_2 \text{ atau } 0,75 C_1)$ diambil nilai terkecil

$$= 350 \leq 600 + 2 \times \text{minimal} (1000 \text{ atau } 0,60 \times 1000)$$

$$= 350 \leq 600 + 2 \times \text{minimal} (1000 \text{ atau } 600)$$

$$= 350 \leq 600 + 2 \times 600$$

$$= 350 \leq 600 + 1200$$

$$= 350 \leq 1800 \approx \text{OK}$$

b) Tulangan tumpuan Atas

- Jumlah tulangan tumpuan atas(n)

$$n = 4$$

- Diameter tulangan longitudinal (d_b)

$$d_b = 19$$

- Jarak bersig antar tulangan

$$= \frac{bw - 2t_s - 2\phi \text{ sengkang} - n \text{ tul utama}}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 4(19)}{4 - 1}$$

$$= 58 \text{ mm}$$

- Cek jarak bersih (SNI 8147 pasal 25.2.1)

Syarat = Jarak bersih $\geq$ maksimal (d_b atau 25 mm) diambil nilai terbesar

$$=58 \geq \text{maskiamal (19 atau 25 mm)}$$

$$=58 \geq 25 \approx \text{OK}$$

- Luas tulangan yang dipasang ($A_s \text{ pasang}$)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d_b^2 \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas tulangan minimum ($A_s \text{ min}$)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min } 1} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b \times d \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} \times 350 \times 540,5 \\ &= 756,198 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min } 2} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\ &= \frac{1,4}{420} \times 350 \times 540,5 \\ &= 715,197 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \text{maksium (} A_{s \text{ min } 1} \text{ atau } A_{s \text{ min } 2}) \\ &= 756,198 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Cek $A_s \text{ min}$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &= A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ min} \\ &= 1519,76 \geq 756,198 \approx \text{OK} \end{aligned}$$

- Rasio Tulangan (ρ)□

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_s \text{ pasangan}}{b \times d} \\ &= \frac{1519,76}{350 \times 540,5} \\ &= 0,008033 \end{aligned}$$

- Rasio Tulangan maksimum ($\rho \text{ max}$)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}1} &= 0,75 \cdot \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{35}{370} \left(\frac{600}{600 + 370} \right) \\ &= 0,029841 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ max } 2 = 0,025 \text{ (SNI 2847 -2019 pasal 18.6.3.1)}$$

$$\rho \text{ max} = \text{maksimum (} \rho \text{ max } 1 \text{ atau } \rho \text{ max } 2)$$

$$= 0,025$$

- Cek ρ max

$$\text{Syarat} = \rho \leq \rho_{\max}$$

$$= 0,008033 \leq 0,025 \approx \text{OK}$$

- Tinggi blok beton (α)

$$\begin{aligned}\alpha &= A_s \left(\frac{f_y}{0,85 \times f_c \times b} \right) \\ &= 1519,76 \left(\frac{370}{0,85 \times 35 \times 350} \right) \\ &= 54,0034 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Kapasitas Lentur (M_n)

$$\begin{aligned}M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \cdot 10^{-6} \\ &= 1519,76 \cdot 370 \cdot \left(540,5 - \frac{54,0034}{2} \right) \cdot 10^{-6} \\ &= 288,745 \text{ kN-m}\end{aligned}$$

- Lokasi Garis Netral

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{54,0034}{0,85} = 67,504 \text{ mm}$$

- Regangan tuangan Tarik (ϵ_t)

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 \\ &= \left(\frac{540,5 - 67,504}{67,504} \right) \times 0,003 \\ &= 0,021\end{aligned}$$

Faktor reduksi (ϕ)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.1.2 dan 22.2.2.1)

- $\phi = 0,9$ (karena $\epsilon_t \geq 0,005 = 0,01449 \geq 0,005$)

- Kapasitas Lentur Reduksi (ϕM_n)

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0,9 \times 288,745 \\ &= 187,604 \text{ kN m}\end{aligned}$$

- Momen Ultimit (M_u)

$$M_u = |M_u \text{ tumpuan } (-)|$$

$$= |-115.0895|$$

$$= 115.0895 \text{ kN-m}$$

- Cek kapasitas :

$$\text{Syarat} = \phi M_n > M_u$$

$$= 187.604 \text{ kN} > 115.0895 \approx \text{OK}$$

- Luas Tulangan yang diperlukan (A_s perlu) □

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \frac{M_u}{f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \times 10^6 \\ &= \frac{120,588}{370 \cdot \left(540,5 - \frac{54,0034}{2}\right)} \times 10^6 \\ &= 461.0873 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

c) Tulangan lanpangan Atas

- Jumlah tulangan tumpuan atas(n)

$$n = 4$$

- Diameter tulangan longitudinal (d_b)

$$d_b = 22$$

- Jarak bersig antar tulangan

$$\begin{aligned} &= \frac{bw - 2t_s - 2\phi \text{ sengkang} - n \text{ tul utama}}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 4(19)}{4 - 1} \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Cek jarak bersih (SNI 8147 pasal 25.2.1)

$$\text{Syarat} = \text{Jarak bersih} \geq \text{maksimal} (d_b) \text{ atau } 25 \text{ mm) diambil nilai terbesar}$$

$$= 58 \geq \text{maksimal} (19 \text{ atau } 25 \text{ mm})$$

$$= 58 \geq 25 \approx \text{OK}$$

- Luas tulangan yang dipasang (A_s pasang)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d_b^2 \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas tulangan minimum (A_s min)

$$A_s \text{ min } 1 = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b \times d$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} \times 350 \times 540,5$$

$$= 756,198 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min } 2} = \frac{1,4}{f_y} \times b \times d$$

$$= \frac{1,4}{420} \times 350 \times 540,5$$

$$= 715,197 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \text{maksium (} A_{s \text{ min } 1} \text{ atau } A_{s \text{ min } 2} \text{)}$$

$$= 756,198 \text{ mm}^2$$

- Cek $A_{s \text{ min}}$

$$\text{Syarat} = A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ min}}$$

$$= 1519,76 \geq 756,198 \approx \text{OK}$$

- Rasio Tulangan (ρ)

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

$$= \frac{1519,76}{350 \times 540,5}$$

$$= 0,008033$$

- Rasio Tulangan maksimum ($\rho \text{ max}$)

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

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{35}{370} \left(\frac{600}{600 + 370} \right)$$

$$= 0,029841$$

$$\rho \text{ max } 2 = 0,025 \text{ (SNI 2847 -2019 pasal 18.6.3.1)}$$

$$\rho \text{ max} = \text{maksimum (} \rho \text{ max } 1 \text{ atau } \rho \text{ max } 2 \text{)}$$

$$= 0,025$$

- Cek $\rho \text{ max}$

$$\text{Syarat} = \rho \leq \rho \text{ max}$$

$$= 0,008033 \leq 0,025 \approx \text{OK}$$

- Tinggi blok beton (α)

$$\alpha = A_s \left(\frac{f_y}{0,85 \times f_c \times b} \right)$$

$$= 1519,76 \left(\frac{370}{0,85 \times 35 \times 350} \right)$$

$$= 54,0034 \text{ mm}$$

- Kapasitas Lentur (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \cdot 10^{-6} \\ &= 1519,76 \cdot 370 \cdot \left(540,5 - \frac{54,0034}{2}\right) \cdot 10^{-6} \\ &= 288,745 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- Lokasi Garis Netral

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{54,0034}{0,85} = 67,504 \text{ mm}$$

- Regangan tuangan Tarik (ε_t)

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= \left(\frac{d - c}{c}\right) \times 0,003 \\ &= \left(\frac{540,5 - 67,504}{67,504}\right) \times 0,003 \\ &= 0,021 \end{aligned}$$

Faktor reduksi (ϕ)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.1.2 dan 22.2.2.1)

- $\phi = 0,9$ (karena $\varepsilon_t \geq 0,005 = 0,01449 \geq 0,005$)
- Kapasitas Lentur Reduksi (ϕM_n)

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0,90 \times 288,745 \\ &= 259,87 \text{ kN m} \end{aligned}$$

- Momen Ultimit (M_u)

$$\begin{aligned} M_u &= |M_u \text{ tumpuan } (-)| \\ &= |-105,534| \\ &= 105,534 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- Cek kapasitas :

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &= \phi M_n > M_u \\ &= 259,8712 \text{ kN} > 105,534 \approx \text{OK} \end{aligned}$$

- Luas Tulangan yang diperlukan (A_s perlu) $\square$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \times 10^6$$

$$= \frac{105,534}{370 \cdot \left(540,5 - \frac{54,0034}{2}\right)} \times 10^6$$

$$= 555,4603 \text{ mm}^2$$

d) Tulangan tumpuan Bawah

- Jumlah tulangan tumpuan atas(n)

$$n = 6$$

- Diamater tulangan longitudinal (d_b)

$$d_b = 22$$

- Jarak bersig antar tulangan

$$= \frac{bw - 2t_s - 2\phi \text{ sengkang} - n \text{ tul utama}}{n - 1}$$

$$= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 6(22)}{4 - 1}$$

$$= 27,2 \text{ mm}$$

- Cek jarak bersih (SNI 8147 pasal 25.2.1)

Syarat = Jarak bersih $\geq$ maksimal (d_b) atau 25 mm) diambil nilai terbesar

$$= 27,2 \geq \text{maksimal (19 atau 25 mm)}$$

$$= 27,2 \geq 25 \approx \text{OK}$$

- Luas tulangan yang dipasang ($A_{s \text{ pasang}}$)

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d_b^2$$

$$= 6 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 2279,64 \text{ mm}^2$$

- Luas tulangan minimum ($A_{s \text{ min}}$)

$$A_{s \text{ min } 1} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c'}}{f_y} \times b \times d$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} \times 350 \times 540,5$$

$$= 756,198 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min } 2} = \frac{1,4}{f_y} \times b \times d$$

$$= \frac{1,4}{420} \times 350 \times 540,5$$

$$= 715,197 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \text{maksium (} A_{s \text{ min } 1} \text{ atau } A_{s \text{ min } 2} \text{)}$$

$$= 756,198 \text{ mm}^2$$

- Cek $A_s \text{ min}$

$$\begin{aligned}\text{Syarat} &= A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ min} \\ &= 1519,76 \geq 756,198 \approx \text{OK}\end{aligned}$$

- Rasio Tulangan (ρ)

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{A_s \text{ pasangan}}{b \times d} \\ &= \frac{1519,76}{350 \times 540,5} \\ &= 0,0120\end{aligned}$$

- Rasio Tulangan maksimum ($\rho \text{ max}$)

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}1} &= 0,75 \cdot \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{35}{370} \left(\frac{600}{600 + 370} \right) \\ &= 0,029841\end{aligned}$$

$$\rho \text{ max } 2 = 0,025 \text{ (SNI 2847 -2019 pasal 18.6.3.1)}$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ max} &= \text{maksimum } (\rho \text{ max } 1 \text{ atau } \rho \text{ max } 2) \\ &= 0,025\end{aligned}$$

- Cek $\rho \text{ max}$

$$\begin{aligned}\text{Syarat} &= \rho \leq \rho \text{ max} \\ &= 0,0120 \leq 0,025 \approx \text{OK}\end{aligned}$$

- Tinggi blok beton (α)

$$\begin{aligned}\alpha &= A_s \left(\frac{f_y}{0,85 \times f_c \times b} \right) \\ &= 2279,64 \left(\frac{370}{0,85 \times 35 \times 350} \right) \\ &= 81,005 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Kapasitas Lentur (Mn)

$$\begin{aligned}M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \cdot 10^{-6} \\ &= 2279,64 \cdot 370 \cdot \left(540,5 - \frac{54,0034}{2} \right) \cdot 10^{-6} \\ &= 421,731 \text{ kN-m}\end{aligned}$$

- Lokasi Garis Netral

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{81,005}{0,85} = 101,25 \text{ mm}$$

- Regangan tuangan Tarik (ε_t)

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &= \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 \\ &= \left(\frac{540,5 - 101,25}{101,25} \right) \times 0,003 \\ &= 0,013\end{aligned}$$

Faktor reduksi (ϕ)

(SNI 2847:2019 pada Pasal 22.2.1.2 dan 22.2.2.1)

- $\phi = 0,9$ (karena $\varepsilon_t \geq 0,005 = 0,01449 \geq 0,005$)
- Kapasitas Lentur Reduksi (ϕM_n)

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0,90 \times 421,731 \\ &= 187.604 \text{ kN m}\end{aligned}$$

- Momen Ultimit (M_u)

$$\begin{aligned}M_u &= |M_u \text{ tumpuan } (-)| \\ &= |52,2115| \\ &= 52,2511 \text{ kN-m}\end{aligned}$$

- Cek kapasitas :

$$\begin{aligned}\text{Syarat} &= \phi M_n > M_u \\ &= 421,731 \text{ kN} > 187,604 \approx \text{OK}\end{aligned}$$

- Luas Tulangan yang diperlukan (A_s perlu) □

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \frac{M_u}{f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)} \times 10^6 \\ &= \frac{52,5211}{370 \cdot \left(540,5 - \frac{81,0052}{2} \right)} \times 10^6 \\ &= 421,731 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

4.3.2.2 Perhitungan Tulangan Transversal Balok

Analisis gaya dalam dilakukan dengan meninjau gaya geser ultimit pada sampel balok B1 dimensi 35 x 60 cm. Berdasarkan hasil dari analisa (output) SAP2000 dengan kombinasi beban Evenlope, diperoleh nilai gaya geser terfaktor sebagai berikut:

$$V_u \text{ tumpuan} = 85.258 \text{ kN-m}$$

V_u lapangan = 48,768 kN-m

a) Tulangan transversal tumpuan

Berdasarkan hasil dari analisa (output) SAP2000 dengan kombinasi beban 1,2DL dan 1,6 DL, diperoleh nilai gaya geser terfaktor sebagai berikut:

V_g tumpuan = - 67,514

Dari hasil perhitungan tulangan longitudinal balok diatas, luas tulangan yang didapatkan di daerah tumpuan yaitu:

As tumpuan (+) = 2279,64 kN-m

As tumpuan (-) = 1519,76 kN-m

- *Probable Moment Capacities (M_{pr})*

α_{pr}^+ = 1,25 a (tumpuan positif desain lentur)

$$= 1,25 \times 81.005 \text{ mm}^2$$

α_{pr}^- = 1,25 a (tumpuan negatif desain lentur)

$$= 1,25 \times 79,76$$

$$= 715,7972 \text{ mm}^2$$

$$M_{pr}^+ = A_s^+ \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{\alpha_{pr}^+}{2}\right)$$

$$= 505812373 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr}^- = A_s^- \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{\alpha_{pr}^-}{2}\right)$$

$$= 256187473,5 \text{ Nmm}$$

- Gaya geser akibat goyangan (SNI 2847:2019 ada Pasal 18.6.5.1)

Gaya geser akibat goyangan dihitung dengan rumus berikut :

$$V_{sway} \text{ atau } V_{pr} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{L_n} = \frac{505812373 + 256187473,5}{600} = 156727,2448 \text{ N}$$

- 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:

$$V_c = V_g + V_{pr} = -67,514 \times 10^3 + 156727,2448 = -89213,2448 \text{ N}$$

- $\frac{1}{2}$ Gaya geser desain akibat goyangan ($\frac{1}{2} V_c$)

$$\frac{1}{2} V_c = \frac{1}{2} \times -89213,2448 = -44606,6224$$

- Gaya aksial terfaktor (P_u)

$$P_u = -547,747$$

Menghitung $A_g f_c / 20$

$$\frac{A_g f_c}{20} = \frac{350 \times 600 \times 35}{20} = 3657500$$

Kuat geser Nominal beton (V_c)

Syarat = $V_c = 0$, jika $V_{pr} \geq \frac{1}{2} V_c$ dan $P_u < \frac{A_g f_c}{20}$

$$V_{pr} \geq \frac{1}{2} = 156727 \geq -89213,244 < \frac{A_g f_c}{20} = 44606,6224 \approx \text{OK}$$

$$V_c = 0$$

Rencana Jumlah kaki tulangan geser

$$N = 3$$

Luas tulangan geser

$$\begin{aligned} A_v &= n \times \frac{1}{4} \pi \times d_s^2 \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2 \\ &= 235,50 \text{ mm}^2 \\ &\text{spasi tulangan geser (s)} \end{aligned}$$

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

Spasi maksimum

$$s_{\max 1} = \frac{1}{4} \times d = \frac{1}{4} \times 540,5 = 135,125 \text{ mm}$$

$$s_{\max 2} = 7 \times d_b = 7 \times 19 = 133 \text{ mm}$$

$$s_{\max 3} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} s_{\max} &= \text{minimal} (s_{\max 1}, s_{\max 2}, s_{\max 3}) \\ &= 133 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek spasi

$$s < s_{\max} = 100 < 133 \approx \text{OK}$$

kuat geser akibat penulangan geser (V_s)

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{235,50 \times 350 \times 540,5}{100} = 470467,5 \text{ N}$$

Batas kuat geser nominal akibat penulangan geser (V_s)

$$V_s = 0,66 \times \sqrt{f_c} \times b \times d = 0,66 \times \sqrt{35} \times 350 \times 540,5 = 738655,099 \text{ N}$$

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)

$$V_n = V_c + V_s = 0 + 738655,099 = 738655,099 \text{ N}$$

Kapasitas geser tereduksi (ϕV_n)

$$\phi V_n = 0,75 \times 470467,5 = 35865,41$$

Gaya geser ultimit (V_u)

$$V_u = V_u \text{ tumpuan} \times 10^3 = 85258$$

Cek kapsitas

$$\text{Syarat} = \frac{\phi V_n}{V_u} \geq 1$$

$$= \frac{35865,41}{85258} \geq 1$$

$$= 4,14 \geq 1 \approx OK$$

b) Tulangan transversal tumpuan

$$V_g \text{ tumpuan} = -48,768$$

Rencana Jumlah kaki tulangan geser

$$N = 2$$

Luas tulangan geser

$$A_v = n \times \frac{1}{4} \pi \times d_s^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2$$

$$= 157 \text{ mm}^2$$

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

Spasi maksimum

$$s_{\max} = \frac{1}{4} \times d = \frac{1}{4} \times 540,5 = 270 \text{ mm}$$

Cek spasi

$$s < s_{\max} = 150 < 270 \approx OK$$

kuat geser akibat penulangan geser (V_s)

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{157 \times 350 \times 540,5}{100} = 209317,633 \text{ N}$$

Batas kuat geser nominal akibat penulangan geser (V_s)

$$V_s = 0,66 \times \sqrt{f_c} \times b \times d = 0,66 \times \sqrt{35} \times 350 \times 540,5 = 738655,099 \text{ N}$$

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)

$$V_n = V_c + V_s = 0 + 738655,099 = 738655,099 \text{ N}$$

Kapasitas geser tereduksi (ϕV_n)

$$\phi V_n = 0,75 \times 738655,099 = 299682,9601 \text{ N}$$

Gaya geser ultimit (V_u)

$$V_u = V_u \text{ tumpuan} \times 10^3 = 48768$$

Cek kapsitas

$$\text{Syarat} = \frac{\phi V_n}{V_u} \geq 1$$

$$= \frac{299682,9601}{48768} \geq 1$$

$$= 6,145 \geq 1 \approx OK$$

5.3.2.3 Rekapitulasi Hasil Tulangan Balok

Dengan perhitungan yang sama berikut hasil rekapitulasi penulangan balok.

Tabel 4 5 Rekapitulasi Hasil Tulangan Balok

Tipe Balok	Dimensi (cm)	Lokasi	Tulangan Longitudinal		Tulangan Transersal	
			Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
B1	35 x 60	Atas	7D22	4D22	3Ø12-100	2Ø12-150
		Bawah	4D22	6D22		
B2	35 x 55	Atas	7D22	4D22	3Ø12-100	2Ø12-150
		bawah	4D22	6D22		

4.3.3 Perhitungan Kolom

Tipe Kolom = K1

Tinggi Kolom = 3500 mm

Mutu Beton = 35 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) = 370 MPa

Diameter tulangan sengkang = Ø 13 mm

$$\text{Faktor } \beta_1 = 0,85$$

$$\text{Faktor reduksi tekan} = 0,65 \text{ (SNI 2847:2019 pada Pasal 21.2.1)}$$

$$\text{Faktor reduksi geser} = 0,75 \text{ (SNI 2847:2019 pada Pasal 21.2.1)}$$

$$\text{Faktor reduksi lentur} = 0,9 \text{ (SNI 2847:2019 pada Pasal 21.2.1)}$$

Gaya dalam diambil dari aplikasi software SAP2000 sebagai berikut :

$$P_u = 1422,22,22 \text{ kN}$$

$$V_u = 87,3 \text{ kN}$$

$$DL = 674,371 \text{ kN}$$

$$LL = 378,56 \text{ kN}$$

Gaya pada arah X

$$M_{1s} = 14,456 \text{ kNm}$$

$$M_{2s} = 12,56 \text{ kNm}$$

$$M_{1ns} = 157,28 \text{ kNm}$$

$$M_{2ns} = 184,67 \text{ kNm}$$

Gaya pada arah Y

$$M_{1s} = 6,4166 \text{ kNm}$$

$$M_{2s} = 7,6452 \text{ kNm}$$

$$M_{1ns} = 142,76 \text{ kNm}$$

$$M_{2ns} = 156,34 \text{ kNm}$$

Dalam SNI 2847;2019 pada Pasal 21.6 telah diatur ketentuan-ketentuan mengenai perhitungan kolom :

$$a) P_u \geq 0,1 \cdot A_g \cdot f_c$$

$$1422,22 \geq 0,1 \cdot (500 \cdot 500) \cdot 35$$

$$1422,22 \geq 900 \text{ (OK)}$$

$$b) \frac{C_1}{C_2} \geq 0,4$$

$$\frac{600}{600} \geq 0,4$$

$$1 \geq 0,4 \text{ (OK)}$$

Kontrol 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 (500 × 500):

$$I_g = 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot 600 \cdot 350^3$$

$$= 6,540,000,000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} = 4700\sqrt{35} = 27805,57 \text{ MPa}$$

$$E_{lk} = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

$$= \frac{0,4 \cdot 340000 \cdot 6,540,000,000}{1 + 0,8014}$$

$$= 4.563.2319861.765 \text{ Nmm}^2$$

Kekakuan balok bawah (350 × 600):

$$I_g = 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot 350 \cdot 660^3$$

$$= 4567290,543 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} = 4700\sqrt{35} = 27805,57 \text{ MPa}$$

$$E_{lb} = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

$$= \frac{0,4 \cdot 23500 \cdot 4001666666,6667}{1 + 0,8014}$$

$$= 20880882744905,1 \text{ Nmm}^2$$

Kekakuan kolom atas (500 × 500):

$$I_g = 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot 500 \cdot 500^3$$

$$= 640000000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} = 4700\sqrt{35} = 27805,57 \text{ MPa}$$

$$E_{lk} = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

$$= \frac{0,4 \cdot 23500 \cdot 756000000}{1 + 0,8014}$$

$$= 3944431541395 \text{ Nmm}^2$$

Kekakuan balok atas (350 × 600):

$$I_g = 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= 0,7 \cdot \frac{1}{12} \cdot 350 \cdot 600^3$$

$$= 4001666666,6667 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} = 4700\sqrt{35} = 27805,57 \text{ MPa}$$

$$E_{lb} = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

$$= \frac{0,4 \cdot 23500 \cdot 4001666666,6667}{1 + 0,8014}$$

$$= 20880882744905,1 \text{ Nmm}^2$$

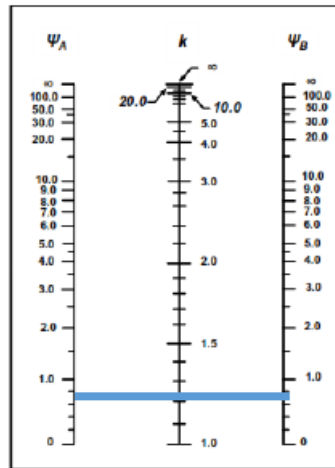
Kekakuan kolom bagian bawah

$$\psi_A = \frac{\left(\frac{E_{lk}}{L}\right)_{\text{kolom yang ditinjau}}}{\left(\frac{E_{lb}}{L}\right)_{\text{balok bawah}}}$$

$$= \frac{\left(\frac{3944431541395}{4000}\right)}{\left(\frac{20880882744905,1}{6000}\right)}$$

$$= 0,7085$$

Kemudian diambil nilai faktor panjang efektif kolom untuk portal bergoyang $k = 1,225$ berdasarkan diagram nomogram sebagai berikut:



Gambar 4 6 Nomogram factor Panjang efektif

Kontrol kelangsingan kolom

$$R = 0,3 \cdot h = 0,3 \cdot 500 = 180 \text{ mm}$$

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22 = \frac{1,225 \times 3500}{180} = 24,62 \geq 22$$

Karenanilai $\frac{k \cdot l_u}{r} \geq$, maka perlu dilakukan perhitungan pembesaran

momen karena kolom termasuk kolom langsing

Faktor pembesaran momen δ

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(k \cdot l_u)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \cdot 3944431541395}{(1,225 \times 3500)^2}$$

$$= 145,76 \text{ kN}$$

$$\delta_s = \frac{1}{\left(1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \cdot \sum P_c}\right)} \geq 1$$

$$= \frac{1}{\left(1 - \frac{2188,03}{0,75 \cdot 16228,82}\right)} \geq 1$$

$= 1,2192 \geq 1$ (OK) Maka didapat nilai $\delta_s = 1,2192$ untuk pembesaran momen.

Pembesaran momen:

a) Arah X

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$= 157,28 + 1,2192 \cdot 14,456 = 174,76 \text{ kNm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$= 184,67 + 1,2192 \cdot 12,561 = 176,34 \text{ kNm}$$

Diambil momen terbesar yaitu 186,6674 kNm.

b) Arah Y

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$= 142,76 + 1,2192 \cdot 6,4166 = 178,342 \text{ kNm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$= 156,34 + 1,2192 \cdot 7,6452 = 162,922 \text{ kNm}$$

Diambil momen terbesar yaitu 162,3237 kNm.

4.3.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

$$h' = h - 2 \cdot t_s - 2 \cdot D_{\text{tul sengkang}} - D_{\text{tul pokok}}$$

$$= 500 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 22 = 472 \text{ cm}$$

$$\frac{h'}{h} = \frac{472}{500} = 0,6843 \approx 0,8$$

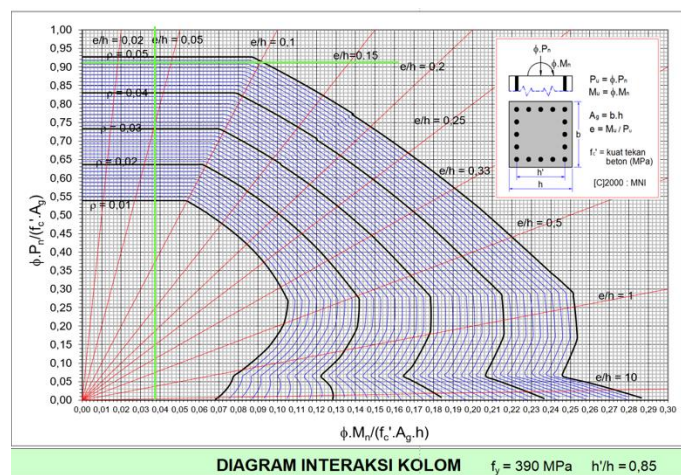
Sumbu vertikal

$$\frac{\phi P_n}{b \cdot h} = \frac{2188030,7692}{500 \cdot 500} = 0,6078$$

Sumbu horizontal

$$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{186667411,5521}{500 \cdot 500 \cdot 500} = 0,0764$$

Digunakan diagram interaksi 4 sisi karena sesuai dengan desain kolom yang direncanakan



Gambar 4 7 Diagram 4 sisi

Maka didapatkan $\rho_{\text{perlu}} = 0,049$

Luas tulangan lentur perlu:

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot h \\&= 0,049 \cdot 500 \cdot 500 \\&= 234,0000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luas tulangan lentur:

$$\begin{aligned}A_{s1} &= 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \\&= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 22^2 \\&= 380,2857 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur terpasang:

$$\begin{aligned}N &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s1}} \\&= \frac{8280,0000}{380,2857} \\&= 21,7731 \approx 20 \text{ buah}\end{aligned}$$

Presentase tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}1\% &< \frac{A_s \text{ pasang}}{b \cdot h} \cdot 100\% < 6\% \\1\% &< \frac{20 \cdot 380,2857}{600 \cdot 600} \cdot 100\% < 6\% \\1\% &< 0,0211 = 2\% < 6\% \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Jadi tulangan lentur yang digunakan adalah 20D22.

Cek kondisi balance:

Tinggi efektif kolom;

$$\begin{aligned}d &= h - t_s - \phi_{\text{senggang}} - 0,5\phi_{\text{lentur}} \\&= 600 - 40 - 13 - 0,5(22) = 536 \text{ mm} \\d' &= t_s - \phi_{\text{senggang}} - 0,5\phi_{\text{lentur}} \\&= 40 - 13 - 0,5(22) = 64 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s &= A'_s = \frac{A_{st}}{2} \\&= \frac{7605,7143}{2} \\&= 3802,8571\end{aligned}$$

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) d$$

$$= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) 536$$

$$= 321,6 \text{ mm}$$

$$a_b = X_b \cdot \beta_1$$

$$= 321,6 \cdot 0,85$$

$$= 273,36 \text{ mm}$$

$$f'_s = \left(\frac{X_b - d'}{X_b} \right) 600$$

$$= \left(\frac{321,6 - 64}{321,6} \right) 600$$

$$= 480,597 \text{ MPa} > 400 \text{ MPa}$$

Jadi nilai f'_s diambil 400 MPa

$$f_s = \left(\frac{d - X_b}{X_b} \right) 600$$

$$= \left(\frac{536 - 321,6}{321,6} \right) 600$$

$$= 400 \text{ MPa}$$

$$C'_s = A_s \cdot (f'_s - 0,85 \cdot f'_c)$$

$$= 3802,8571 \cdot (400 - 0,85 \cdot 25)$$

$$= 1440,3321 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 3802,8571 \cdot 400$$

$$= 1521,1428 \text{ kN}$$

$$C'_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 273,36 \cdot 600$$

$$= 4326,56 \text{ kN}$$

$$P_b = C'_c + C'_s - T_s$$

$$= 4326,56 + 1440,3321 - 1521,1428$$

$$= 4245,7493 \text{ kN}$$

$$M_b = C'_c \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right)$$

$$+ C'_s \left(\frac{h}{2} - d' \right)$$

$$+ T_s \left(d - \frac{h}{2} \right)$$

$$= 4245,7493 \left(\frac{500}{2} - \frac{273,36}{2} \right)$$

$$4245,7493 \left(\frac{600}{2} - 64 \right)$$

$$4245,7493 \left(536 - \frac{600}{2} \right)$$

$$= 176,15228 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b}$$

$$= \frac{176,15228}{4245,7493}$$

$$= 4120,273 \text{ mm}$$

$$M_u = \frac{M}{\phi}$$

$$= \frac{186667411,5521}{0,9}$$

$$= 207408235,0579 \text{ Nmm}$$

$$P_u = \frac{P}{\phi}$$

$$= \frac{176,15228 \text{ kN}}{0,65}$$

$$= 2673073,27 \text{ N}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{M_u}{P_u}$$

$$= \frac{207408235,0579}{2673073,27}$$

$$= 56,67 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 15,24 + 0,03h15,24 + 0,03(600)$$

$$= 33,24 \text{ mm}$$

Kondisi penampang perencanaan kolom:

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}} \{ \} 24 < 94 \{ \} 792 < 372 \{ \} 4843$$

Kontrol kondisi tekan:

$$X = 1,5 \cdot X_b = 1,5 \cdot 321,6 = 482,4 \text{ mm}$$

Kontrol kondisi tekan:

$$X = 1,5 \cdot X_b = 1,5 \cdot 321,6 = 482,4 \text{ mm}$$

$$a = 0,85 \cdot X = 0,85 \cdot 482,4 = 273,36 \text{ mm}$$

$$f'_s = \left(\frac{X - d'}{X} \right) 600$$

$$= \left(\frac{482,4 - 64}{482,4} \right) 600$$

$$= 520,398 \text{ MPa} > 400 \text{ MPa}$$

Jadi nilai f'_s diambil 400 MPa

$$f_s = \left(\frac{d - X}{X} \right) 600$$

$$= \left(\frac{536 - 482,4}{482,4} \right) 600$$

$$= 66,667 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$$

Jadi nilai f_s diambil 66,667 MPa

$$C'_s = A_s \cdot (f'_s - 0,85 \cdot f_c)$$

$$C'_s = 3802,8571 \cdot (400 - 0,85 \cdot 25)$$

$$= 1440,3321 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 3802,8571 \cdot 66,667$$

$$= 253,5238 \text{ kN}$$

$$C'_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 25 \cdot 273,36 \cdot 600$$

$$= 3485,34 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = C'_c + C'_s - T_s \setminus$$

$$= 3485,34 + 1440,3321 - 253,5238$$

$$= 4672,1483 \text{ kN}$$

$$\phi M_n = C'_c \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right)$$

$$+ C'_s \left(\frac{h}{2} - d' \right)$$

$$+ T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) \setminus$$

$$= 3485,34 \left(\frac{600}{2} - \frac{273,36}{2} \right)$$

$$+ 1440,3321 \setminus \left(\frac{600}{2} - 64 \right)$$

$$+ 253,5238 \left(536 - \frac{600}{2} \right)$$

$$= 968,9757 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$P_u = 2188,0308 \text{ kN}$$

$$M_u = 207,4082 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$2188,0308 \leq 4672,1483 \text{ (OK)}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$207,4082 \leq 968,9757 \text{ (OK)}$$

Maka bisa dipakai tulangan 20D22.

Kontrol spasi tulangan:

Ketentuan yang berlaku:

$$S_{max} \geq S_{sejajar} = 40 \text{ mm}_{max} \leq S_{sejajar} = 40 \text{ mm}$$

Jarak bersih antar tulangan:\

$$S_{max} = \frac{b_w - 2t_s - 2\phi_{senggang} - n \cdot \phi_{tul \text{ utama}}}{n - 1} \geq 40 \text{ mm}$$

$$= \frac{500 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 6 \cdot 22}{6 - 1}$$

$$= 62,4 \text{ mm} \geq 40 \text{ mm (OK)}$$

4.3.3.3 Rekapitulasi Hasil Tulangan Kolom

Dengan perhitungan yang sama berikut adalah rekapitulasi dari hasil perhitungan penulangan kolom:

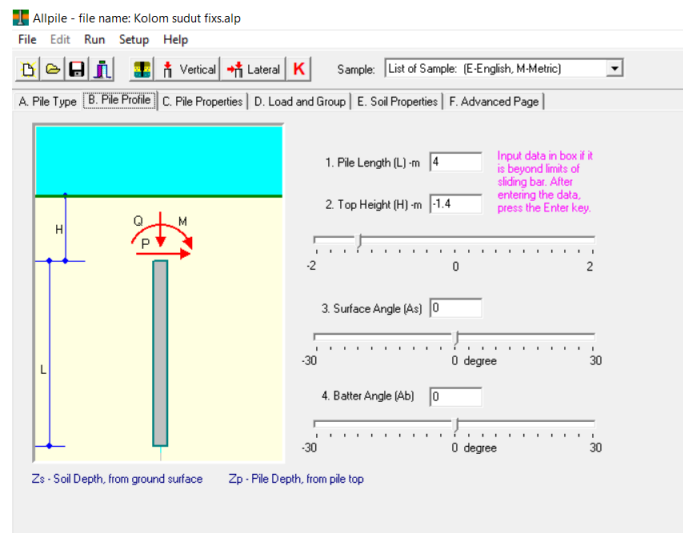
Tabel 4 6 Hasil Rekapitulasi Tulangan Kolom

Tipe Kolom	Dimensi	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transersal	
		Tumpuan & Lapangan	Tumpuan	Lapangan
K1	50 x 50	12 D 22	3D12 - 100	2D12-150
K2	45 x 45	10 D 22	2D12-100	2D12 - 150

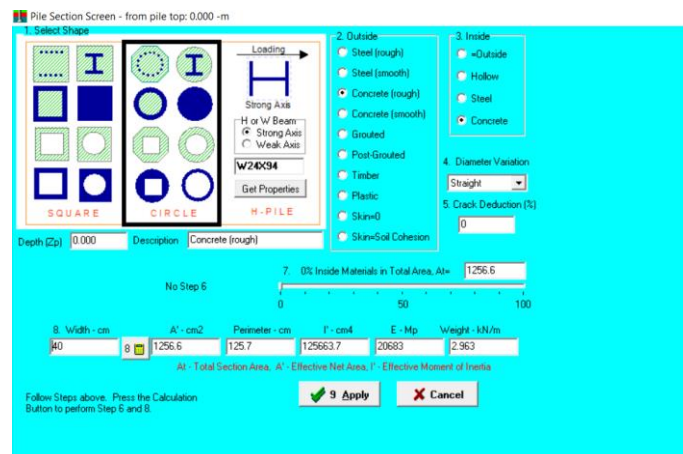
4.3.4 Perhitungan Pondasi

4.3.4.1 Perhitungan Defleksi Lateral dan Settlement

Perhitungan penurunan pondasi bore pile dilakukan secara komputasi menggunakan program *Allpile*. Parameter input utama meliputi dimensi fisik dan karakteristik tipe pondasi. Pada perencanaan ini, digunakan diameter pondasi 0,4 m dengan tiga variasi kedalaman, yaitu 4 m, 12 m, dan 14 m. Prosedur analisis untuk tipe BP1 disajikan sebagai sampel pada bagian di bawah ini

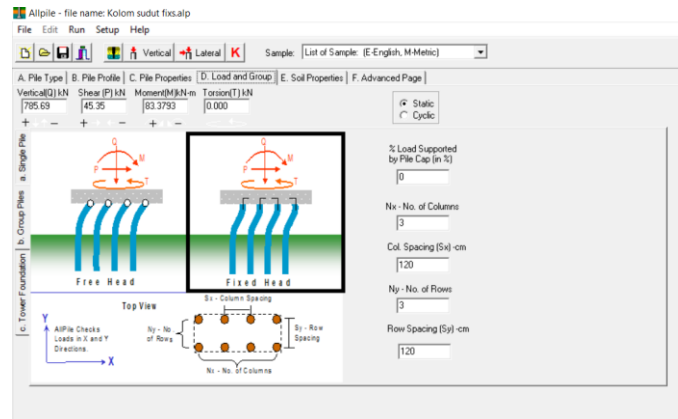


Gambar 4 8 Pile Profile Tipe Kolom Sudut



Gambar 4 9 Pile Pro Bore Pile Tipe Kolom Sudut

Analisis vertikal atau penurunan dilakukan dengan memasukkan data beban yang telah diperoleh dari analisis sebelumnya menggunakan perangkat lunak SAP2000.



Gambar 4 10 Beban yang bekerja pada kelompok pondasi

Komponen beban yang digunakan meliputi momen, beban aksial, serta beban vertikal terfaktor. Sementara itu, untuk menganalisis defleksi lateral pada tiap tiang, beban yang diinputkan harus dibagi secara proporsional sesuai dengan jumlah tiang pada masing-masing fondasi rakit (pile cap).

Tahap selanjutnya adalah memasukkan parameter properti tanah yang bersumber dari hasil pengujian sondir atau Cone Penetration Test (CPT) berupa nilai tahanan ujung (q_c) dengan satuan kg/cm^2 . Dikarenakan perangkat lunak *Allpile* memerlukan data N-SPT sebagai parameter masukan, maka nilai tahanan ujung tersebut dikonversi terlebih dahulu. Dalam studi ini, penulis menggunakan korelasi Meyerhof (1956) sebagaimana tercantum pada Tabel untuk menentukan hubungan antara q_c dan kepadatan relatif terhadap sudut geser pada tanah pasir.

Zs-m	Soil Data Input	G-kN/m3	Phi	C-kN/m2	k-MN/m3	e50 or Dr	Nspt	Type
0	Silt (Phi + C)[W]	9.5	28.3	18.9	40.6	1.15	6	3
2.8	Silt (Phi + C)[W]	10.4	29.6	28.1	77.5	0.91	9	3
4.2	Silt (Phi + C)[W]	9.5	28.3	18.9	40.6	1.15	6	3
5.6	Soft Clay [W]	8.6	0.0	26.9	20.4	1.42	5	1
7	Stiff Clay [W]	11.0	0.0	115.5	210.9	0.59	19	2
8.4	Silt (Phi + C)[W]	1.4	27.8	761.3	8.0	1.28	5	3
9.8	Silt (Phi + C)[W]	10.7	30.4	34.4	104.0	0.80	12	3
11.2	Silt (Phi + C)[W]	10.4	29.6	28.1	77.5	0.91	9	3
12.6	Silt (Phi + C)[W]	10.4	29.6	28.1	77.5	0.91	9	3
13.6	Stiff Clay [W]	11.9	0.0	212.5	455.4	0.40	36	2

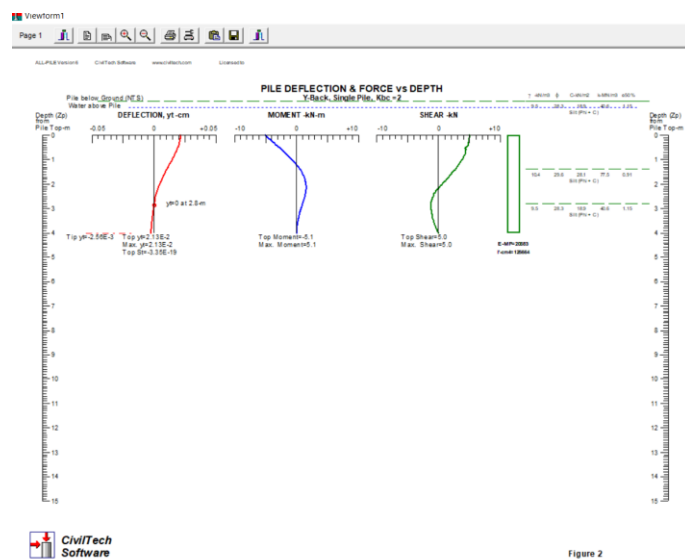
Gambar 4 11 data Soil Properties

Adapun ringkasan parameter tanah yang diinputkan ke dalam Allpile disajikan pada Tabel

Tabel 4 7 Parameter Tanah Sondir

Kedalaman	Qckg.m ²	Rsc (fs/qc) %	Parameter
0	0	0	Pasir Lanau
1,4	45	1,167	Pasir Lanau
2,8	60	1,67	Pasir Lanau
4,2	45	1,11	Pasir Lanau
5,6	35	1,43	Pasir Lanau
7	110	0,91	Pasir
8,4	40	1,43	Pasir Lanau
9,8	70	1,43	Pasir Lanau
11,2	60	1,67	Pasir Lanau
12,6	60	1,67	Pasir Lanau
13,6	250	0	Pasir

Hasil analisis perangkat lunak menunjukkan nilai penurunan pondasi sebesar 0,04016 cm dan defleksi lateral sebesar 2,13 cm. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan batas toleransi menurut SNI 2847:2019 sebesar 2,5 cm. Karena hasil perhitungan lebih kecil dari batas yang diizinkan, maka dimensi dan desain pondasi dianggap aman dan memenuhi standar.



Gambar 4 12 Hasil analisis Lateral

Material Properties

Concrete	Reinforcing Steel
Strength, f'_c : 25 MPa	Strength, f_y : 420 MPa
Elasticity, E_c : 23500 MPa	Elasticity, E_s : 200000 MPa
Max stress, f_c : 21.25 MPa	
Beta(1): 0.85	
Ultimate strain: 0.003	

OK Cancel

Gambar 4 14 Input material properties

Axial Loads

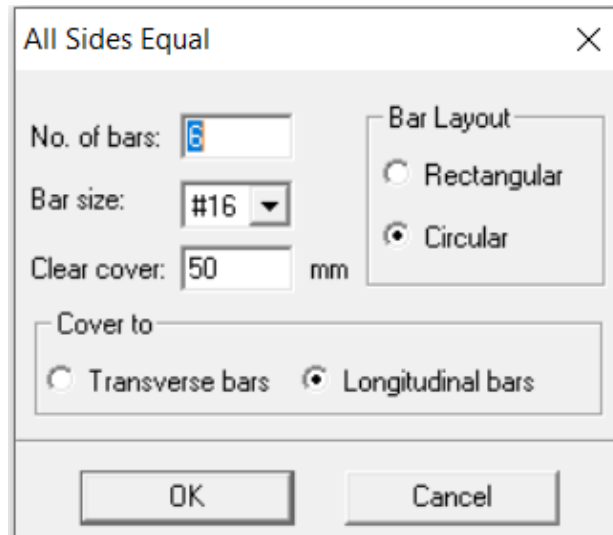
Initial load	Final load	Increment
87.2995 (kN)	9.26437 (kN)	0 (kN)

Insert Modify Delete

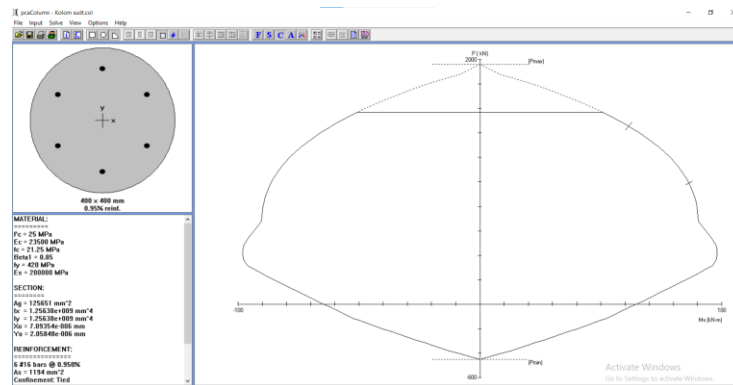
No.	Initial	Final	Inc
1	87.2995	9.26437	0

OK Cancel

Gambar 4 15 Input pembebanan pondasi



Gambar 4 16 Input tulangan longitudinal



Gambar 4 17 Diagram lentur bore pile

4.3.4.3 Perhitungan Penulangan Pile Cap

Perancangan struktur bawah pada Gedung Pondok Pesantren di Ungaran ini diawali dengan analisis *pile cap* pada titik kolom sudut. Pemilihan lokasi ini dilakukan dengan pertimbangan kondisi pembebanan yang paling kompleks, di mana selain memikul beban aksial, kolom sudut juga menerima momen dua arah (bi-aksial) yang signifikan.

Data beban desain yang digunakan merupakan hasil ekstraksi dari perangkat lunak SAP2000 pada kombinasi beban terfaktor paling kritis. Berdasarkan output analisis tersebut, diperoleh gaya-gaya dalam berupa beban aksial P_u , momen arah-x M_u , dan momen arah-y M_u yang bekerja pada titik dasar kolom. Gaya-gaya tersebut kemudian didistribusikan ke setiap tiang pondasi dalam satu kelompok *pile cap* untuk mengetahui reaksi maksimum pada masing-masing tiang.

1. Data beban

Gaya Aksial $= 785,6951 \text{ kN}$

Jumlah kolom dalam 1 lokasi pilar = 1 pilar

$$\text{Total beban Akibat kolom} = \frac{\text{gaya aksial}}{\text{jumlah kolom}} = \frac{785,6951}{1} = 785,6951 \text{ kN}$$

2. Gaya yang diterima Tiang Panjang

Gaya aksial pondasi Tiang

Jumlah Tiang pancang dipasang = 9 buah

x_1 = 1,6 m

x_1^2 = $1,6^2 = 2,56$ m

$$P_{\text{tiang}} = \frac{N_o}{n_x \cdot n_y} \pm \frac{M_o \cdot Y_{\text{max}}}{Y_{\text{tot}}^2 \cdot n_x}$$

Tinjauan terhadap beban arah x

P_u = 785,6951 kN-m

M_x = 83,3793 kN-m

$$p/n = \frac{P_u}{N} = \frac{785,6951}{9} = 87,299946 \text{ kN}$$

$$\frac{X_{\text{max}}}{\sum X^2 n_y} = \frac{M_x \cdot X_1}{\sum x^2 \cdot n_y} = \frac{83,3793 \cdot 1,6}{2,56 \cdot 3} = 17,3706$$

$$P_{\text{max}} = \frac{X_{\text{max}}}{\sum X^2 n_y} + p/n = 17,3706 + 87,299946 = 104,6701 \text{ kN}$$

$$P_{\text{min}} = p/n - \frac{X_{\text{max}}}{\sum X^2 n_y} = 87,299946 - 17,3706 = 69,92877 \text{ kN}$$

Momen dan gaya geser ultimit pile cap

Pile cap sendiri

B = 3,6

H = 3

Panjang = 0,4

γ_c = 25

Volume = b x h x Panjang

$$= 3,6 \times 3 \times 0,4$$

$$= 4,32$$

Berat = Volume x γ_c

$$= 4,32 \times 25$$

$$= 108$$

Lengan = $0,5 \times b = 0,5 \times 3,6 = 1,8$

Momen = berat x lengan

$$=108 \times 1,8$$

$$=194,4$$

Jarak antar tiang =1,2 m

Faktor ultimit =1,2

Momen ultimit akibat berat pile cap

$$M_{us} = \text{momen} \times K$$

$$=194,4 \times 1,2$$

$$=233,28 \text{ kN m}$$

Gaya geser ultimit akibat berat pile cap

$$W_{us} = K \times \text{berat}$$

$$=1,2 \times 108$$

$$=129,6 \text{ kN}$$

$$\text{Dimensi kolom} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah baris tiang (ny)} = 3$$

Jarak terhadap pusat X

$$X_1 = 1,6 \text{ m}$$

Lengan terhadap sisi luar kolom

$$X_{p1} = X_1 - \frac{\text{dimensi kolom}}{2} = 1,6 - \frac{0,5}{2} = 1,35$$

$$\text{Momen} = n_y \times P_{\max} \times X_{p1}$$

$$=0,5 \times 10,46701 \times 1,35$$

$$= 423,914$$

Momen max pada pilecap akibat reaksi tiangn

$$M_p = 423,914$$

Momen ultimit rencana Pile Cap

$$M_{ur} = M_p - M_{us}$$

$$=423,914 - 233,28$$

$$=190,63 \text{ kN-m}$$

Lebar Pile cap =6,4 m

$$\text{Momen rencana Permeter} = \frac{M_{ur}}{\text{lebar Pile cap}} = \frac{190,63}{6,4} = 29,7865 \text{ kN - m}$$

Gaya geser rencana

$$V_{ur} = n_y \times P_{\max} - W_{us}$$

$$= 3 \times 104,6701 - 129,6$$

$$=184,4104 \text{ kN-m}$$

$$\text{Gaya geser ultimit rencana peremeter} = \frac{V_{ur}}{\text{lebar Pile cap}} = \frac{184,4104}{6,4} = 28,81412 \text{ kN} - m$$

3. Tulangan Lentur Pilecap

$$\text{Momen rencana Ultimit (Mu)} = 29,97 \text{ kN-m}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 25 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal pilecap (ht)} = 700 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan terhadap sisi luar(d')} = 70 \text{ mm}$$

$$\text{Mpdulus elastisitas baja } E_s = 200000$$

$$\text{Faktor bentuk distribusi tegangan beton}(\beta_1) = 0,85$$

$$R_b = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} = 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{25}{420} \cdot \frac{600}{600+420} = 0,02529$$

$$\begin{aligned} R_{\max} &= 0,75 \cdot r_b \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot r_b \cdot \frac{420}{0,85 \cdot f_c'}\right) \\ &= 0,75 \cdot 0,02529 \cdot 25 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,02529 \cdot \frac{420}{0,85 \cdot 25}\right) \\ &= 6,4746 \end{aligned}$$

$$\text{Factor reduksi kekuatan lentur (f)} = 0,80$$

$$\text{Factor reduksi kkuatan geser (f)} = 0,85$$

$$\text{Tebal pile cap (d)} = h - d' = 700 - 70 = 630 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar oile cap yang ditinjau (b)} = 6400 \text{ mm}$$

$$\text{Momen rencana nominal rencana (Mn)} = Mu / f = 29,79 / 0,8 = 37,23 \text{ kNm}$$

$$\text{Factor tahanan momen (Rn)} = \frac{Mn \cdot 10^{-6}}{b \cdot d} = \frac{37,23 \cdot 10^{-6}}{6400 \cdot 630} = 0,01466$$

$$\begin{aligned} \text{Rasio tulangan yang diperlukan} &= 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f_c'}}\right) \\ &= 0,85 \times \frac{25}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,01466}{0,85 \cdot 25}}\right) \\ &= 0,00003 \end{aligned}$$

$$\text{Rasio tulangan minimum} = 1,4 / f_y = 1,4 / 420 = 0,0033$$

$$\text{Rasio tulangan yang digunakan (r)} = 0,0033$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan yang diperlukan ,As} &= r \cdot b \cdot d \\ &= 0,0033 \cdot 6400 \cdot 630 \\ &= 13440 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Diamter tulagan yang digunakan} = D22$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= \frac{p}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{b}{A_s} \\ &= \frac{p_i}{4} \cdot 22^2 \cdot \frac{6400}{13340} \\ &= 28,284 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi digunakan tulangan} = D22 - 200$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{p}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{p}{4} \cdot 22^2 \cdot \frac{6400}{200} \\ &= 190 \end{aligned}$$

Untuk tulangan bagi 50% tulangan pokok

$$\begin{aligned} A_s' &= 25 \% \cdot A_s \\ &= 25\% \cdot 1901 \\ &= 3360 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Diamter tulangan yang digunakan} = D16$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan yang diperlukan, s} &= \frac{p}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{p}{4} \cdot 16^2 \cdot \frac{6400}{3360} \\ &= 59,80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan} = D22 - 200$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{p}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{p}{4} \cdot 16^2 \cdot \frac{6400}{200} \\ &= 1901 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser Pilecap

$$\text{Gaya geser ultimit} \quad V_u = 28814 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot (\sqrt{f_c'}) \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot (\sqrt{25}) \cdot 6400 \cdot 630 \\ &= 3360000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$f.vc = 0.8 \cdot 3360000 = 2688000 \text{ (hanya perlu tulangan geser)}$$

$$v_s = V_u/2 = 28814/2 = 14407 \text{ N}$$

$$\text{Diamater tulangan} = D13$$

$$\text{Ambil jarak arah Y} = 200 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser

$$\begin{aligned}A_v &= \frac{p}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s_y} \\&= \frac{p}{4} \cdot 13^2 \cdot \frac{6400}{200} \\&= 4247,4 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak tulangan geser yang diperlukan (arah x)

$$\begin{aligned}S_x &= A_v \cdot f_y \cdot d / v_s \\&= 4247,4 \cdot 420 \cdot 640 / 14407 \\&= 78008,31 \text{ mm}\end{aligned}$$

Digunakan tulangan

$$\begin{aligned}&= D13 - 400 \text{ (arah X)} \\&= D13 - 400 \text{ (arah y)}\end{aligned}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses perencanaan dan analisis yang telah dilakukan pada Gedung Parkir di Undaris, beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan kapasitas dan tata letak ruang parkir

Perencanaan kapasitas dan tata letak parkir menunjukkan bahwa area yang dirancang mampu menampung sekitar . Pola parkir yang digunakan adalah pola tegak lurus (90°) dengan lebar jalur sirkulasi kendaraan sekitar 6,0 m, sehingga memungkinkan kendaraan bermanuver dengan cukup mudah. Selain itu, pengaturan sirkulasi dibuat satu arah untuk mengurangi konflik pergerakan kendaraan di dalam area parkir. Dengan konfigurasi tersebut, pemanfaatan lahan menjadi lebih optimal tanpa mengurangi aspek kenyamanan dan keamanan pengguna.

2. Perencanaan struktur atas gedung parkir

Hasil analisis struktur menggunakan SAP2000 menunjukkan bahwa elemen struktur mampu menahan beban yang bekerja dengan baik dan juga aman. Balok utama mengalami momen maksimum sekitar 52.2125 kNm, sedangkan kolom menerima gaya aksial maksimum berkisar 4414,538 kN. Dimensi elemen struktur yang digunakan, dinilai cukup untuk menahan gaya dalam tersebut. Seluruh perencanaan telah mengacu pada SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, serta SNI 2847:2019, sehingga struktur atas dinyatakan aman dan memenuhi persyaratan kekuatan serta kestabilan. Dari seluruh pembahasan perhitungan struktur Gedung Parkir 4 Lantai Undaris diperoleh hasil sebagai berikut

a. Komponen pelat lantai

Perencanaan dimensi Pelat lantai adalah 12 cm, yang menggunakan tulangan Ø10-100

b. Komponen Balok

Perencanaan Balok direncanakan balok B1 adalah 35/60 cm, balok B2 adalah 35/55 cm.

Tabel 5 1 Rekapitulasi Penulangan Balok

Tipe Balok	Dimensi (cm)	Lokasi	Tulangan Longitudinal		Tulangan Transversal	
			Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
B1	35 x 60	Atas	7D22	4D22	3Ø12-100	2Ø12-150
		Bawah	4D22	6D22		
B2	35 x 55	Atas	7D22	4D22	3Ø12-100	2Ø12-150

c. Komponen Kolom

Perencanaan dimensi kolom direncanakan Kolom K1 adalah 50/50 cm, kolom K2 adalah 45/45

Tabel 5 2 Rekapitulasi Penulangan Kolom

Tipe Kolom	Dimensi	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal	
		Tumpuan & Lapangan	Tumpuan	Lapangan
K1	50 x 50	12 D 22	3D12 - 100	2D12-150
K2	45 x 45	10 D 22	2D12-100	2D12 - 150

3. Perencanaan struktur bawah dan pondasi

Struktur bawah direncanakan menggunakan pondasi bore pile dengan diameter sekitar 40 cm yang disesuaikan dengan kondisi tanah setempat. Kedalaman tiang bervariasi, yaitu 4000 mm untuk kolom sudut serta 12000 mm untuk kolom tepi dan kolom tengah. Dalam perencanaannya, pondasi dibedakan berdasarkan tipe kolom (kolom sudut, kolom tepi, dan kolom tengah), dimana masing-masing menggunakan pile cap berukuran 6400 × 6400 mm yang didukung oleh tiga buah tiang.

Perencanaan tulangan bore pile dilakukan dengan bantuan PCA Column untuk memastikan kapasitas penampang, sedangkan pile cap dirancang menggunakan AllPile dengan mengacu pada SNI 8460:2017. Berdasarkan hasil analisis, sistem pondasi yang direncanakan mampu menyalurkan beban struktur ke tanah secara

aman serta memenuhi batas penurunan yang diizinkan, sehingga kestabilan bangunan secara keseluruhan dapat terjamin.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan Gedung Parkir di Undaris yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan selanjutnya:

- 1. Saran terkait perencanaan parkir**

Dalam pengembangan ke depan, perencanaan kapasitas dan tata letak parkir sebaiknya didasarkan pada data survei kebutuhan parkir yang lebih detail dan aktual, seperti volume kendaraan pada jam puncak. Hal ini bertujuan agar kapasitas parkir yang direncanakan benar-benar sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Selain itu, dapat dipertimbangkan penggunaan sistem parkir yang lebih modern, seperti sistem parkir otomatis atau semi-otomatis, guna meningkatkan efisiensi penggunaan ruang.

- 2. Saran terkait perencanaan struktur atas**

Perencanaan struktur atas yang telah dilakukan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mempertimbangkan variasi metode analisis atau penggunaan perangkat lunak lain sebagai pembanding terhadap hasil dari SAP2000. Selain itu, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap aspek pelaksanaan di lapangan, seperti metode konstruksi, ketersediaan material, dan efisiensi biaya, sehingga desain yang dihasilkan tidak hanya aman secara struktur tetapi juga ekonomis dan mudah direalisasikan.

- 3. Saran terkait struktur bawah dan pondasi**

Pada perencanaan pondasi, pelaksanaan di lapangan perlu dilakukan pengawasan yang ketat terhadap pekerjaan borepile untuk memastikan kualitas sesuai dengan perencanaan. Penggunaan perangkat lunak seperti AllPile dan PCA Column juga dapat terus dimanfaatkan dan dikombinasikan dengan perhitungan manual sebagai bentuk verifikasi hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, M. I., & Chairina, E. (2023). *EVALUASI STRUKTUR BALOK PADA GEDUNG BERTINGKAT BERDASARKAN SNI 2847-2013 PADA GEDUNG AULA YAYASAN SATU HATI TALUN KENAS (MENGGUNAKAN SAP 2000)*. 2(2).
- Auliya, H., Widayanto, E., & Aswatama, K. (2023). *Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada Pembangunan Rumah Susun Cakung Jakarta Timur*. 17(03), 2–7.
<https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.03.2>
- Badan, K., & Nasional, S. (2019). *PENETAPAN STANDAR NASIONAL INDONESIA 2847 : 2019 PERSYARATAN BETON STRUKTURAL UNTUK BANGUNAN GEDUNG DAN PENJELASAN SEBAGAI REVISI DARI STANDAR NASIONAL INDONESIA 2847 : 2013*. 8.
- Choiriyah, S., Firdaus, F., & Nur, A. (n.d.). *Pemilihan Pembagian Zona dengan Siklus Menggunakan Bekisting Alform pada Pekerjaan Plat terhadap Biaya dan Waktu*. 481–486.
- Hutahaean, S. G. (2016). *Kajian Pemakaian Shear Wall dan Bracing pada Gedung Bertingkat*. 2(4).
- Indonesia, S. N. (2019). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*.
- Komara, W. S. (2019). *Pembesaran Gaya Dalam dan Rasio Kekuatan Elemen Struktur Baja untuk Berbagai Koefisien Modifikasi Respon (*R*)*. 5(3), 86–96.
- Konvensional, B., Dan, S. K., & Peri, S. (2016). *Analisa perbandingan metode, biaya dan waktu penggunaan bekisting aluminium dengan bekisting konvensional, semi konvensional dan sistem (peri)*. 1–12.
- Nursani, R., H, M. S. A., Suwandy, A. H., Teknik, F., Sipil, J. T., Siliwangi, U., Teknik, F., Sipil, J. T., & Siliwangi, U. (n.d.). *KOLOM KOMPOSIT DAN KOLOM NON KOMPOSIT*.
- Ok, A. L., Sains, F., & Teknologi, D. A. N. (2022). *P EKERJAA N KOL OM D ALOK MUHAMMADIYAH SEMARANG Diaj Di ajukan ukan Untuk Me men uhi Salah Sal ah Satu Syarat Akadem A kadem i s Dalam Menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana (Strata-1) Z ULIA P UTR I SETIY ANTI OK Disusun oleh : ANTI Jep Je p ar a , N o v e m b e r 2 0 2 2 Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Disetujui Dosen Do sen Pembim b i ng Univer ersi sitas tas Islam Isl am Na h dlatul Ul Ulam am a Jepa J epa ra ii ii C ont i nu e Wi t h out Acce pt i n g*.

- Prabowo, A. (2012). *Tinjauan Nilai Faktor Modifikasi Respon (R) dan Faktor Kuat Lebih (ΩO) pada Struktur Gabungan Rangka Baja dan Rangka Beton Bertulang dengan Analisis Pushover*. 23(1), 75–88.
- Rahadiano, D., Sari, D. P., Rahmat, A., & Mashur, H. (2022). *ANALISA PERBANDINGAN PENGGUNAAN BEKISTING ALUMINIUM , BEKISTING KONVENSIONAL , SEMI KONVENSIONAL DAN SISTEM (PERI)*. 9(2).
- Set, A. (n.d.). *Agus Set1awan ..*
- Sipil, J. T., & Teknik, F. (2018). *ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN KOLOM KONVENSIONAL DAN KOLOM BERBENTUK KHUSUS (SPECIAL SHAPED COLUMN) PADA GEDUNG*. 146–153.
- Tungadi, R., Atma, U., Makassar, J., Kalangi, H. T., Atma, U., & Makassar, J. (2024). *Analisa struktur bangunan dengan kolom beton bertulang tidak menerus*. 2(1).
- Vidya, L., Kurniawan, P., Anjani, D., Wibowo, A. H., Wijaya, T. A., Darul, U., Islamic, U., & Sudirman, C. (2025). *PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI PONDOK PESANTREN AL-HIKMAH UNGARAN*. 01(April), 32–41.
- Wall, A. S., Natural, F., Time, V., Apartments, M. C., Code, U. B., & Code, U. B. (2015). *Pengaruh Penambahan Dinding Geser (Shear Wall) pada Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung*. 18(2), 140–146.
- Website, T. F. (2019). *perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi , pemeliharaan dan penilaian kelayakan dan bangunan gedung dan nongedung sebagai revisi struktur bangunan gedung dan nongedung ; (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun. 8.*



**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK**



UNIVERSITAS DARUL ULMU ISLAMIC CENTRE GUPPI SUDIRMAN

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Farkan

NIM : 2221006

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., S.T., M.T.
2. Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST., M.T

Judul : Perencanaan Gedung Parkir Universitas darul Ulum Islamic Centre
Sudirman GUPPI 4 Lantai

Tanggal	Keterangan	Paraf
1. 20 Maret 2026	- Perbaiki Gambar Denah, ramp, dan tangga - Lanjutkan analisa di sap 2000	
2. 23 Maret 2026	- tambahkan pembebanan - Lanjutkan Bab 3	
3. 13 April 2026	- perhitungan penulangan balok, kolom - Ubah tangga menjadi satu arah	
4. 17 April 2026	- Perhitungan Pelat Lantai, Gempa - perhitungan balok Torsi	
5. 20 April 2026	- Lanjutkan ke Pondasi bawah	



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE GUPPI SUDIRMAN



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Farkan

NIM : 2221006

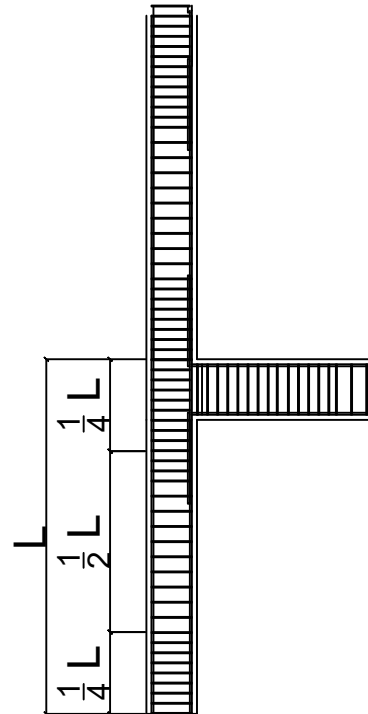
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., S.T., M.T.
2. Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST., M.T

Judul : Perencanaan Gedung Parkir Universitas darul Ulum Islamic Centre
Sudirman GUPPI 4 Lantai

Tanggal	Keterangan	Paraf
① 25 Maret 2026	• Perbaiki Bab I • Lanjutkan Bab II	
② 15 April 2026	tambahkan sitasi pada Bab II	
③ 21 April 2026	• Hitung kapasitas tiang tunggal dari data Sondir	
④ 22 April 2026	• Hitung kapasitas kelompok tiang $Q_{group} = n \times Q_{ax} \times e.$ • Hitung Defleksi lateral dan Settlement. • PCA Column. • Lanjutkan pendugaan Pile Cap.	

⑤ 24 April 2026 Penulisan pile cap
Ok ; naskah segera
dikoreksi

⑥ 25 April 2026 • Selesaikan kesimpulan di bagian
• BCL ; Selesaikan daftar isi



Tipe Kolom	Dimensi	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal	
		Tumpuan & Lapangan	Tumpuan	Lapangan
K1	50 x 50	12 D 22	3D12 - 100	2D12-150
K2	45 x 45	10 D 22	2D12-100	2D12 - 150



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

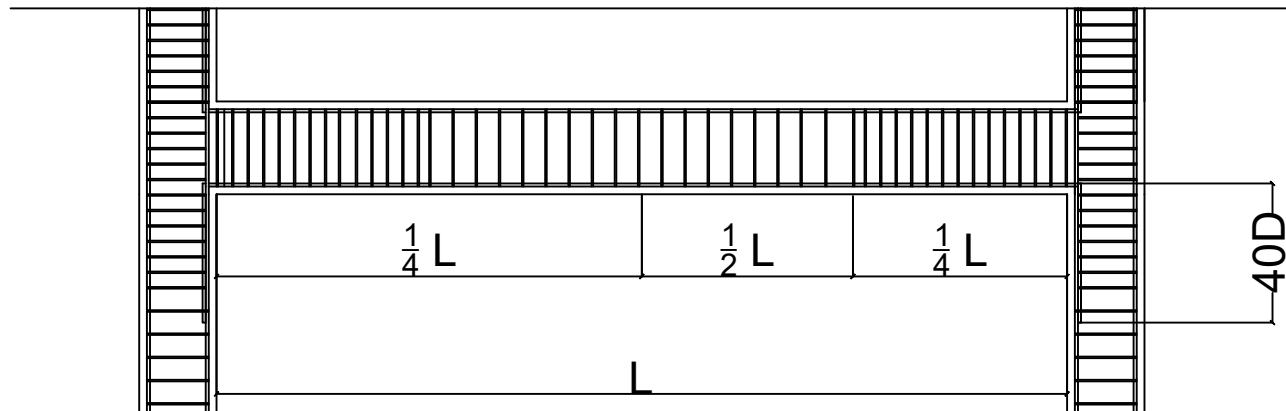
Ir. Agung Hari
Wibowo.,SIP.,S.T.,M.T

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

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



Tipe Balok	Dimensi (cm)	Lokasi	Tulangan Longitudinal		Tulangan Transversal	
			Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
B1	35 x 60	Atas	7D22	4D22	3Ø12-100	2Ø12-150
		Bawah	4D22	6D22		
B2	35 x 55	Atas	7D22	4D22	3Ø12-100	2Ø12-150



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

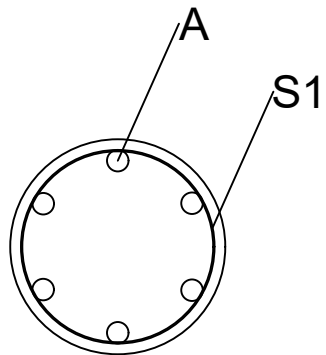
Ir. Agung Hari
Wibowo.,SIP.,S.T.,M.T

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

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



Tipe PONDASI	Dimensi	A	S1
BP 1	40 x 40	16 D 16	D16 - 120
BP 2	40 x 40	16 D 16	D16 - 120
BP 3	40 x 40	16 D 16	D16 - 120



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

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

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

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

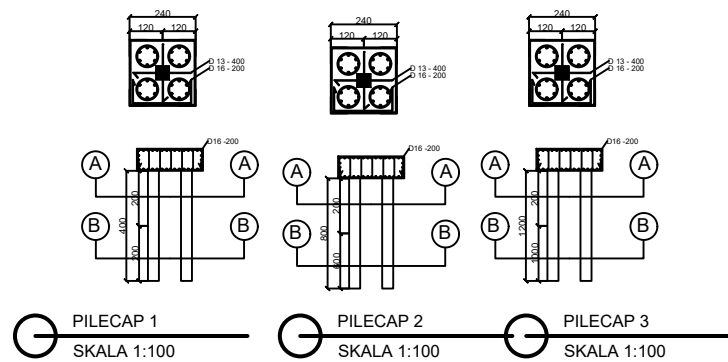
Ir. Agung Hari
Wibowo.,SIP.,S.T.,M.T

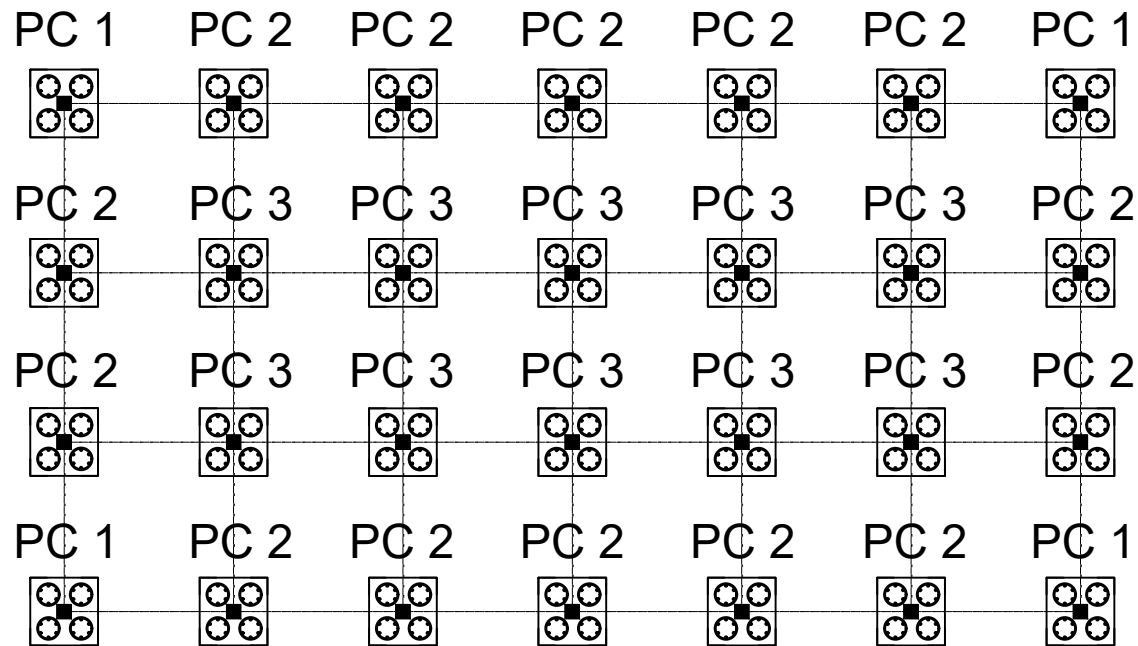
Tenardhy Aryarama
Wijaya.S.ST.,M.Eng.

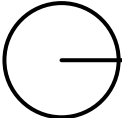
Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR





 DENAH PILECAP
SKALA 1:100



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

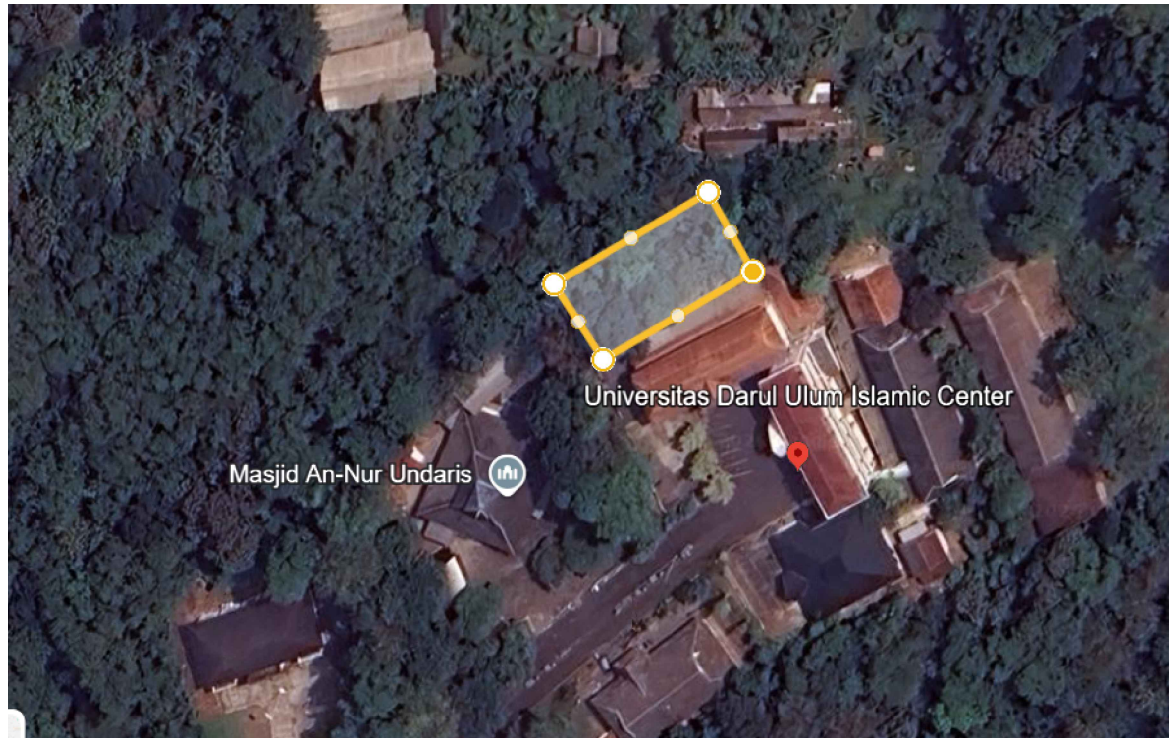
Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., S.T., M.T

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

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

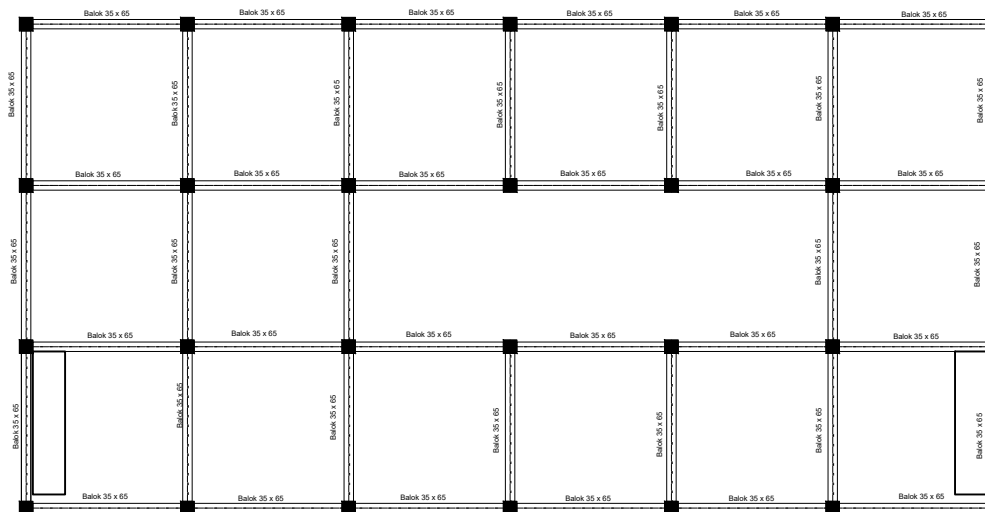
Ir. Agung Hari
Wibowo., SIP., S.T., M.T

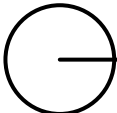
Tenardhy Aryarama
Wijaya, S.ST., M.Eng.

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR




DENAH BALOK LANTAI 1 & 2



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

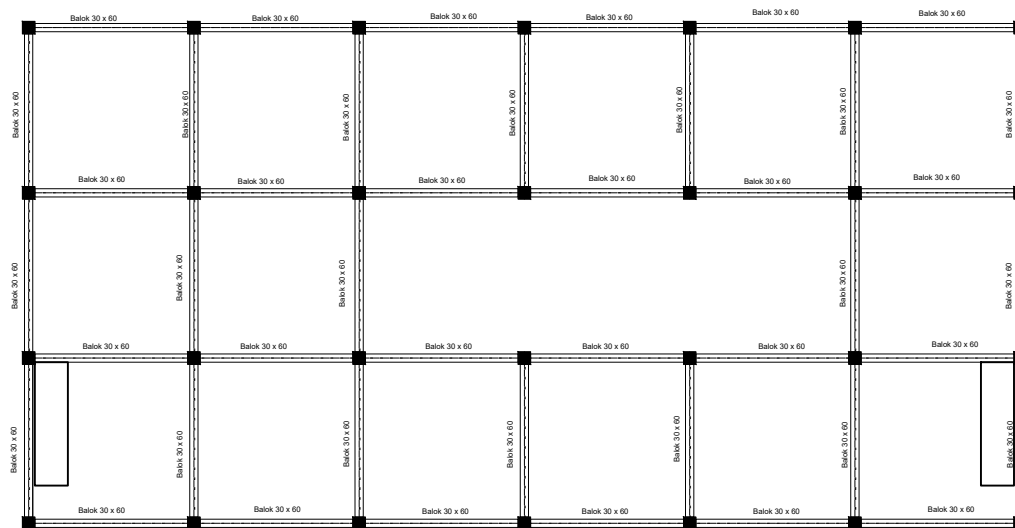
Ir. Agung Hari
Wibowo.,SIP.,S.T.,M.T

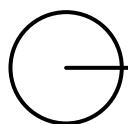
Tenardhy Aryarama
Wijaya,S.ST.,M.Eng.

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



 **DENAH BALOK LANTAI 3 & 4**



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

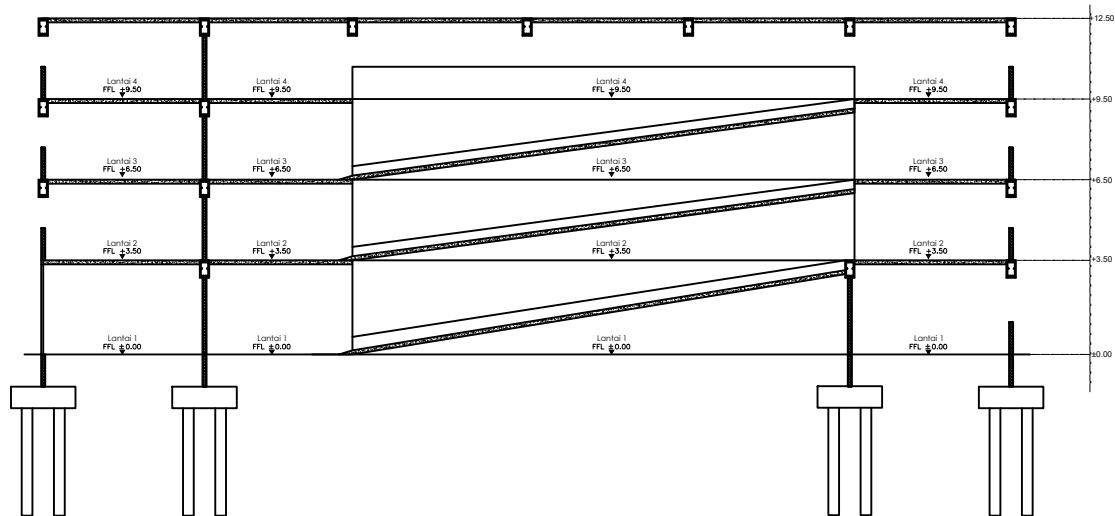
Ir. Agung Hari
Wibowo.,SIP.,S.T.,M.T

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

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



POTONGAN B
SKALA 1:100



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

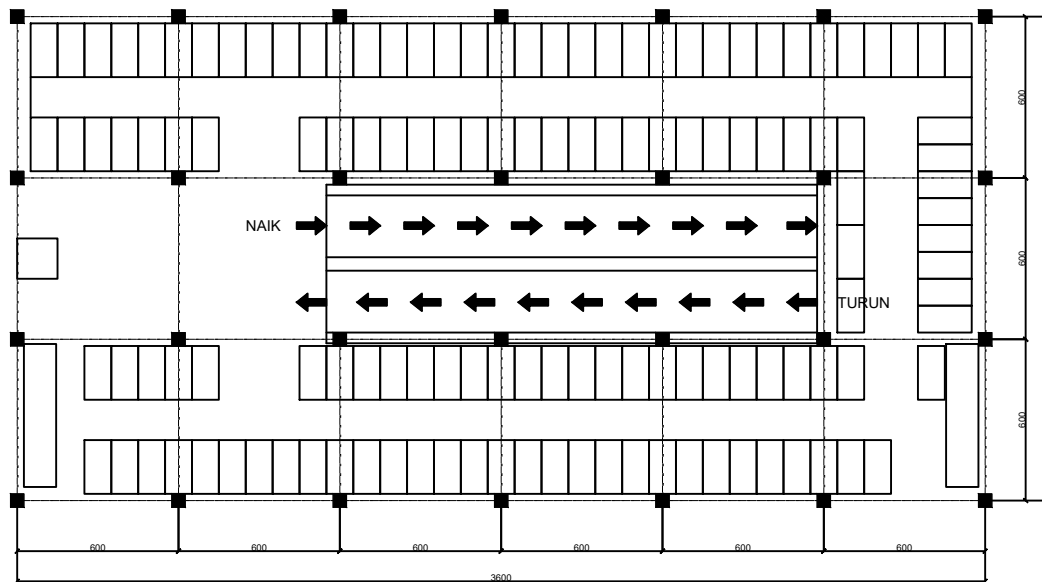
Ir. Agung Hari
Wibowo.,SIP.,S.T.,M.T

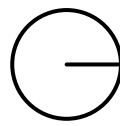
Tenardhy Aryarama
Wijaya,S.ST.,M.Eng.

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



 **DENAH PILECAP**
SKALA 1:100



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

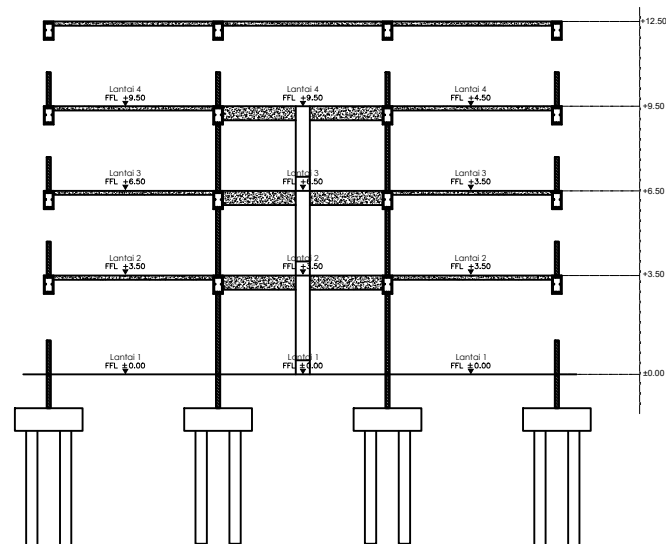
Ir. Agung Hari
Wibowo.,SIP.,S.T.,M.T

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

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



POTONGAN A
SKALA 1:100



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

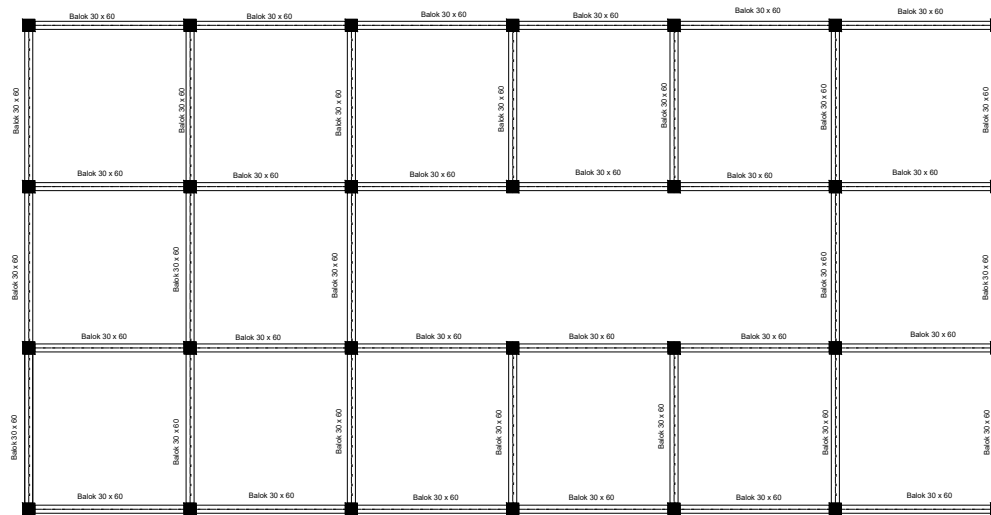
Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., S.T., M.T

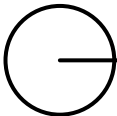
Tenardhy Aryarama
Wijaya, S.ST., M.Eng.

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



 **DENAH BALOK LANTAI 3 & 4**



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

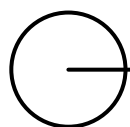
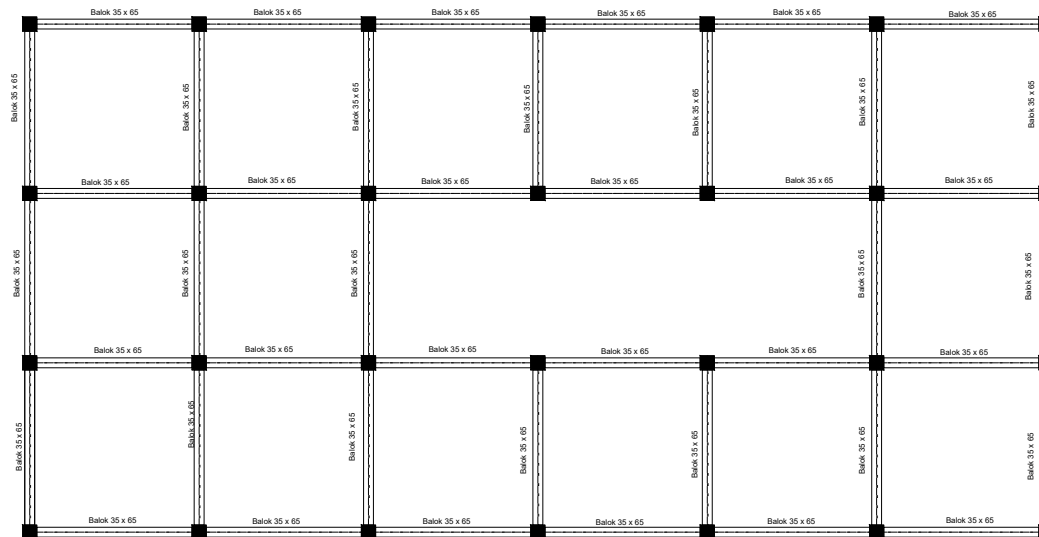
Ir. Agung Hari
Wibowo.,SIP.,S.T.,M.T

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

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



DENAH BALOK LANTAI 1 & 2



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

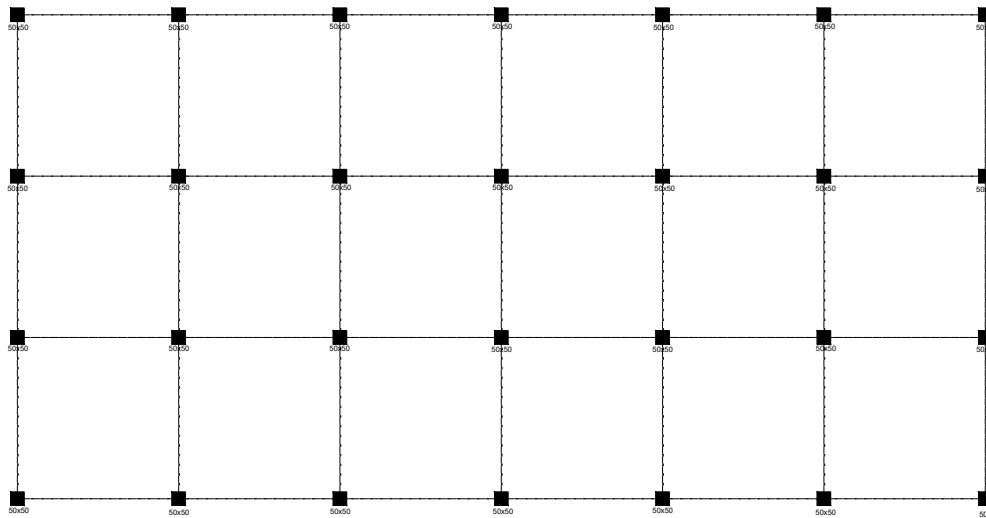
Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., S.T., M.T

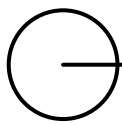
Tenardhy Aryarama
Wijaya, S.ST., M.Eng.

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR




DENAH KOLOM LANTAI 1&2
SKALA 1:100



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

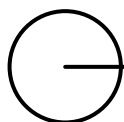
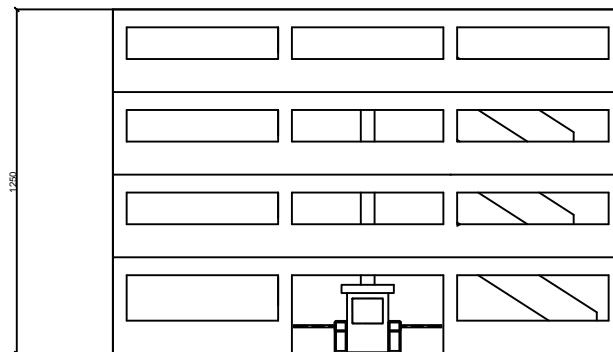
Ir. Agung Hari
Wibowo.,SIP.,S.T.,M.T

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

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



Tampak Depan



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

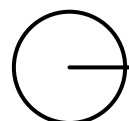
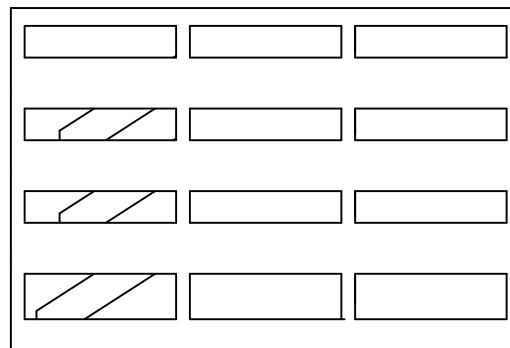
Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., S.T., M.T

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

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



Tampak Belakang



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

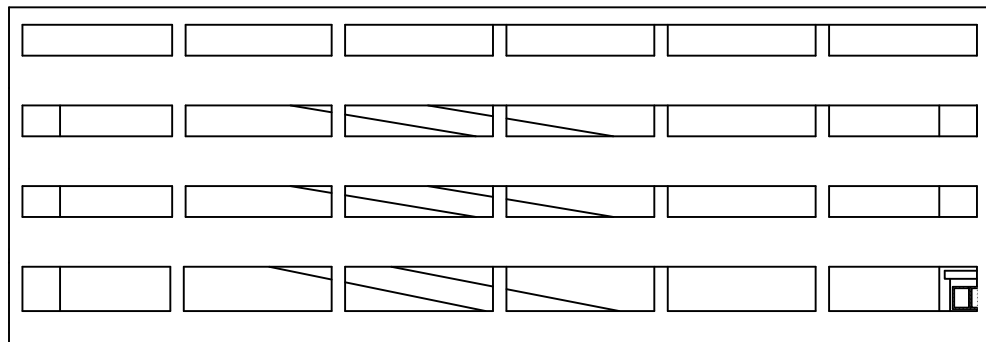
Ir. Agung Hari
Wibowo.,SIP.,S.T.,M.T

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

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR



Tampak Kanan



UNIVERSITAS DARUL ULUM
ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
PARKIR 4 LANTAI
UNDARIS

LOKASI PERENCANAAN

BELAKANG GEDUNG
PETERNAKAN UNDARIS

DISETUJUI OLEH

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

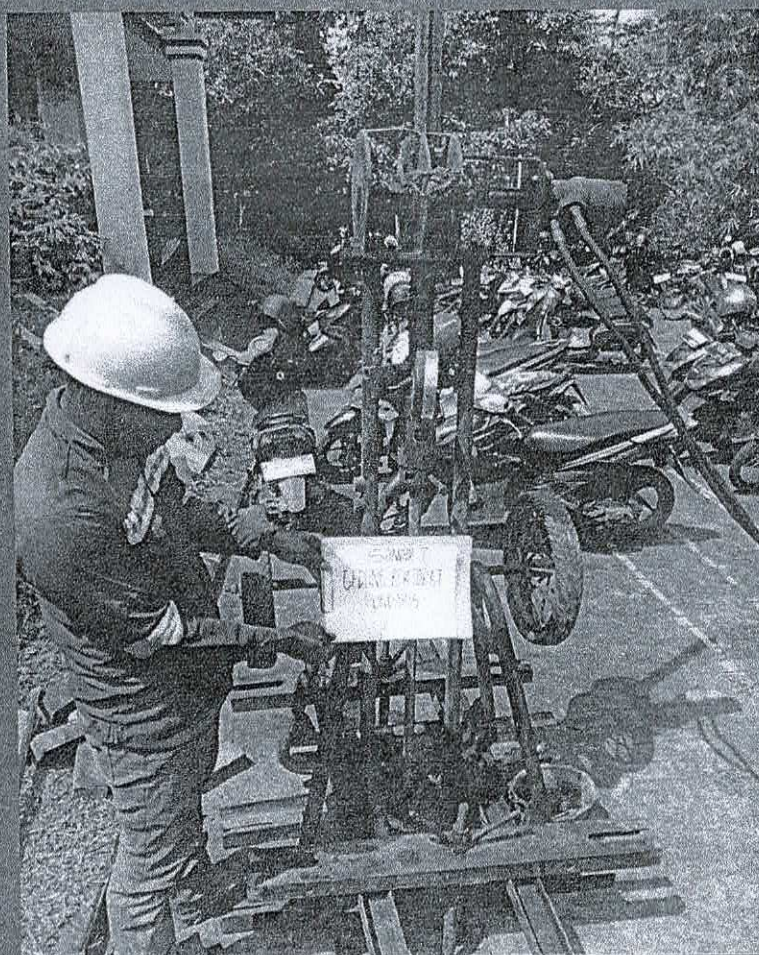
Tenardhy Aryarama
Wijaya,S.ST.,M.Eng.

Disusun Oleh

Muhammad Farkan

JUDUL GAMBAR

LAPORAN
PENYELIDIKAN TANAH
PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS
JL. TENTARA PELAJAR
KECAMATAN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG
JAWA TENGAH



CV. AMIR JAYA GROUP
SOIL INVESTIGATION AND TOPHOGRAPHY
JL. WINONGSARI KEL. PAKINTELAN RT. 01 RW. 02
KECAMATAN GUNUNG PATI KOTA SEMARANG JAWA TENGAH
HP. 082136426234

LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH
PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS
JL. TENTARA PELAJAR KECAMATAN UNGARAN TIMUR KABUPATEN SEMARANG

PROYEK NO.038/AJG-SOIL/VII/2024

LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH
PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS
JL. TENTARA PELAJAR KEC. UNGARAN TIMUR KAB. SEMARANG
J A W A T E N G A H - I N D O N E S I A

LAPORAN DIBUAT RANGKAP 2



SOIL INVESTIGATION AND TOPOGRAPHY

2024

Semarang, 29 Juli 2024

LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH
PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS
JL. TENTARA PELAJAR KEC. UNGARAN TIMUR KAB. SEMARANG
J A W A T E N G A H - I N D O N E S I A

Kepada Yth.
Direktur
Di Tempat

Dengan hormat,
Sesuai dengan permohonan saudara perihal pelaksanaan pekerjaan penyelidikan tanah bagi Pembangunan Gedung Rektorat Undaris yang berlokasi di Jl. Tentara Pelajar Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang Jawa Tengah. Telah kami laksanakan investigasi di lapangan. Scope investigation tersebut merupakan penelitian di lapangan berupa 2 (dua) titik sondir. Dalam laporan ini ditunjukkan data hasil investigasi termasuk rekomendasi dan beberapa saran bagi perencanaan substruktur bagi bangunan tersebut.
Rasa terimakasih kami sampaikan kepada semua pihak atas kepercayaannya dan bantuannya selama proses penyelidikan. Semoga laporan ini akan berguna bagi Perencanaan dan Pelaksanaan Pembangunan proyek tersebut.

CV. AMIR JAYA GROUP (AJG)
Soil Investigation & Tophography

Ruswati Budiningsih
(Direktur)



SOIL INVESTIGATION AND TOPOGRAPHY

2024

DAFTAR ISI

	Halaman
Bab. I. Pendahuluan :	
1.1. Umum	1
1.2. Lokasi dan pencapaian	1
1.3. Urutan pekerjaan	2
Bab. II. Penyelidikan di lapangan	3
2.1. Penyondiran	3
Bab. III. Evaluasi dan diskusi	4
3.1. Penyondiran	4
Bab. IV. Analisa teknis	5
4.1. Tinjauan teknik geologi	5
4.2. Tinjauan teknik tanah	6
4.3. Tinjauan teknik pondasi	7
4.4. Analisa daya dukung pondasi	15
Bab. V. Kesimpulan dan rekomendasi	19
5.1. Kesimpulan	19
5.2. Rekomendasi	20
Daftar pustaka	24
Daftar lampiran	25

BAB. I PENDAHULUAN

1.1. Umum

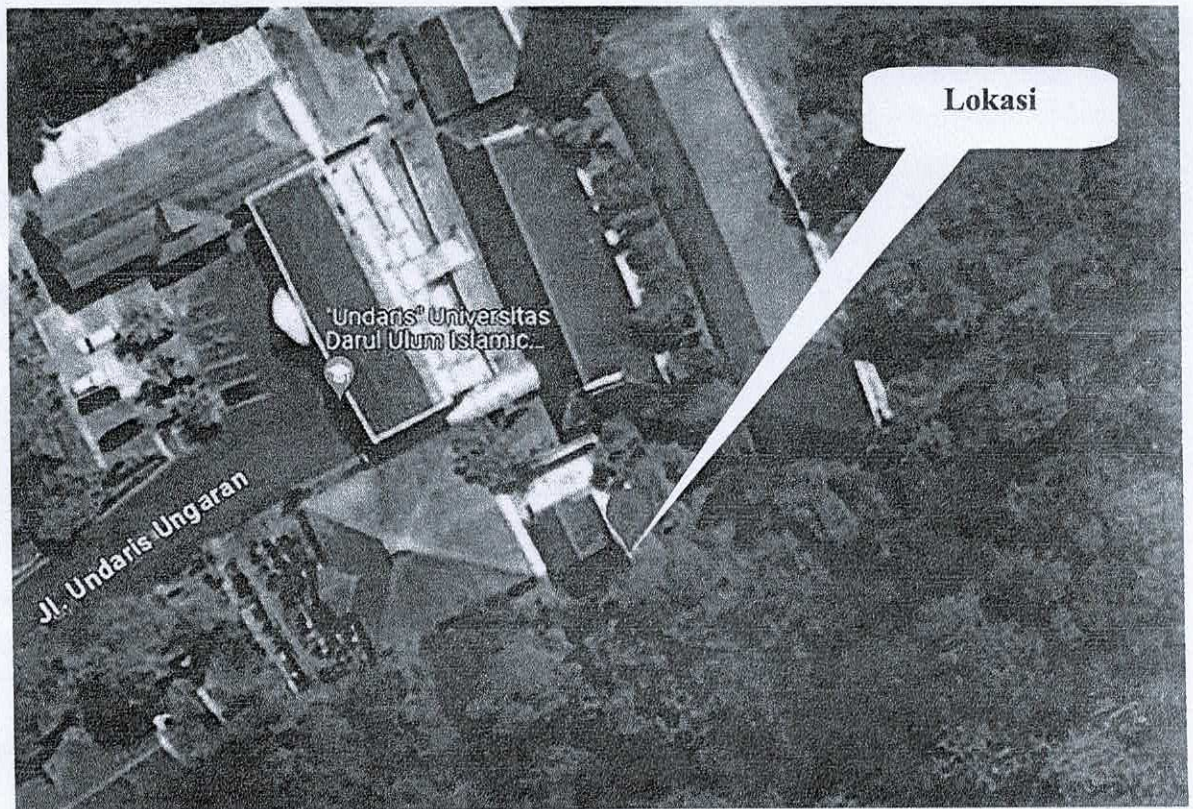
Laporan ini menunjukkan hasil-hasil penyelidikan tanah yang telah dilakukan Pembangunan Gedung Rektorat Undaris Kabupaten Semarang. Tujuan dari penyelidikan tanah ini ialah untuk mengevaluasi dengan mendetail kondisi tanah sehubungan dengan rekomendasi bagi perencanaan substrukturnya.

Pokok-pokok utama yang dibicarakan dalam laporan ini :

- Data penyelidikan di lapangan.
- Kondisi tanah permukaan.
- Rekomendasi.

1.2. Lokasi dan Pencapaian

Lokasi pekerjaan berada di Jl. Tentara Pelajar Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang Jawa Tengah. Lokasi pekerjaan dapat dicapai langsung dengan kendaraan bermotor baik roda dua maupun roda empat.



Gambar.1. Lokasi pengujian (Google Map)

1.3. Urutan Pekerjaan

Urutan pekerjaan ini dibagi dalam 3 (tiga) tahap, Yaitu

:

1. Pekerjaan penyelidikan di lapangan.
2. Analisa teknis.
3. Rekomendasi.

BAB. II

PENYELIDIKAN DILAPANGAN

Pada garis besarnya, penyelidikan di lapangan tersebut adalah sebagai berikut :

2.1. Penyondiran

Penyondiran dilakukan sebanyak 2 (dua) titik dinyatakan dengan S-1 dan S-2. Untuk lokasi titik sondir ditentukan oleh pihak pemberi tugas (sesuai dengan gambar lampiran).

Penyondiran dilakukan dengan menggunakan sondir manual dengan kapasitas maksimum 2.5 ton yang dilengkapi dengan bikonus buatan lokal. Pembacaan manometer dilakukan setiap interfal 20 cm dimana manometer yang digunakan adalah 0 - 60 kg/cm² dan 0 - 250 kg/cm² buatan Jepang (Yamamoto Keiki Seizo K.K).

BAB. III

EVALUASI DAN DISKUSI

Dari hasil penelaahan atas pekerjaan penyelidikan tanah yang dilakukan di lapangan dapat dievaluasi dan didiskusikan dalam bentuk ringkasan pekerjaan sebagai berikut.

3.1. Pekerjaan Penyondiran.

Penyondiran dilaksanakan untuk mengetahui kedalaman tanah keras, homogenitas tanah dalam arah horizontal, kepadatan tanah relatif.

Dengan diketahuinya nilai tekanan konus dan geseran lokal dari hasil sondir dapat dilakukan prediksi jenis tanah dan besarnya tekanan tanah yang diizinkan.

Tabel 1. Ringkasan hasil sondir

No	Titik sondir	Kedalaman (m)	qc max (kg/cm ²)	JHP (kg/cm ²)	Keterangan
1	S-1	13.60	250	1130	-
2	S-2	11.60	250	860	-

Catatan : Kedalaman sondir di tentukan berdasarkan muka tanah asli pada tiap-tiap titik sondir.

BAB. IV

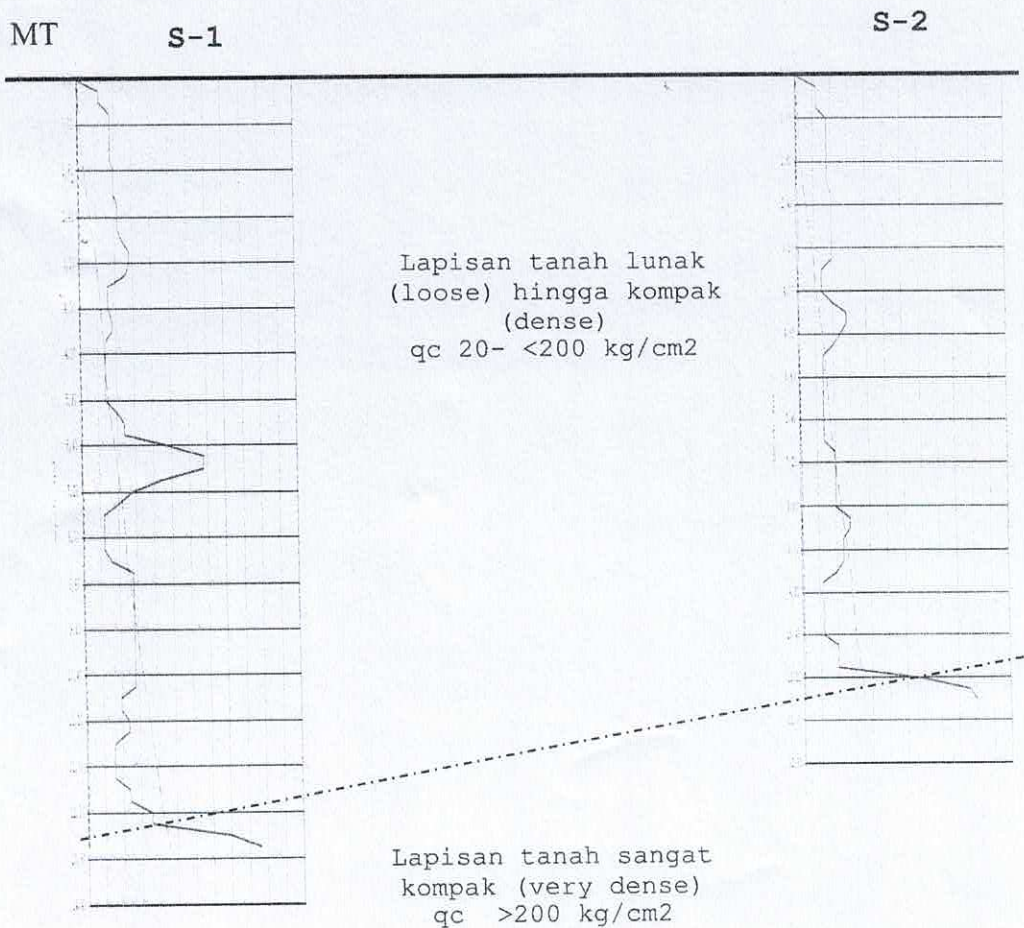
ANALISA TEKNIS

4.1. Tinjauan teknik geologi

Berdasarkan peta Geologi lokasi penyelidikan masuk kedalam formasi Damar (Qtd) terdiri dari batupasir tufaan, konglomerat, dan breksi vulkanik. Batupasir tufaan berwarna kuning kecoklatan berbutir halus - kasar, komposisi terdiri dari mineral mafik, felspar, dan kuarsa dengan masa dasar tufaan, porositas sedang, keras. Konglomerat berwarna kuning kecoklatan hingga kehitaman, komponen terdiri dari andesit, basalt, batuapung, berukuran 0,5 ~ 5 cm, membundar tanggung hingga membundar baik, agak rapuh. Breksi vulkanik mungkin diendapkan sebagai lahar, berwarna abu-abu kehitaman, komponen terdiri dari andesit dan basalt, berukuran 1 ~ 20 cm, menyudut - membundar tanggung, agak keras.

4.2. Tinjauan teknik tanah

Dari hasil penelaahan secara menyeluruh dari hasil pengujian di lapangan dengan menggunakan sondir dapat dilihat pada gambar penampang grafik sondir sebagai berikut:



Gambar.2. Grafik Penampang Sondir

Dari gambar potongan melintang dari hasil sondir di atas serta hasil pengamatan di lapangan berdasarkan hubungan nilai konus dan kepadatan, tanah pada lokasi pengujian dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Sondir titik S-1.

- Dari permukaan tanah hingga kedalaman -13.00 m.MT merupakan lapisan tanah lunak (loose) hingga kompak (dense) dengan nilai qc 20 - <200 kg/cm2.

- Di bawah kedalaman -13.00 m.MT hingga kedalaman -13.60 m.MT merupakan lapisan tanah sangat kompak (*very dense*) dengan nilai qc antara >200 kg/cm².

2. Sondir titik S-2.

- Dari permukaan tanah hingga kedalaman -11.20 m.MT merupakan lapisan tanah lunak (*loose*) hingga kompak (*dense*) dengan nilai qc 20 - <200 kg/cm².
- Di bawah kedalaman -11.20 m.MT hingga kedalaman -11.60 m.MT merupakan lapisan tanah sangat kompak (*very dense*) dengan nilai qc antara >200 kg/cm²

4.3. Tinjauan teknik Pondasi

Pemilihan jenis pondasi didasarkan dari beberapa faktor antara lain:

- a) Kedalaman tanah keras.
- b) Daya dukung tanah.
- c) Beban yang bekerja.
- d) Kontur tanah atau bentuk permukaan tanah.
- e) Muka air tanah (MAT)
- f) Lokasi, yang meliputi lingkungan sekitar lokasi proyek.
- g) Mobilisasi material maupun peralatan.
- h) Waktu pelaksanaan.
- i) Biaya

Oleh karena itu pemilihan jenis pondasi harus diperhitungkan dengan seksama. Berikut ini dijelaskan beberapa jenis pondasi berdasarkan kedalamannya.

1. Pondasi dangkal (*Shallow foundations*)

Pondasi dangkal biasanya dibuat dekat dengan permukaan tanah, umumnya kedalaman pondasi kurang dari $\frac{1}{3}$ lebar pondasi dengan kedalaman kurang dari 3 m. Kedalaman pondasi dangkal ini bukan aturan yang baku, tetapi merupakan sebagai pedoman.

Pondasi dangkal biasanya digunakan ketika tanah permukaan yang cukup kuat dan kaku untuk mendukung beban yang dikenakan dimana jenis struktur yang didukungnya tidak terlalu berat dan juga tidak terlalu tinggi, pondasi dangkal umumnya tidak cocok dalam tanah kompresif yang lemah atau sangat buruk, seperti tanah urugan dengan kepadatan yang buruk, pondasi dangkal juga tidak cocok untuk jenis tanah gambut, lapisan tanah muda dan jenis tanah deposito aluvial, dan lain-lainnya. Beberapa jenis pondasi dangkal antara lain :

a. Pondasi tapak (*pad foundation*)

Pondasi tapak (*pad foundation*) digunakan untuk mendukung beban titik individual seperti kolom struktural. Pondasi pad ini dapat dibuat dalam bentuk (melingkar, persegi atau rectangular). Jenis pondasi

ini biasanya terdiri dari lapisan beton bertulang dengan ketebalan yang seragam, tetapi pondasi pad dapat juga dibuat dalam bentuk bertingkat atau *haunched* jika pondasi ini dibutuhkan untuk menyebarkan beban dari kolom berat. Pondasi tapak disamping diterapkan dalam pondasi dangkal dapat juga digunakan untuk pondasi dalam.

b. Pondasi jalur atau pondasi memanjang (*Strip foundations*).

Pondasi jalur atau pondasi memanjang (kadang disebut juga pondasi menerus) adalah jenis pondasi yang digunakan untuk mendukung beban memanjang atau beban garis, baik untuk mendukung beban dinding atau beban kolom dimana penempatan kolom dalam jarak yang dekat dan fungsional kolom tidak terlalu mendukung beban berat sehingga pondasi tapak tidak terlalu dibutuhkan. Pondasi jalur atau pondasi memanjang biasanya dapat dibuat dalam bentuk memanjang dengan potongan persegi ataupun trapesium. Biasanya digunakan untuk pondasi dinding maupun kolom praktis. Bahan untuk pondasi ini dapat menggunakan pasangan batu pecah atau batu kali, cor beton tanpa tulangan dan dapat juga menggunakan pasangan batu bata dengan catatan tidak mendukung beban struktural.

c. Pondasi Tikar (*Raft foundations*)

Pondasi tikar atau pondasi raft digunakan untuk menyebarkan beban dari struktur atas area yang luas, biasanya dibuat untuk seluruh area struktur. Pondasi raft digunakan ketika beban kolom atau beban struktural lainnya berdekatan dan pondasi saling berinteraksi. Pondasi raft biasanya terdiri dari pelat beton bertulang yang membentang pada luasan yang ditentukan. Pondasi raft memiliki keunggulan mengurangi penurunan setempat dimana plastisitas beton akan mengimbangi gerakan difrensial antara posisi beban. Pondasi raft sering digunakan pada tanah lunak atau longgar dengan kapasitas daya tahan rendah karena pondasi raft dapat menyebarkan beban di area yang lebih besar.

2. Pondasi dalam.

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah, pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 (tiga) meter di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat dijumpai dalam bentuk pondasi tiang pancang, dinding pancang dan

caissons atau pondasi kompensasi. Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban kelapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan, sehingga jenis tanah yang tidak cocok didekat permukaan tanah dapat dihindari. Beberapa jenis pondasi dalam antara lain :

a. Pondasi pile (tiang pancang)

Pondasi pile merupakan jenis pondasi yang dibuat dalam berbentuk ramping yang ditujukan untuk mengirimkan beban melalui jenis lapisan tanah dengan jenis daya dukung rendah hingga tercapai jenis tanah yang lebih dalam atau lapisan tanah yang memiliki kapasitas daya dukung yang tinggi. Selain mendukung struktur, pondasi pile juga digunakan untuk menahan beban struktur melawan gaya angkat dan juga membantu struktur dalam melawan kekuatan gaya lateral dan gaya guling. Pondasi pile dapat dijumpai dalam berbagai jenis misalnya betuk segitiga, bulat atau kotak. Secara struktural sebelum beban dari kolom diteruskan terhadap pile, maka diatas pile sendiri dibuat konstruksi penghubung yang biasanya disebut dengan pile cap.

b. Pondasi dinding diafragma (*Piers foundation*)

Adalah jenis pondasi yang digunakan untuk meneruskan beban berat structural yang dibuat dengan cara melakukan penggalian pada tanah, kemudian struktur pondasi pier dipasangkan kedalam galian tersebut. Salah Satu keuntungan pondasi pier adalah pondasi jenis ini lebih murah dibandingkan dengan membangun pondasi dengan jenis pondasi menerus, kerugian yang dialami adalah jika lempengan pondasi yang sudah dibuat mengalami kekurangan ukuran maka kekuatan pondasi tidak menjadi normal. Pondasi pier standar dapat dibuat dari beton bertulang pre cast karena itu, aturan perencanaan pondasi pier terhadap balok beton diafragma dalam mengikuti setiap ukuran ketinggian pondasi yang direncanakan. Pondasi pier dapat divisualisasikan sebagai bentuk tabel, struktur pondasi merupakan sistem kolom vertikal yang terbuat dari beton bertulang ditempatkan di bawah bangunan yang ditanamkan dibawah tanah yang sudah digali. Lempengan beton diafragma ini mentransfer beban bangunan terhadap tanah. Balok dibuat di atas pondasi dinding diafragma vertikal (pondasi pier) yang menahan dinding bangunan atau struktur. Banyak bangunan didukung sepenuhnya dengan jenis pondasi

ini, dimana beton yang dipasang juga berguna sebagai dinding pada ruang bawah tanah, dimana ruang tersebut digunakan sebagai gudang penyimpanan atau taman. Beton pondasi pier biasanya dibuat dalam bentuk pre cast dalam berbagai ukuran dan bentuk, dimana sering dijumpai dalam bentuk persegi memanjang dengan ketinggian sesuai dengan ukuran kedalaman yang diperlukan. Tapi beton dapat juga dibuat dalam bentuk bulatan. Setelah beton bertulang cukup kering kemudian dimasukkan ke dalam tanah yang sudah digali dan disusun secara bersambungan. Setelah tersusun dengan baik kemudian baru dilanjutkan dengan konstruksi di atasnya.

c. Pondasi Caissons (Bore Pile)

Adalah bentuk pondasi dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah, pondasi ditempatkan pada kedalaman yang dibutuhkan dengan cara membuat lubang dengan sistim pengeboran atau pengerukan tanah. Setelah kedalaman sudah didapatkan kemudian pondasi pile dilakukan dengan pengecoran beton bertulang terhadap lobang yang sudah dibor. Sistim pengeboran dapat dilakukan dalam berbagai jenis baik sistim manual maupun sistim hidrolik.

4.4. Analisa daya dukung pondasi

1. Analisa pondasi dangkal

a. Berdasarkan data sondir (*Mayerhof*)

Mayerhof berkesimpulan bahwasanya besar daya dukung keseimbangan tanah izin q_a dengan penurunan yang relatif kecil dapat dihitung dengan persamaan empiris sebagai berikut:

$$q_a = ((1/30 \sim 1/40)) * q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

b. Berdasarkan data sondir (*Shempton, Terzaghi*)

Analisa daya dukung pondasi dangkal (*shallow foundation*), menggunakan formula sebagai berikut :

$$q_a = (5,7 * C_u + \gamma * D \text{ (kg/cm}^2\text{)})$$

Dimana :

$$C_u = q_c / 30 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Q_a = (0.50 * 5.7 + 0.0005 * 100) / 3 = 0.048 \text{ kg/cm}^2$$

c. Berdasarkan data sondir (*Sanglerat*)

Dari data sondir *Sanglerat* menggunakan formula sebagai berikut :

$$q_a = q_c / 20 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$q_a = 0.75 \text{ kg/cm}^2$$

2. Daya dukung pondasi dalam

Analisa daya dukung pondasi dalam mempergunakan formula sebagai berikut :

Berdasarkan data sondir (*Sanglerat, Mayerhof*).

$$q_a = (q_c \cdot A) / 3 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Dimana :

q_c = Nilai konus

A = Luas penampang tiang

3 = Faktor keamanan

Nilai konus yang dipakai untuk penentuan daya dukung tiang sebaiknya diambil rata-rata dari 8D di atas ujung tiang sampai sedalam 4D di bawah tiang, dimana D adalah diameter tiang.

Kadang-kadang lapisan tanah keras ditemukan Pada kedalaman yang sangat dalam sehingga pemancangan tiang sampai lapisan tersebut sulit dilaksanakan, sehingga perhitungan daya dukung tiang tergantung dari besarnya lekatan pada dinding tiang (*friction pile*). Dalam hal ini dapat dipergunakan (*friction piles*) atau disebut juga tiang terapung (*floating piles*).

Secara teoritis daya dukung tiang ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = cNcA + C_{ol}$$

Dimana :

A = Luas tiang

O = Keliling tiang

L = Dalam tiang

Nc = faktor daya dukung

K = Perbandingan antara gaya pelekatan dengan kekuatan geser tanah.

c = Kekuatan geser tanah (Undrained)

Nilai Nc biasanya diambil sebesar 9, yaitu sama seperti untuk fundasi langsung berbentuk lingkaran yang dalam.

Daya dukung tiang kemudian dihitung dengan menganggap bahwa perlawanan pada ujung tiang serta gaya pelekat antar tiang dengan tanah akan sama seperti nilai yang diukur dengan alat sondir.

Jadi daya dukung keseimbangan (Q) diperoleh dari rumus :

$$Q = qc \cdot A + fO$$

Dimana :

qc = nilai konis

f = jumlah hambatan pelekat

A = Luas tiang

O = keliling tiang

Kemudian daya dukung yang diperoleh (qa) dihitung dengan rumus :

$$qa = ((qcA)/3) + (fO)/5 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Dimana 3 dan 5 adalah faktor keamanan.

Pada umumnya nilai friktion pada tanah sering diabaikan hal ini untuk memperbesar faktor keamanan pada pondasi tiang.

Hasil analisa daya dukung ijin tekan tiang berdasarkan data sondir disajikan dalam tabel pada lampiran.

3. Berdasarkan kekuatan material pondasi

Berikut ini nilai daya dukung ijin tekan tiang berdasarkan kekuatan material.

Dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_b = f_{c'} * 0.33$$
$$P \text{ tiang} = A * \sigma_b$$

Dimana :

σ_b = tegangan ijin beton, Kg/cm²

$f_{c'}$ = mutu beton, MPa, Kg/cm²

A = luas penampang tinag, cm²

P tiang = kekuatan tiang, Ton

Berikut tabel daya dukung ijin tiang berdasarkan kekuatan matrial, mutu beton pracetak dianggap K-450 kg/cm², sedangkan mutu beton bor pile dianggap K-250 kg/cm².

Dimensi tiang (cm)	Daya dukung ijin tiang Berdasarkan kekuatan material (ton)
□ 20 x 20	59
□ 25 x 25	92
△ 28/28/28	50
△ 32/32/32	64

Bp Ø 30	58
Bp Ø 40	103
Bp Ø 60	233

4. Daya dukung ijin tarik pondasi dalam

Daya dukung ijin tarik pondasi dalam dapat dihitung menggunakan pendekatan nilai konus dari data sondir (CPT) dengan rumus sebagai berikut:

$$P = ((Tf * As) * 0.70) / (fk)) + Wp$$

Dimana :

P = daya dukung ijin tarik pondasi , ton

Tf = total friction, kg/cm²

As = luas penampang pondasi, cm²

fk = faktor keamanan

Wp = berat pondasi, ton

Hasil analisa daya dukung ijin tarik dari data sondir (CPT) disajikan dalam bentuk tabel pada lampiran.

BAB. V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. KESIMPULAN

a. Berdasarkan peta Geologi lokasi penyelidikan masuk kedalam formasi Damar (Qtd) terdiri dari batupasir tufaan, konglomerat, dan breksi volkanik. Batupasir tufaan berwarna kuning kecoklatan berbutir halus ~ kasar, komposisi terdiri dari mineral mafik, felspar, dan kuarsa dengan masa dasar tufaan, porositas sedang, keras. Konglomerat berwarna kuning kecoklatan hingga kehitaman, komponen terdiri dari andesit, basalt, batuapung, berukuran 0,5 ~ 5 cm, membundar tanggung hingga membundar baik, agak rapuh. Breksi volkanik mungkin diendapkan sebagai lahar, berwarna abu-abu kehitaman, komponen terdiri dari andesit dan basalt, berukuran 1 ~ 20 cm, menyudut - membundar tanggung, agak keras.

b. Dari data sondir berdasarkan hubungan antara nilai konus qc dan kepadatan, tanah pada lokasi penyelidikan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sondir titik S-1.

- Dari permukaan tanah hingga kedalaman -13.00 m.MT merupakan lapisan tanah lunak (*loose*) hingga kompak (*dense*) dengan nilai qc 20 - <200 kg/cm².

- Di bawah kedalaman -13.00 m.MT hingga kedalaman - 13.60 m.MT merupakan lapisan tanah sangat kompak (*very dense*) dengan nilai q_c antara $>200 \text{ kg/cm}^2$.

2. Sondir titik S-2.

- Dari permukaan tanah hingga kedalaman -11.20 m.MT merupakan lapisan tanah lunak (*loose*) hingga kompak (*dense*) dengan nilai q_c 20 - $<200 \text{ kg/cm}^2$.
- Di bawah kedalaman -11.20 m.MT hingga kedalaman - 11.60 m.MT merupakan lapisan tanah sangat kompak (*very dense*) dengan nilai q_c antara $>200 \text{ kg/cm}^2$

5.2. REKOMENDASI

- Dengan melihat data hasil investigasi di lapangan untuk pembangunan 1 lantai dengan beban yang tidak terlalu besar disarankan menggunakan jenis pondasi dangkal seperti pondasi plat setempat atau tapak (*foot plat*).
- Kedalaman dan dimensi pondasi disesuaikan dengan beban yang bekerja.
- Daya dukung pondasi tapak berdasarkan dimensi dan kedalaman dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Kedalaman (m)	Ukuran (m)	Daya dukung pondasi (ton)		
		S-1	S-2	Desain
2.00	2.00x2.00	66	59	59
2.00	2.50x2.50	104	93	93

d. Sedangkan untuk bangunan dengan beban yang besar disarankan menggunakan jenis pondasi dalam.

e. Pemilihan jenis pondasi dalam disarankan menggunakan pondasi bore pile, dengan beberapa pertimbangan, antara lain :

- Lokasi berdekatan dengan bangunan atau rumah warga.
- Tanah keras mempunyai kedudukan yang tidak terlalu dalam.
- Kedalaman dan penampang pondasi bisa ditentukan di lapangan.
- Mesin bore pile mampu menembus lapisan tanah keras.

f. Dalam pelaksanaan pondasi ore pile ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain :

- Pengeboran sebaiknya menggunakan sistem kering (*dry drilling*).
- Setelah pengeboran selesai sebaiknya lubang bor dilakukan pembersihan dari lumpur sisa pengeboran (*flushing*).
- Setiap pengecoran harus menggunakan pipa tremie hingga kedasar lubang bor agar adukan beton tidak bercampur dengan lumpur sisa pengeboran.

- Lubang bor yang sudah siap sebaiknya langsung dilakukan pengecoran hal ini untuk menghindari runtuhnya lubang bor.
- Untuk jenis tanah yang mudah runtuh sebaiknya digunakan pipa casing.
- Mutu beton serendah-rendahnya K-300.

g. Daya dukung pondasi bore pile dengan bebeapa ukuran dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Rekomendasi			Daya dukung pondasi (ton)			
Type pondasi	Dimensi (cm)	Kedalaman (m)	S-1	S-2	Material	Desain
Bor pile	Ø 30	-14.00	58	58	69	58
	Ø 40		104	104	124	104
	Ø 60		235	235	279	235

h. Sedangkan Sedangkan jika dengan pertimbangan ahli pondasi disarankan menggunakan jenis pondasi tiang pancang ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pelaksanaanya antara lain :

1. Sebaiknya menggunakan pemancangan system hydraulic dikarenakan lokasi berada di permukiman warga.
2. Dari hasil sondir kedalaman tanah keras berbeda antara titik sondir untuk itu sebelum dilakukan pemancangan sebaiknya dilakukan sampling terlebih dahulu dibeberapa titik untuk menentukan kebutuhan tiang pancang secara tepat.
3. Mutu tiang pancang serendah-rendahnya K-450.

i. Daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Rekomendasi			Daya dukung pondasi (ton)		
Type pondasi	Dimensi (cm)	Kedalaman (m)	S-1	S-2	Desain
Mini pile	□ 20 x 20	-14.00	33	33	33
	□ 25 x 25		52	52	52
	△ 28/28/28		28	28	28
	△ 32/32/32		36	36	36

- j. Dalam rangka site development, hendaknya diperlukan data CBR tanah dasar (sub-grade) yang sangat penting untuk perencanaan sarana jalan komplek dan lantai bangunan.
- k. Penggalian terbuka vertikal dengan kedalaman >2.00 m akan menimbulkan masalah yang menyangkut keselamatan kerja, dengan skoor atau turap (dinding pengaman) hendaknya dipersiapkan.

Rekomendasi ini bersifat universal artinya bisa menggunakan jenis pondasi lain yang disarankan oleh ahli pondasi.

Demikian laporan ini kami buat semoga dapat membantu dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek tersebut.

Semarang, 29 Juli 2024
CV.AMIR JAYA GROUP (AJG)
Soil Investigation & Topographi

Ruswati Budiningsih
(Direktur)

DAFTAR PUSTAKA

1. Josep E. Bowles
Sifat-sifat fisis dan geo teknis tanah.
2. Terzaghi
Soil Mechanic in Engineering Practice.
3. A.S.T.M. / A.A.S.H.T.O
Standard for Soil Testing.
4. Sanglerat
The Penetrometer and Soil Exploration.
5. Taylor
Fundamental of Soil Mechanics.
6. Dunn, Anderson & kiefer.
Fundamentals of Geotechnical Analysis.
7. MBT
Petunjuk Pratikum Mekanika Tanah.
8. Sung gono KH
Mekanika Tanah
9. Hary Christiady
Mekanika Tanah 1

DAFTAR LAMPIRAN

I. Data pengujian lapangan

o Sondir 1

II. Denah dan dokumentasi

o Denah lokasi 2

o Dokumentasi 3

AC
LAMPIRAN-LAMPIRAN

SOIL INVESTIGATION & TOPOGRAPHY

LAMPIRAN
GRAFIK DAN DATA SONDIR

SOIL INVESTIGATION & TOPOGRAPHY



LAMPIRAN
FOTO DOKUMENTASI

SOIL INVESTIGATION & TOPOGRAPHY

LAMPIRAN
DENAH TITIK PENGUJIAN

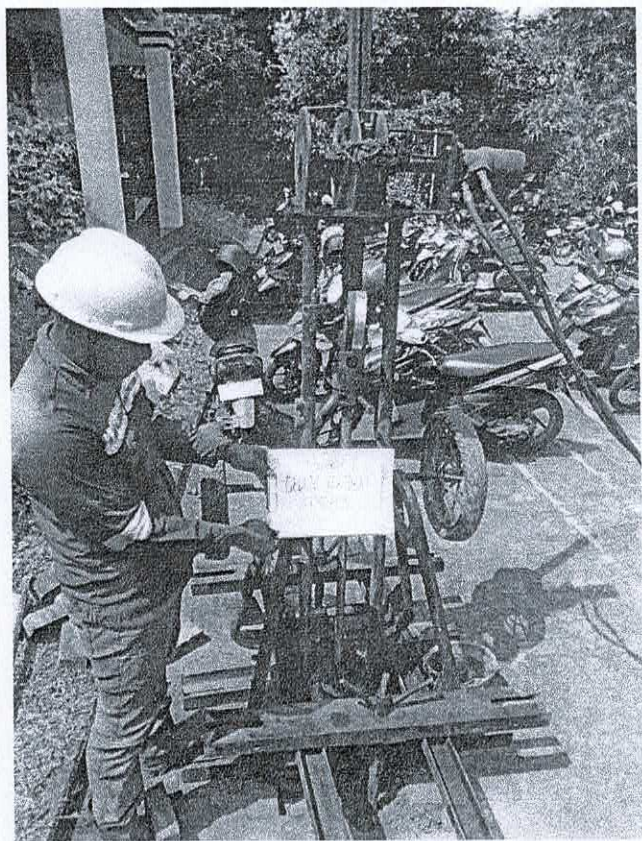
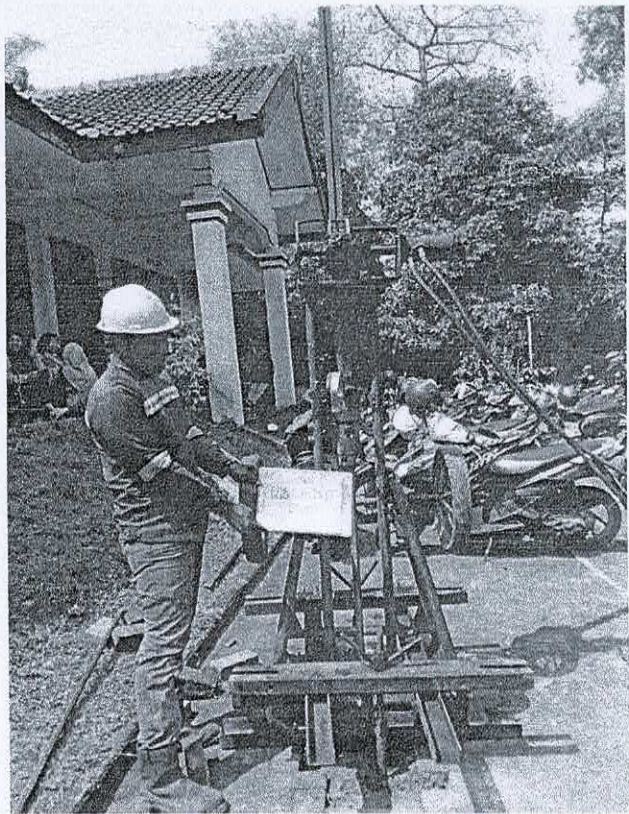


Foto Sondir S-1

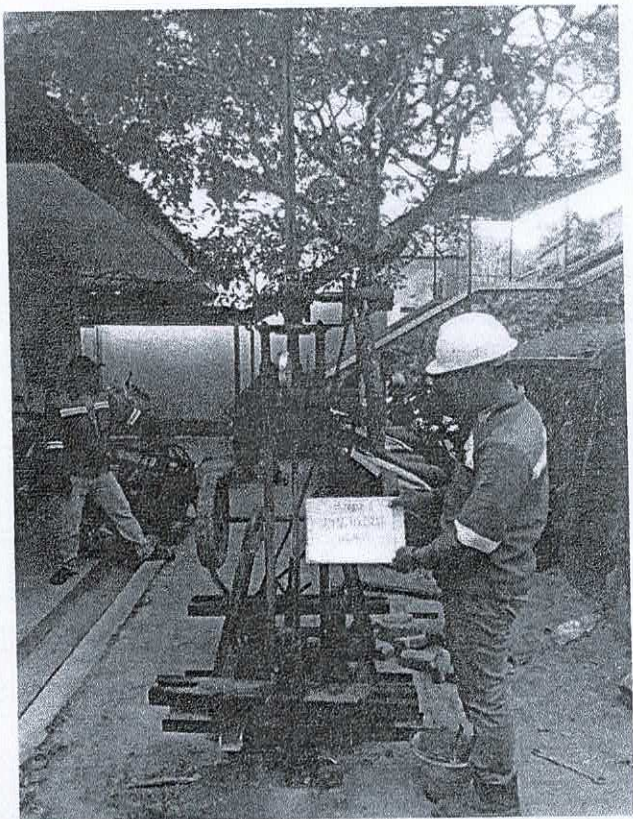
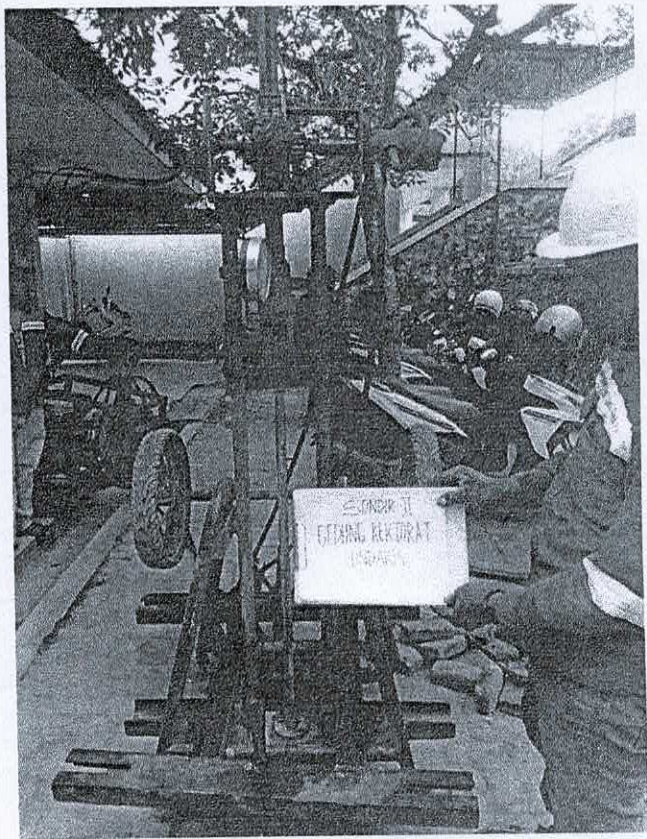


Foto Sondir S-2



DENAH TITIK PENGUJIAN



SOIL INVESTIGATION AND TOPOGRAPHY

Kelurahan Pakintelan No.01 Rt.01 Rw.02

Kecamatan Gunungpati Kota Semarang Jawa Tengah

Phone : 082136426234 - 085645276781

HASIL SONDIR (CONE PENETRATION TEST)

PROYEK : PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS

NO. TITIK : S-1

LOKASI : JL.TENTARA PELAJAR KEC.UNGARAN TIMUR KABUPATEN SEMARANG

TANGGAL : 24 JULI 2024

KEDALAMAN (m)	BACAAN KONUS (kg)	BACAAN qc + fs (kg)	BACAAN fs (Ton)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²) /20 cm	Δ fs	Δ fs/10	Rsc fs/qc (%)
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00
0,20	30	35	0,5	30	10	10	1	1,67
0,40	30	35	0,5	30	10	20	2	1,67
0,60	45	50	0,5	45	10	30	3	1,11
0,80	45	50	0,5	45	10	40	4	1,11
1,00	45	50	0,5	45	10	50	5	1,11
1,20	45	50	0,5	45	10	60	6	1,11
1,40	45	50	0,5	45	10	70	7	1,11
1,60	50	60	1	50	20	90	9	2,00
1,80	50	60	1	50	20	110	11	2,00
2,00	50	60	1	50	20	130	13	2,00
2,20	55	65	1	55	20	150	15	1,82
2,40	55	65	1	55	20	170	17	1,82
2,60	55	65	1	55	20	190	19	1,82
2,80	60	70	1	60	20	210	21	1,67
3,00	70	80	1	70	20	230	23	1,43
3,20	70	80	1	70	20	250	25	1,43
3,40	65	75	1	65	20	270	27	1,54
3,60	40	45	0,5	40	10	280	28	1,25
3,80	40	45	0,5	40	10	290	29	1,25
4,00	40	45	0,5	40	10	300	30	1,25
4,20	45	50	0,5	45	10	310	31	1,11
4,40	45	50	0,5	45	10	320	32	1,11
4,60	35	40	0,5	35	10	330	33	1,43
4,80	35	40	0,5	35	10	340	34	1,43
5,00	35	40	0,5	35	10	350	35	1,43
5,20	35	40	0,5	35	10	360	36	1,43
5,40	35	40	0,5	35	10	370	37	1,43
5,60	35	40	0,5	35	10	380	38	1,43
5,80	50	60	1	50	20	400	40	2,00
6,00	60	70	1	60	20	420	42	1,67
6,20	60	70	1	60	20	440	44	1,67
6,40	120	130	1	120	20	460	46	0,83
6,60	170	180	1	170	20	480	48	0,59
6,80	170	180	1	170	20	500	50	0,59
7,00	110	120	1	110	20	520	52	0,91
7,20	70	80	1	70	20	540	54	1,43
7,40	50	60	1	50	20	560	56	2,00

7,60	30	35	0,5	30	10	570	57	1,67
7,80	30	35	0,5	30	10	580	58	1,67
8,00	30	35	0,5	30	10	590	59	1,67
8,20	30	35	0,5	30	10	600	60	1,67
8,40	40	45	0,5	40	10	610	61	1,25
8,60	70	80	1	70	20	630	63	1,43
8,80	70	80	1	70	20	650	65	1,43
9,00	70	80	1	70	20	670	67	1,43
9,20	70	80	1	70	20	690	69	1,43
9,40	70	80	1	70	20	710	71	1,43
9,60	70	80	1	70	20	730	73	1,43
9,80	70	80	1	70	20	750	75	1,43
10,00	70	80	1	70	20	770	77	1,43
10,20	70	80	1	70	20	790	79	1,43
10,40	70	80	1	70	20	810	81	1,43
10,60	70	80	1	70	20	830	83	1,43
10,80	50	60	1	50	20	850	85	2,00
11,00	50	60	1	50	20	870	87	2,00
11,20	60	70	1	60	20	890	89	1,67
11,40	60	70	1	60	20	910	91	1,67
11,60	40	50	1	40	20	930	93	2,50
11,80	40	50	1	40	20	950	95	2,50
12,00	40	50	1	40	20	970	97	2,50
12,20	40	50	1	40	20	990	99	2,50
12,40	60	70	1	60	20	1010	101	1,67
12,60	60	70	1	60	20	1030	103	1,67
12,80	90	100	1	90	20	1050	105	1,11
13,00	90	100	1	90	20	1070	107	1,11
13,20	200	220	2	200	40	1110	111	1,00
13,40	240	250	1	240	20	1130	113	0,42
13,60	250	250	0	250	0	1130	113	0,00

AJG SOIL INVESTIGATION AND TOPOGRAPHY



SOIL INVESTIGATION AND TOPOGRAPHY

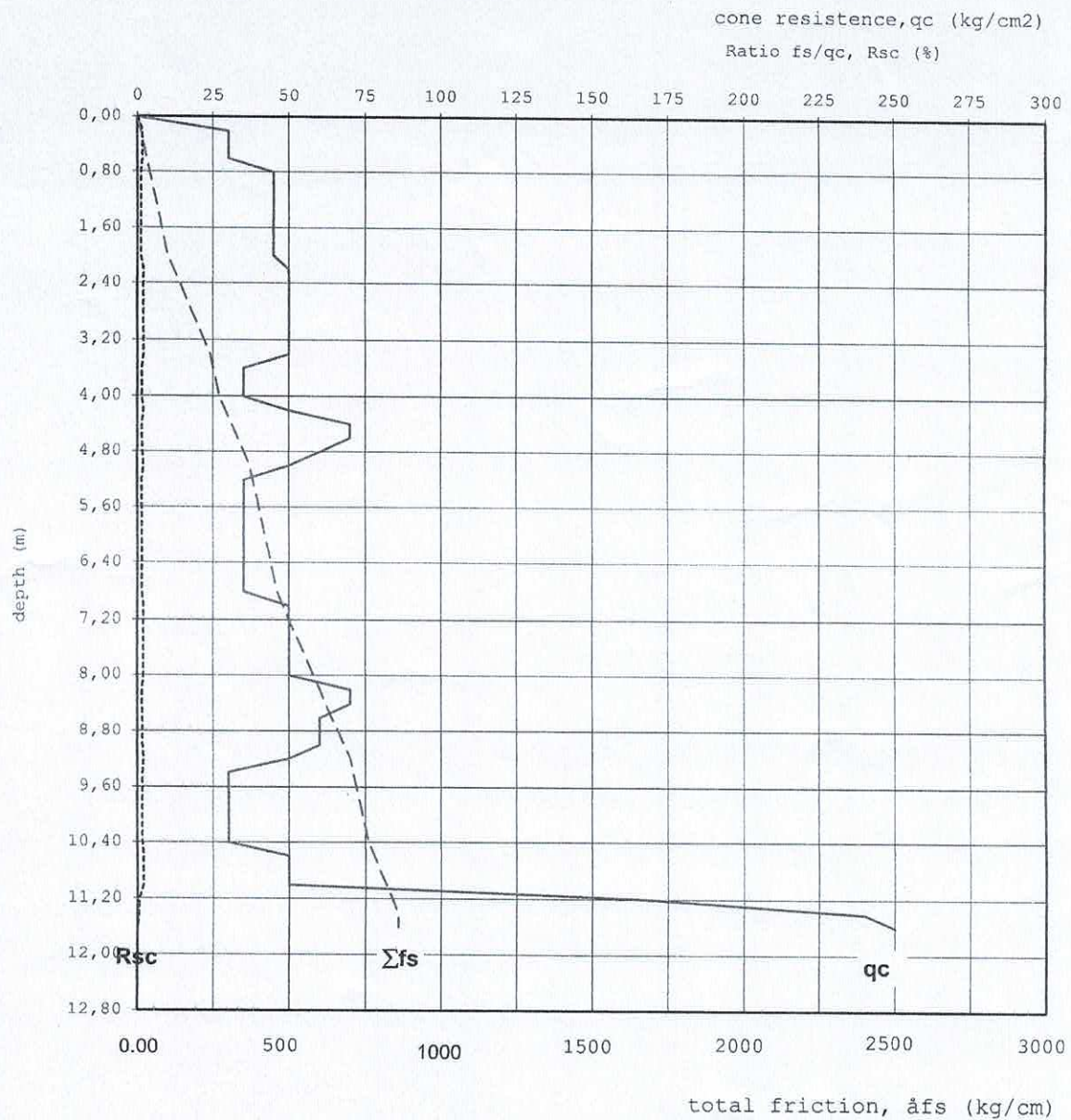
Kelurahan Pakintelan No.01 Rt.01 Rw.02

Kecamatan Gunungpati Kota Semarang Jawa Tengah

Phone : 082136426234 - 085645276781

SONDIR DIAGRAM

PROYEK : PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS
SONDIR : S-2
LOKASI : JL.TENTARA PELAJAR KEC.UNGARAN TIMUR KABUPATEN SEMARANG
TANGGAL : 24 JULI 2024





SOIL INVESTIGATION AND TOPOGRAPHY

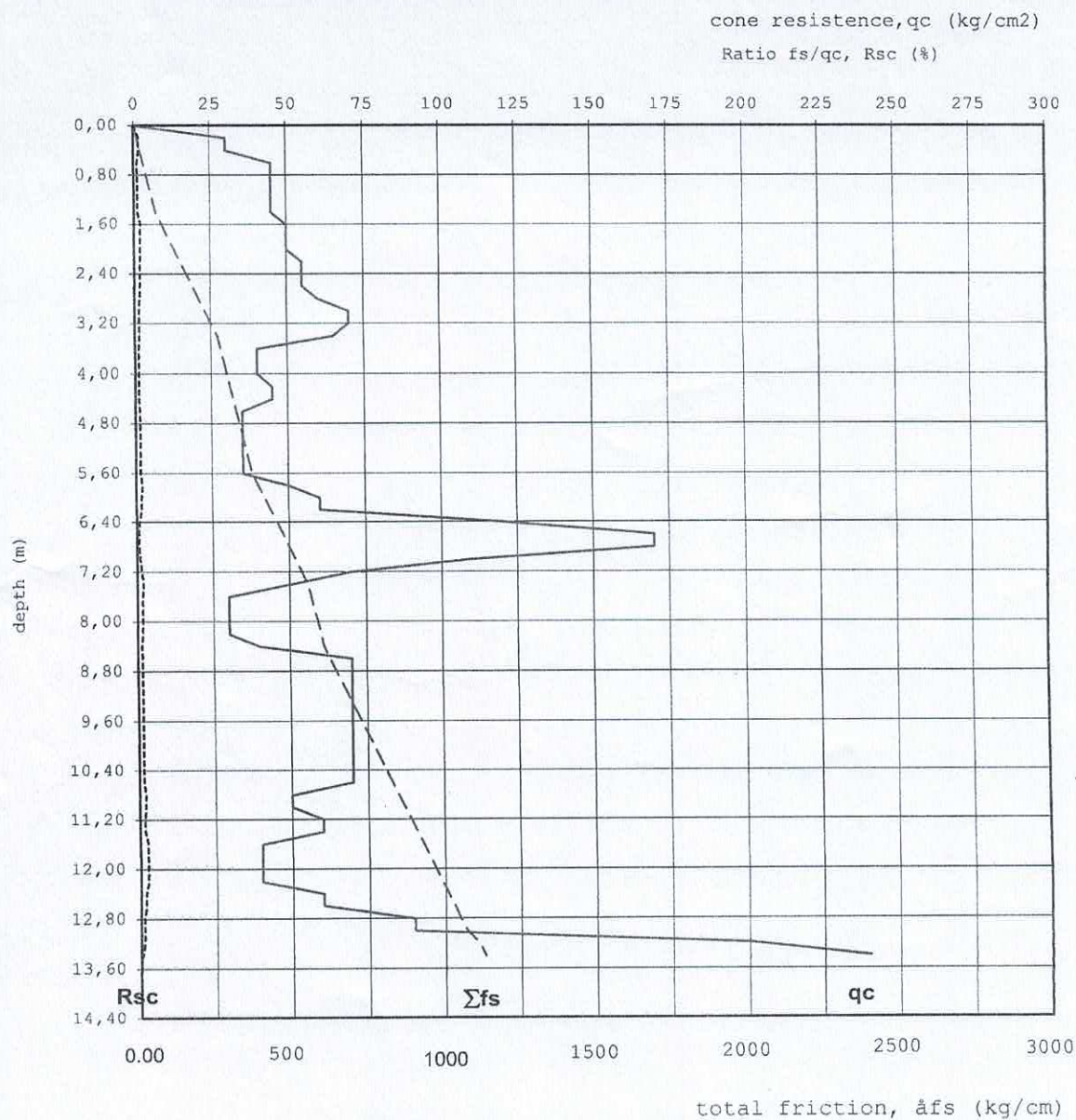
Kelurahan Pakintelan No.01 Rt.01 Rw.02

Kecamatan Gunungpati Kota Semarang Jawa Tengah

Phone : 082136426234 - 085645276781

SONDIR DIAGRAM

PROYEK : PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS
SONDIR : S-1
LOKASI : JL.TENTARA PELAJAR KEC.UNGARAN TIMUR KABUPATEN SEMARANG
TANGGAL : 24 JULI 2024





SOIL INVESTIGATION AND TOPOGRAPHY

Kelurahan Pakintelan No.01 Rt.01 Rw.02

Kecamatan Gunungpati Kota Semarang Jawa Tengah

Phone : 082136426234 - 085645276781

HASIL SONDIR (CONE PENETRATION TEST)

PROYEK : PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS

NO. TITIK : S-2

LOKASI : JL.TENTARA PELAJAR KEC.UNGARAN TIMUR KABUPATEN SEMARANG

TANGGAL : 24 JULI 2024

KEDALAMAN (m)	BACAAN KONUS (kg)	BACAAN qc + fs (kg)	BACAAN fs (Ton)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²) /20 cm	Δ fs	Δ fs/10	Rsc fs/qc (%)
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00
0,20	30	35	0,5	30	10	10	1	1,67
0,40	30	35	0,5	30	10	20	2	1,67
0,60	30	35	0,5	30	10	30	3	1,67
0,80	45	50	0,5	45	10	40	4	1,11
1,00	45	50	0,5	45	10	50	5	1,11
1,20	45	50	0,5	45	10	60	6	1,11
1,40	45	50	0,5	45	10	70	7	1,11
1,60	45	50	0,5	45	10	80	8	1,11
1,80	45	50	0,5	45	10	90	9	1,11
2,00	45	50	0,5	45	10	100	10	1,11
2,20	50	60	1	50	20	120	12	2,00
2,40	50	60	1	50	20	140	14	2,00
2,60	50	60	1	50	20	160	16	2,00
2,80	50	60	1	50	20	180	18	2,00
3,00	50	60	1	50	20	200	20	2,00
3,20	50	60	1	50	20	220	22	2,00
3,40	50	60	1	50	20	240	24	2,00
3,60	35	40	0,5	35	10	250	25	1,43
3,80	35	40	0,5	35	10	260	26	1,43
4,00	35	40	0,5	35	10	270	27	1,43
4,20	50	60	1	50	20	290	29	2,00
4,40	70	80	1	70	20	310	31	1,43
4,60	70	80	1	70	20	330	33	1,43
4,80	60	70	1	60	20	350	35	1,67
5,00	50	60	1	50	20	370	37	2,00
5,20	35	40	0,5	35	10	380	38	1,43
5,40	35	40	0,5	35	10	390	39	1,43
5,60	35	40	0,5	35	10	400	40	1,43
5,80	35	40	0,5	35	10	410	41	1,43
6,00	35	40	0,5	35	10	420	42	1,43
6,20	35	40	0,5	35	10	430	43	1,43
6,40	35	40	0,5	35	10	440	44	1,43
6,60	35	40	0,5	35	10	450	45	1,43
6,80	35	40	0,5	35	10	460	46	1,43
7,00	50	60	1	50	20	480	48	2,00
7,20	50	60	1	50	20	500	50	2,00
7,40	50	60	1	50	20	520	52	2,00

7,60	50	60	1	50	20	540	54	2,00
7,80	50	60	1	50	20	560	56	2,00
8,00	50	60	1	50	20	580	58	2,00
8,20	70	80	1	70	20	600	60	1,43
8,40	70	80	1	70	20	620	62	1,43
8,60	60	70	1	60	20	640	64	1,67
8,80	60	70	1	60	20	660	66	1,67
9,00	60	70	1	60	20	680	68	1,67
9,20	50	60	1	50	20	700	70	2,00
9,40	30	35	0,5	30	10	710	71	1,67
9,60	30	35	0,5	30	10	720	72	1,67
9,80	30	35	0,5	30	10	730	73	1,67
10,00	30	35	0,5	30	10	740	74	1,67
10,20	30	35	0,5	30	10	750	75	1,67
10,40	30	35	0,5	30	10	760	76	1,67
10,60	50	60	1	50	20	780	78	2,00
10,80	50	60	1	50	20	800	80	2,00
11,00	50	60	1	50	20	820	82	2,00
11,20	170	180	1	170	20	840	84	0,59
11,40	240	250	1	240	20	860	86	0,42
11,60	250	250	0	250	0	860	86	0,00

AJG SOIL INVESTIGATION AND TOPOGRAPHY

PROYEK : PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNRARIS
LOKASI : JL. TENTARA PELAJAR KECAMATAN UNGARAN TIMUR KABUPATEN SEMARANG

Depth (m)	qc (kg/cm2)	Tf (kg/cm)	TIANG PANGCANG (TON)				BORED PILE (TON)		
			□ 20X20	□ 25X25	△ 28/28/28	△ 32/32/32	Ø 30	Ø 40	Ø 60
2,00	30	130	4,00	6,25	3,40	4,44	7,07	12,56	28,26
4,00	50	300	6,67	10,42	5,66	7,39	11,78	20,93	47,10
6,00	60	420	8,00	12,50	6,79	8,87	14,13	25,12	56,52
8,00	30	590	4,00	6,25	3,40	4,44	7,07	12,56	28,26
10,00	70	770	9,33	14,58	7,92	10,35	16,49	29,31	65,94
12,00	40	970	5,33	8,33	4,53	5,91	9,42	16,75	37,68
14,00	250	1130	33,33	52,08	28,29	36,96	58,88	104,67	235,50

Depth (m)	qc (kg/cm2)	Tf (kg/cm)	TIANG PANCANG (TON)				BORED FILE (TON)		
			□ 20X20	□ 25X25	△ 28/28/28	△ 32/32/32	Ø 30	Ø 40	Ø 60
2,00	45	100	6,00	9,38	5,09	6,65	10,60	18,84	42,39
4,00	35	270	4,67	7,29	3,96	5,17	8,24	14,65	32,97
6,00	35	420	4,67	7,29	3,96	5,17	8,24	14,65	32,97
8,00	50	580	6,67	10,42	5,66	7,39	11,78	20,93	47,10
10,00	30	740	4,00	6,25	3,40	4,44	7,07	12,56	28,26
12,00	250	860	33,33	52,08	28,29	36,96	58,88	104,67	235,50
14,00	250	860	33,33	52,08	28,29	36,96	58,88	104,67	235,50

PROYEK : PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDAIS
LOKASI : JL. TENTARA PELAJAR KECAMATAN UNGARAN TIMUR KABUPATEN SEMARANG

SF = 5

Depth (m)	qc (kg/cm ²)	Tf (kg/cm)	MINI PILE (TON)				BORED PILE (TON)		
			□ 20X20	□ 25X25	△ 28/28/28	△ 32/32/32	Ø 30	Ø 40	Ø 60
2,00	30	130	0,92	1,44	0,78	1,00	1,62	2,89	6,50
4,00	50	300	2,06	3,23	1,75	2,25	3,65	6,48	14,58
6,00	60	420	2,93	4,58	2,49	3,19	5,17	9,19	20,69
8,00	30	590	4,07	6,36	3,46	4,43	7,19	12,79	28,77
10,00	70	770	5,27	8,24	4,47	5,74	9,31	16,55	37,25
12,00	40	970	6,58	10,29	5,59	7,16	11,63	20,67	46,52
14,00	250	1130	7,67	11,99	6,51	8,35	13,55	24,09	54,22

SF = 5

Depth (m)	qc (kg/cm2)	Tf (kg/cm)	MINI PILE (TON)				BORED PILE (TON)		
			□ 20X20	□ 25X25	△ 28/28/28	△ 32/32/32	Ø 30	Ø 40	Ø 60
2,00	45	100	0,75	1,18	0,64	0,82	1,33	2,36	5,31
4,00	35	270	1,90	2,96	1,61	2,06	3,35	5,95	13,40
6,00	35	420	2,93	4,58	2,49	3,19	5,17	9,19	20,69
8,00	50	580	4,02	6,28	3,41	4,37	7,09	12,61	28,37
10,00	30	740	5,10	7,98	4,33	5,55	9,01	16,03	36,06
12,00	250	860	5,97	9,33	5,07	6,49	10,54	18,74	42,16
14,00	250	860	6,16	9,63	5,23	6,70	10,88	19,34	43,52