



**STUDI KOMPARATIF JENIS FONDASI YANG OPTIMAL  
UNTUK PERENCANAAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS  
DENGAN KONDISI TANAH BERDASARKAN HASIL UJI  
SONDIR**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik  
Sipil Fakultas Teknik**

**Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI UNDARIS**

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD BERRY TAN JUNIOR**

**20210021**

**MUH ALHADAD DWI SAPUTRO**

**20210016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI**

**UNGARAN**

**2025**

## LEMBAR PERSETUJUAN

# STUDI KOMPARATIF JENIS FONDASI YANG OPTIMAL UNTUK PERENCANAAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS DENGAN KONDISI TANAH BERDASARKAN HASIL UJI SONDIR

Disusun Oleh:

**MUHAMMAD BERRY TAN JUNIOR**

**20210021**

**MUH ALHADAD DWI SAPUTRO**

**20210016**

Tugas Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Program Studi  
Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

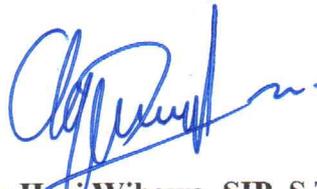
Diperiksa dan Disetujui

**Pembimbing I**



**Ir. Totok Apriyanto, M.T.**  
NIDN. 0019046101

**Pembimbing II**



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

## **ABSTRAK**

*Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman direncanakan akan melakukan penambahan Gedung rektorat yang diharapkan dapat menunjang segala aktivitas dan kegiatan penting yang berkaitan dengan pengelolaan dan pengembangan universitas.*

*Pada penelitian ini, penyusun mengidentifikasi jenis tanah dan membandingkan daya dukung tanah serta penurunan tanah dengan menggunakan data hasil Uji Penetrasi Kerucut Statis (CPT) atau Uji sondir.*

*Dari hasil analisa perhitungan kapasitas daya dukung dan penurunan diperoleh, pada fondasi dangkal (footplate) dengan ukuran fondasi  $1,8 \times 1,8$  m, Ketebalan pondasi ( $h_c$ ) 0,4 m kedalaman fondasi 1,5 m, dengan kapasitas dukung sebesar 91,585 ton dan penurunan 0,07675 mm pada metode Terzaghi dan 87,110 ton dan penurunan 0,07671 mm pada metode Meyerhoff. Sedangkan untuk fondasi dalam (borepile) dengan ukuran diameter 40 cm dan kedalaman boredpile 9 meter didapatkan nilai kapasitas dukung tiang tunggal sebesar 25,040 ton, nilai kapasitas dukung kelompok tiang 75,897 ton dan penurunan tiang tunggal sebesar 0,06874 cm dan kelompok tiang 0,15371 cm pada metode Meyerhoff, dan untuk metode Schmertman dan Nottingham diperoleh kapasitas dukung tiang tunggal sebesar 23,181 ton, dan kelompok tiang 70,264 ton, penurunan tiang tunggal sebesar 0,06394 cm dan kelompok tiang 0,14297 cm.*

*Kata Kunci: Struktur Gedung, pondasi dangkal, pondasi dalam*

## **ABSTRACT**

*Darul Ulum Islamic Centre Sudirman University is planning to add a rectorate building which is expected to support all important activities and events related to the management and development of the university.*

*In this study, the authors identified soil types and compared soil bearing capacity and land subsidence using data from the static cone penetration test (CPT) or sondir test.*

*From the results of the analysis of the bearing capacity and settlement, it was obtained that on a shallow foundation (footplate) with a size of 1,8 x 1,8 m, thickness (hc) 0,4 m, depth 1,5 m, with a bearing capacity of 91,585 ton and settlement of 0,07675 mm in Terzaghi method and 87,110 ton and settlement 0,07671 mm in Meyerhoff method. Meanwhile, for deep foundation (borepile) with a diameter 40 cm and a depth of 9 m, the value of single pile capacity is 25,040 ton, and of the pile group bearing capacity is 75,897 ton and the single pile settlement is 0,06874 cm the pile group settlement is 0,15371 cm in the Meyerhoff method, and for the Schmertman and Nottingham method, the single pile bearing capacity is 23,181 ton and the pile group is 70,264 ton, the single pile settlement is 0,06294 cm and the pile group is 0,14297 cm.*

*Keywords: Building Structure, shallow foundation, deep foundation*

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Muhammad Berry Tan Junior  
NIM : 20210021
2. Nama : Muh Alhadad Dwi Saputro  
NIM : 20210016

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul Studi Komparatif Jenis Fondasi Yang Optimal Untuk Perencanaan Gedung Rektorat Undaris Dengan Kondisi Tanah Berdasarkan Hasil Uji Sondir adalah benar dan bebas dari plagiat. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir ini bukan dari hasil karya kami atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, maka kami bersedia untuk menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ungaran, 23 April 2025  
Yang membuat pernyataan



Mahasiswa I

**Muhammad Berry Tan Junior**  
NIM. 20210021



Mahasiswa II

**Muh Alhadad Dwi Saputro**  
NIM. 20210016

## LEMBAR PENGESAHAN

# STUDI KOMPARATIF JENIS FONDASI YANG OPTIMAL UNTUK PERENCANAAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS DENGAN KONDISI TANAH BERDASARKAN HASIL UJI SONDIR

Disusun Oleh:

MUHAMMAD BERRY TAN JUNIOR

20210021

MUH ALHADAD DWI SAPUTRO

20210016

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal:

23 April 2025

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

Tim Penguji

Ketua : Ir. Totok Apriyanto, M.T.

(  )

Anggota : Ratih Pujiastuti, S.T, M.T

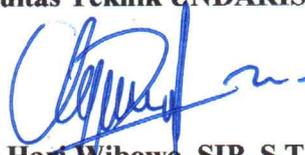
(  )

Anggota : Ir. Agung Hari W., SIP, S.T, M.T.

(  )

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik UNDARIS



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

NIDN. 0604089203

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum. wr.wb.

Puji syukur senantiasa tercurah kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam kami hanturkan kepada baginda Rasulullah S.A.W, sehingga Tugas Akhir “Studi Komparatif Jenis Fondasi Yang Optimal Untuk Perencanaan Gedung Rektorat Undaris Dengan Kondisi Tanah Berdasarkan Hasil Uji Sondir” ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan Tugas Akhir dimaksudkan untuk melengkapi syarat-syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI.

Dalam hal penulisan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan dorongan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala anugerah dalam kehidupan ini;
2. Bapak Abdullah, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI;
3. Bapak Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI serta selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis;
4. Bapak Ir. Totok Apriyanto, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis;
5. Ibu Ratih Pujiastuti, S.T, M.T selaku dosen wali yang telah membimbing dan selalu memberikan support kepada penulis;
6. Segenap Dosen dan Staff Fakultas Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI;
7. Segenap keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan *support* dan semangat untuk menyelesaikan laporan ini; dan
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian Laporan Tugas Akhir yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan tugas akhir ini kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan, baik dari segi materi, penyajian maupun pemilihan kata-kata. Sehingga, kami akan sangat menghargai serta berterima kasih kepada siapa saja yang berkenan untuk dapat memberikan masukan, kritik dan saran dimana untuk selanjutnya kami dapat mempertimbangkan dalam penyempurnaan tugas akhir ini.

Demikian tugas akhir ini kami buat, semoga dapat bermanfaat bagi kami dan semua pihak yang memerlukannya.

Wassalamualaikum. wr.wb.

Ungaran, 23 April 2025

Penyusun,

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN .....	i
ABSTRAK.....	ii
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iv
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR DIAGRAM .....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Maksud Dan Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Lokasi Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II.....	6
STUDI PUSTAKA .....	6
2.1. Penyelidikan Tanah.....	6
2.1.1. Uji Sondir atau CPT ( <i>Cone Penetration Test</i> ).....	6
2.1.2. Uji Penetrasi Standar atau <i>Standart Penetration Test</i> (SPT).....	8
2.1.3. Pengujian Laboratorium.....	9
2.2. Fondasi.....	10
2.2.1. Fondasi Telapak ( <i>Footplate</i> ).....	11
2.2.2. Fondasi <i>Boredpile</i> .....	11
2.3. Kapasitas Dukung .....	14
2.3.1. Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal.....	15
2.3.2. Kapasitas Dukung Fondasi Dalam.....	20

2.3.3.	Kapasitas Dukung Kelompok Tiang .....	26
2.3.4.	Efisiensi Kelompok Tiang Bor .....	28
2.4.	Penurunan Fondasi .....	28
2.4.1.	Penurunan Pondasi Dangkal .....	29
2.4.2.	Penurunan Fondasi Tiang .....	30
2.5.	Faktor Aman .....	32
2.6.	Pembebanan dengan SAP 2000 .....	33
BAB III	.....	36
METODOLOGI PENELITIAN	.....	36
3.1.	Metodologi Penelitian .....	36
3.2.	Metode Pengumpulan Data .....	36
3.3.	Tahapan Penelitian .....	36
3.4.	Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian .....	37
BAB IV	.....	39
ANALISIS DAN PERHITUNGAN	.....	39
4.1.	Spesifikasi Material Yang Digunakan .....	39
4.2.	Denah Rencana Fondasi .....	39
4.3.	Data Klasifikasi Tanah .....	40
4.4.	Pembahasan .....	40
4.4.1.	Analisis Struktur Hasil Program SAP2000 .....	40
4.4.2.	Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal ( <i>Footplate</i> ) .....	41
4.4.3.	Kapasitas Dukung Fondasi Dalam ( <i>boredpile</i> ) .....	44
4.4.4.	Perhitungan Penurunan Tanah .....	51
4.4.5.	Hasil Analisis Kapasitas Dukung Dan Penurunan Fondasi .....	55
BAB V	.....	60
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	60
5.1.	Kesimpulan .....	60
5.2.	Saran .....	61
DAFTAR PUSTAKA	.....	62
LAMPIRAN	.....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor kapasitas dukung Terzaghi (1943)-keruntuhan geser umum .....	16
Tabel 2. 2 Faktor Kapasitas Dukung Meyerhoff (1963).....	19
Tabel 2. 3 Faktor bentuk fondasi Meyerhoff (1963).....	19
Tabel 2. 4 Faktor kedalaman fndasi Meyerhoff (1963) .....	19
Tabel 2. 5 Faktor kemiirngan beban Meyerhoff (1963) .....	19
Tabel 2. 6 Faktor $\omega$ (deRuiter dan Beringen, 1979 dalam Bowles, 1996).....	25
Tabel 2. 7 Efisiensi tiang bor ( $d$ = jarak as-as tiang bor) (Loehr et al., 2011).....	28
Tabel 2. 8 Faktor aman untuk tiang bor (Coduto, 2001; Hannigan Et Al, 1997). .....	33
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Hasil Analisis Perhitungan Daya Dukung Fondasi Dangkal ( <i>Footplate</i> ) .....	56
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasil Analisis Perhitungan Daya Dukung Fondasi Dalam .....	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian.....	4
Gambar 2. 1 Grafik hubungan $Q_c$ (Perlawanan <i>conus</i> ) dan $fr$ ( <i>friction ratio</i> ) menurut Robertson dan Campanella (Bowles, 1997).....	8
Gambar 2. 2 Bentuk keruntuhan daam analisis kapasitas dukung.....	15
Gambar 2. 3 Faktor-faktor kapasitas dukung meyerhoff (1963) .....	18
Gambar 2. 4. Tiang yang ditinjau dari cara Mendukung Beban.....	20
Gambar 2. 5 Diagram faktor pengaruh regangan untuk fondasi kaku berbentuk bujursangkar dan memanjang (schmertmann et al.,1978) .....	30
Gambar 3. 1 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian .....	38
Gambar 4. 1 Denah Lantai 1 Rencana Gedung.....	40
Gambar 4. 2 Detail Fondasi Dangkal.....	41
Gambar 4. 3 Detail Fondasi Dalam.....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Sondir.....	64
Lampiran 2 Data Gempa.....	108
Lampiran 3 Foto Dokumentasi .....	109

## DAFTAR DIAGRAM

Diagram 4. 1 Perbandingan Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal ( <i>Footplate</i> ).....	56
Diagram 4. 2 Perbandingan Penurunan Fondasi Dangkal ( <i>Footplate</i> ).....	56
Diagram 4. 3 Perbandingan Kapasitas Dukung Fondasi Dalam.....	58
Diagram 4. 4 Perbandingan Penurunan Tanah Pada Fondasi Dalam .....	58

## DAFTAR NOTASI

$f_r$	= rasio gesekan
$f_s$	= <i>local friction</i>
$q_c$	= tahanan konus
Qult	= kapasitas dukung ultimit netto (kN)
Qb	= tahanan ujung bawah ultimit (kN)
Qs	= tahanan gesek ultimit (kN)
Ab	= luas ujung bawah tiang (cm <sup>2</sup> )
As	= luas selimut tiang (cm <sup>2</sup> )
$f_b$	= tahanan ujung satuan tiang (kg/cm <sup>2</sup> )
$f_s$	= tahanan gesek satuan tiang (kg/cm <sup>2</sup> )
Wp	= berat sendiri tiang (kN)
Qa	= kapasitas dukung ijin tiang
F	= factor aman
$\omega_1$	= koefisien modifikasi tiang, diambil 1
$\omega_2$	= koefisien modifikasi tiang, diambil 1
$q_{ca}$	= tahanan konus rata-rata (kN/m <sup>2</sup> )
$k_f$	= koefisien modifikasi tahanan gesek sisi konus
$k_c$	= koefisien modifikasi tahanan konus
qb	= Kapasitas kuat dukung di ujung tiang (ton)
$q_{ca}$ (Base)	= Perlawanan konus rata-rata pada masing-masing lapisan sepanjang tiang (kg/cm <sup>2</sup> )
Fb	= Faktor empiric, tergantung pada jenis tanah
Fs	= Faktor empiric yang bergantung pada jenis tanah
$f$	= Kuat dukung kulit tiang persatuan luas (kg/cm <sup>2</sup> )
$q_f$	= Tahanan gesek sisi konus (kg/cm <sup>2</sup> )
$\omega$	= Koefisien Korelasi
Qg	= kapasitas dukung kelompok tiang
Eg	= Efisiensi kelompok tiang
n	= jumlah tiang
P	= beban yang bekerja
S	= Jarak pusat tiang ke pusat tiang lainnya

D	=	diameter tiang (m)
m	=	jumlah baris tiang
n'	=	jumlah tiang dalam satu baris
q	=	beban yang bekerja
L	=	Panjang tiang
Ep	=	Modulus elastis tiang

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Di Indonesia, gedung-gedung di area perkuliahan merupakan salah satu infrastruktur pendidikan yang sangat penting dan harus memenuhi standar keamanan dan kenyamanan yang tinggi.

Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman direncanakan akan melakukan penambahan gedung rektorat yang diharapkan dapat menunjang segala aktivitas dan kegiatan penting yang berkaitan dengan pengelolaan dan pengembangan universitas.

Dalam ketentuan dan persyaratan yang berlaku di Indonesia, seperti SNI (Standar Nasional Indonesia) dan peraturan lainnya, telah diatur tentang persyaratan teknis dan keamanan untuk pembangunan gedung, termasuk pemilihan jenis fondasi. Misalnya, Peraturan Perencanaan Tahan Gempa untuk Gedung (SNI 1726:2019), Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung (SNI 2847:2019) dan Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020).

Pemilihan jenis fondasi yang tepat merupakan salah satu aspek kritis dalam pembangunan gedung, terutama untuk bangunan seperti gedung perkuliahan yang memiliki fungsi strategis dan berpotensi menampung banyak orang. Fondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang di topang fondasi dan berat sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya (Bowles, 1997).

Faktor-faktor lain seperti kondisi tanah, cuaca, dan lingkungan sekitar juga dapat mempengaruhi pemilihan jenis fondasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian yang lebih mendalam tentang pentingnya pemilihan jenis fondasi untuk gedung-gedung di area perkuliahan di Indonesia, serta identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan jenis fondasi.

Kapasitas dukung (*bearing capacity*) merupakan kemampuan tanah dalam mendukung beban fondasi dari struktur yang terletak di atasnya dimana kapasitas dukung menyatakan tahanan geser tanah dalam melawan penurunan akibat terjadinya pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang gesernya.

Dalam penentuan suatu analisa kapasitas dukung tanah, perlu diadakan suatu penyelidikan tanah. Pada jenis-jenis tanah tertentu sangat mudah sekali terganggu oleh pengaruh pengambilan, maka dilakukan penyelidikan tanah secara langsung di lapangan. Pengujian di lapangan sangat berguna untuk mengetahui karakteristik tanah dalam mendukung beban fondasi dengan tidak terpengaruh oleh kerusakan. Salah satu penyelidikan tanah langsung di lapangan yaitu Uji CPT (*Cone Penetration Test*) atau uji sondir. Adapun tujuan dari penyelidikan tersebut yaitu untuk mengetahui perlawanan penetrasi *conus* ( $Q_c$ ) dan gambaran lekat tanah pada *biconus* ( $H$ ).

Pada penelitian ini lokasi pekerjaan terletak di sebelah selatan gedung rektorat baru, yaitu pada gedung biro rektor A yang mana bangunan tersebut yang berukuran 16 x 16 meter satu lantai merupakan bangunan yang ada sejak berdirinya Undaris. Oleh karena itu, akan diganti dengan gedung baru tiga lantai.

Berdasarkan hasil uji sondir di lokasi pekerjaan, dimana uji sondir dilakukan pada dua titik. Titik sondir pertama berada di sebelah barat rencana gedung dengan hasil 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  $>200$  kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan titik sondir kedua berada di sebelah timur rencana gedung dengan hasil dibawah kedalaman -11,20 m.MT hingga kedalaman -11,60 m.MT merupakan lapisan tanah sangat kompak (*very dense*) dengan nilai  $q_c$  antara  $>200$  kg/cm<sup>2</sup>.

Pada hasil uji sondir sudah direkomendasikan untuk jenis – jenis fondasinya baik fondasi dangkal ataupun fondasi dalam, namun pada rekomendasi tersebut sifatnya ideal. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pentingnya pemilihan jenis fondasi yang optimal untuk Gedung Rektorat Undaris dengan rencana tiga lantai, berdasarkan ketentuan dan persyaratan yang berlaku, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan jenis fondasi.

## **1.2. Maksud Dan Tujuan Penelitian**

Adapun maksud dan tujuan penelitian “Studi Komparatif Jenis Fondasi Yang Optimal Untuk Perencanaan Gedung Rektorat Undaris Dengan Kondisi Tanah Berdasarkan Hasil Uji Sondir” yaitu:

1. Mengidentifikasi jenis tanah dan membandingkan daya dukung tanah serta penurunan tanah untuk 2 (dua) jenis fondasi yang diusulkan, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam;
2. Menentukan jenis fondasi yang optimal untuk Gedung Rektorat Undaris dengan mempertimbangkan aspek teknis; dan
3. Memberikan rekomendasi teknis terkait pemilihan jenis fondasi yang sesuai.

### **1.3. Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian dalam penelitian ini yaitu memberikan rekomendasi teknis terkait pemilihan jenis fondasi yang sesuai untuk perencanaan pembangunan Gedung Rektorat Undaris dengan mempertimbangkan aspek teknis untuk 2 (dua) jenis fondasi yang diusulkan, yaitu fondasi dangkal dan fondasi tiang. Pada penelitian ini, penyusun mengidentifikasi jenis tanah dan membandingkan daya dukung tanah serta penurunan tanah dengan menggunakan data hasil Uji Penetrasi Kerucut Statis (CPT) atau Uji Sondir dimana metode untuk menganalisa kapasitas daya dukung fondasi dangkal menggunakan metode statis berdasarkan Metode Meyerhof dan Metode Terzaghi serta untuk analisa kapasitas dukung fondasi dalam didasarkan pada Metode Meyerhof dan Metode Schmertmann dan Nottingham.

### **1.4. Batasan Masalah**

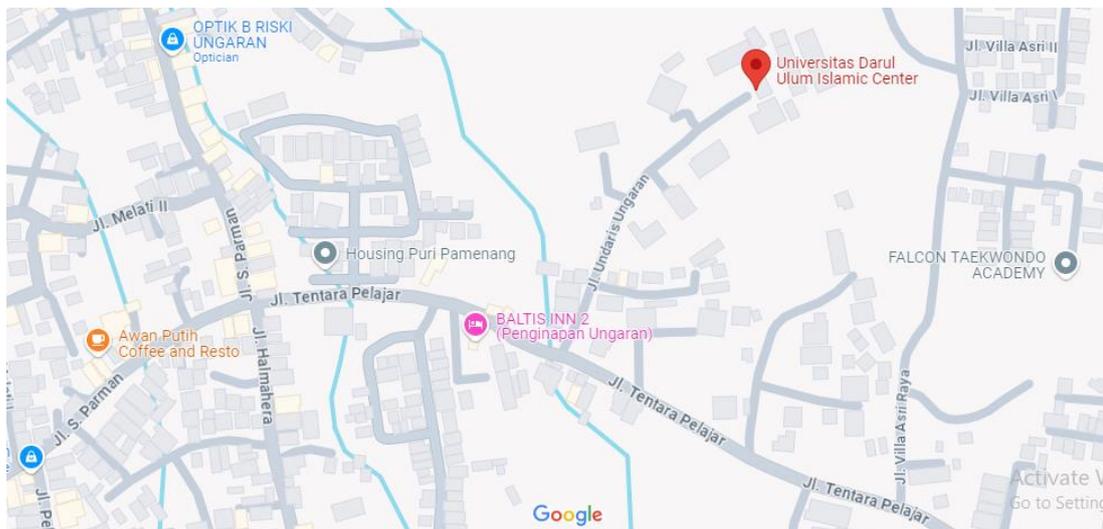
Batasan masalah penelitian pada Tugas Akhir ini ada sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian adalah proyek Pembangunan Gedung Rektorat Undaris yang beralamat Jl. Tentara Pelajar No.13 Ungaran;
2. Data tanah yang digunakan merupakan data hasil penyelidikan tanah oleh CV. AMIR JAYA GROUP yang beralamat di Jalan. Winongsari Kel. Pakintelan RT 01 RW 02 Kec. Gunungpati Kota Semarang;
3. Jenis fondasi yang digunakan sebagai perbandingan yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam dengan mempertimbangkan data uji sondir hingga kedalaman 13,60 m;
4. Analisis kondisi tanah hanya dilapisan tanah sedang dengan kedalaman efektif 13,60m;

5. Beban yang dipertimbangkan adalah beban *vertical statis* (beban mati dan beban hidup) dan beban gempa dengan *spectrum respons* yang sesuai dengan peraturan perencanaan bangunan tahan gempa yang berlaku;
6. Penggunaan metode pada hitungan analisa kapasitas daya dukung fondasi dangkal yaitu dengan Metode Meyerhof dan Metode Terzaghi serta untuk analisa kapasitas dukung fondasi dalam menggunakan Metode Meyerhof dan Metode Schmertmann & Nottingham; dan
7. Tidak memperhitungkan pengaruh perubahan muka air tanah dan faktor lingkungan lainnya terhadap kinerja fondasi.

### 1.5. Lokasi Penelitian

Proyek Rencana Pembangunan Gedung Rektorat Undaris yaitu berada di Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman, Jalan Tentara Pelajar No.13 Ungaran Timur 50514 (-7.141153,110.4137625).



Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian

### 1.6. Sistematika Penulisan

Rencana sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri atas 5 (lima) bab, secara garis besar tentang sistematika penulisan masing-masing bab adalah sebagai berikut:

## BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, batasan masalah, lokasi proyek, dan sistematika penyusunan Tugas Akhir.

**BAB II : STUDI PUSTAKA**

Berisi kajian literatur serta hasil studi yang relevan tentang dasar teori, rumus dan segala sesuatu yang digunakan dalam pembahasan dan penyelesaian Tugas Akhir. Dalam hal ini, data-data yang digunakan berasal dari buku literatur, tulisan ilmiah, *website/search engine* dan hasil penelitian sebelumnya.

**BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab metodologi berisikan tentang metode-metode yang akan digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini, termasuk pengumpulan data, langkah penelitian dan analisis data.

**BAB IV : ANALISIS DAN PERHITUNGAN**

Berisi analisis perbandingan 2 (dua) fondasi terhadap daya dukung tanah dan penurunan tanah dengan memperhatikan hasil uji sondir yang telah dilakukan sebelumnya di lokasi rencana pembangunan.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Merupakan bab penutup yang berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran mengenai hasil penelitian yang dikumpulkan pada Tugas Akhir serta dapat dijadikan masukan untuk selanjutnya.

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1. Penyelidikan Tanah**

Seorang perancang bangunan membutuhkan suatu data penyelidikan tanah untuk merancang fondasi bangunan yang akan dibangun. Penyelidikan tanah diperlukan untuk menentukan lapisan tanah dan karakteristik tanah sehingga perancangan dan konstruksi fondasi dapat dilaksanakan dengan ekonomis. Penyelidikan tanah dapat dilakukan dengan cara menggali lubang uji (*test pit*), pengeboran, uji secara langsung di lapangan (*in-situ test*) dan pengujian di laboratorium. Data yang diperoleh dari suatu penyelidikan tersebut digunakan untuk mempelajari sifat-sifat teknis tanah yang kemudian digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menganalisis kapasitas dukung dan penurunan.

Adapun tujuan dari penyelidikan tanah yaitu:

- a. Menentukan sifat tanah yang terkait dengan perancangan struktur yang akan dibangun;
- b. Menentukan kapasitas dukung tanah menurut tipe fondasi yang dipilih;
- c. Menentukan tipe dan kedalaman fondasi;
- d. Mengetahui posisi muka air tanah;
- e. Memprediksi besarnya penurunan;
- f. Menentukan besarnya tekanan tanah terhadap dinding penahan tanah atau pangkal jembatan (*abutment*);
- g. Menyelidiki keamanan suatu struktur apabila penyelidikan telah dilakukan pada bangunan yang telah ada sebelumnya; dan
- h. Untuk proyek jalan raya dan irigasi, berguna untuk menentukan letak-letak saluran, gorong-gorong, penentuan lokasi dan macam bahan timbunan.

##### **2.1.1. Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*)**

Dalam suatu perancangan bangunan, klasifikasi tanah sangat membantu dimana seorang perencana atau perancang bangunan harus berhati-hati dalam penyelesaian

masalah stabilitas, kompresi (penurunan), dan aliran air yang didasarkan pada klasifikasi tanah. Umumnya, klasifikasi tanah didasarkan pada ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan (uji sedimentasi) dan plastisitas. (Hardiyatmo, 2020).

Pengujian di lapangan sangat berguna untuk mengetahui karakteristik tanah dalam mendukung beban fondasi dengan tidak dipengaruhi oleh kerusakan contoh tanah akibat operasi pengeboran dan penanganan contoh tanah. Salah satu jenis pengujian langsung di lapangan yang bertahan lama dan populer yaitu Uji Penetrasi Kerucut Statis (CPT) atau Uji Sondir. Pengujian ini merupakan uji sederhana yang dipakai semakin luas untuk lempung lunak dan pasir halus sampai pasir setengah kasar dimana pengujian ini berguna untuk memperoleh nilai variasi kepadatan tanah pasir yang tidak padat. Adapun tujuan dari penyelidikan Uji Penetrasi Kerucut Statis (CPT) atau Uji Sondir yaitu untuk mengetahui perlawanan penetrasi *conus* ( $Q_c$ ) dan gembatan lekat tanah pada *biconus* ( $H$ ). Nilai tahanan kerucut statis atau tahanan *conus* ( $Q_c$ ) yang diperoleh dari pengujian dapat dikorelasikan secara langsung dengan kapasitas dukung tanah.

Dalam pengujian Uji Penetrasi Kerucut Statis (CPT) atau Uji Sondir berlangsung, pengujian tidak mengeluarkan tanah sehingga jenis tanah tidak dapat diketahui dengan pasti. Dengan demikian, hubungan antara tahanan konus ( $Q_c$ ) dengan rasio gesekan ( $f_r$ ) untuk dapat mengklasifikasikan tanah dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Robetson dan Campanella, 1983):

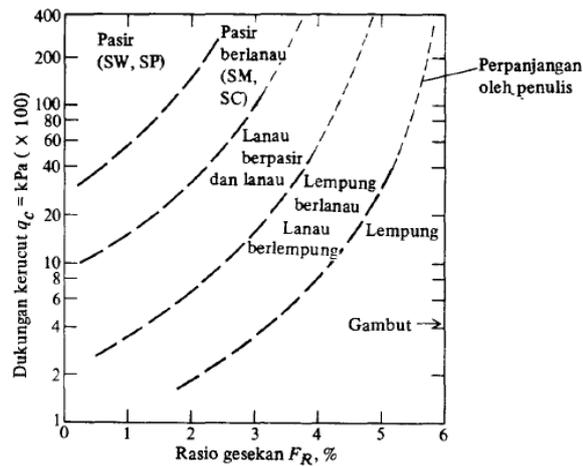
$$f_r = \frac{f_s}{q_c} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana

$f_r$  = rasio gesekan

$f_s$  = *local friction*

$q_c$  = tahanan konus



Gambar 2. 1 Grafik hubungan  $Q_c$  (Perlawanan *conus*) dan  $f_r$  (*friction ratio*) menurut Robertson dan Campanella (Bowles, 1997)

Hasil pengujian sondir dapat dilaporkan dalam beberapa bentuk tergantung dari keperluan. Untuk keperluan perhitungan daya dukung tanah, pelaporan dapat dibuat untuk menampilkan tahanan ujung dan nilai komulatif dari tahanan sisi sesuai kedalaman pengujian. Namun yang lebih umum dan sering dilakukan adalah penggambaran dari tahanan ujung, tahanan sisi dan rasio tahanan ujung dan tahanan sisi.

### 2.1.2. Uji Penetrasi Standar atau *Standart Penetration Test (SPT)*

Uji Penetrasi Standar atau *Standart Penetration Test (SPT)* merupakan salah satu pengujian tanah lapangan yang dilakukan untuk memperoleh parameter fisik maupun kekuatan tanah dimana pengujian ini sering dilakukan untuk mengetahui kerapatan relatif tanah. Tujuan dari Uji Penetrasi Standar atau *Standart Penetration Test (SPT)* adalah untuk mendapatkan gambaran lapisan tanah berdasarkan warna dan jenis tanah melalui pengamatan sifat-sifat tanah, karakteristik tanah secara visual. Metoda pengujian SPT telah distandardkan oleh ASTM D 1586 sejak 1958 dan selanjutnya telah pula dilakukan revisi sesuai dengan perkembangan teknologi.

Pada Uji Penetrasi Standar atau *Standart Penetration Test (SPT)* akan diperoleh sampel tanah per lapisan tanah dan juga nilai N. Nilai N merupakan jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi tabung belah standar sedalam 30,48 cm (hardiyatmo,

2020). Pada perencanaan fondasi, nilai  $N$  dapat di pakai sebagai indikasi kemungkinan keruntuhan fondasi yang akan terjadi (Terzaghi dan Pack, 1948).

Keuntungan Uji Penetrasi Standar atau *Standart Penetration Test* (SPT) adalah sebagai berikut:

1. Dapat diperoleh nilai  $N$  dan contoh tanah (terganggu)
2. Prosedur pengujian sederhana dapat dilakukan secara manual
3. Dapat digunakan pada sembarang jenis tanah dan batuan lunak
4. Uji SPT memprediksi kerapatan relatif dan kapasitas dukung tanah.

Kerugian menggunakan Uji Penetrasi Standar atau *Standart Penetration Test* (SPT) antara lain:

1. Sempel tanah yang diperoleh dalam tabung uji dalam kondisi terganggu.
2. Nilai  $N$  yang di dapatkan adalah data yang sangat kasar apabila digunakan untuk tanah lempung.
3. Derajat ketidakpastian hasil Uji Penetrasi Standar atau *Standart Penetration Test* (SPT) yang diperoleh bergantung pada kondisi alat dan operator.
4. Hasil tidak dapat dipercaya dalam tanah yang mengandung banyak kerikil.

### **2.1.3. Pengujian Laboratorium**

Uji laboratorium tanah bermanfaat untuk mengidentifikasi kepadatan, pemadatan, kekuatan, dan kinerja tanah di bawah permukaan, sehingga bisa diketahui karakteristik dan perilaku tanah yang dapat berpengaruh pada jenis struktur yang akan dibangun. Secara umum, pengujian di laboatorium yang sering dilakukan untuk perancangan fondasi adalah pngujian dari pengamatan langsung, kadar air, analisis butiran, batas cair dan batas plastis, triaksial, tekan-bebas, geser-langsung, geser kipas, konsolidasi, permeabilitas serta analisa bahan kimia dan lain-lain.

Pengujian ini menggunakan sampel tanah yang telah di ambil pada pekerjaan *core drilling* yaitu contoh tanah tidak terganggu dan terganggu. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah, Hasil dari uji laboratorium akan di

korelasikan dengan hasil uji lapangan sehingga dapat didesain struktur fondasi yang aman dan efisien.

## 2.2. Fondasi

Fondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh fondasi dan beratnya sendiri kedalam tanah dan batuan dibawahnya. Terdapat dua klasifikasi fondasi, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam.

Fondasi dangkal di definisikan sebagai fondasi yang mendukung bebannya secara langsung, kedalaman pada umumnya  $D/B < 1$ . Fondasi ini ada berbagai macam, seperti:

- a. Fondasi telapak (*spread footing*) merupakan jenis fondasi yang bentuknya menyerupai telapak/papan dan letaknya berada di sebuah kolom atau tiang bangunan dimana dimensi fondasi dibuat lebih besar daripada ukuran kolom diatasnya agar dapat meneruskan beban ke lapisan tanah dengan baik. Kedalaman fondasi telapak ini disesuaikan hingga bertemu tanah keras.
- b. Fondasi memanjang atau fondasi kontinyu adalah fondasi yang digunakan untuk mendukung beban yang memanjang atau untuk mendukung sederetan kolom-kolom yang berjarak sangat dekat, sehingga apabila dipakai fondasi tepalak sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain.
- c. Fondasi rakit (*raft foundation* atau *mat foundation*) merupakan bagian dari struktur yang berbentuk rakit melebar ke seluruh bagian tanah dasar bangunan. Fondasi ini biasanya digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau pada kondisi kolom-kolom berjarak sedemikian dekat di semua arahnya.

Fondasi dalam merupakan fondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang terletak relatif jauh dari permukaan serta dapat mendukung beban bangunan mengandalkan tahanan ujung dan tahanan gesek dindingnya. Saat ini banyak digunakan berbagai macam tipe fondasi dalam, dimana penggunaannya disesuaikan dengan besarnya beban, kondisi lingkungan, dan lapisan tanah. Jenis fondasi dalam yang umumnya di gunakan yaitu:

- a. Fondasi sumuran (*pier foundation*) merupakan fondasi yang terdiri dari susunan pipa beton melingkar yang di cor sehingga memiliki bentuk silinder layaknya

sebuah sumur. Fondasi ini merupakan peralihan antara fondasi dangkal dan fondasi tiang, digunakan apabila tanah dasar terletak pada kedalaman yang relatif dalam.

- b. Fondasi tiang (*pile foundation*) adalah Bagian struktur yang digunakan untuk menerima atau menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah pada kedalaman tertentu. Salah satu alasan penggunaan fondasi tiang adalah karena letak tanah keras yang cukup dalam. Fondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dari fondasi sumuran.

Pada laporan Tugas Akhir ini terdapat 2 (dua) jenis fondasi yang akan dianalisis, yaitu fondasi telapak (*footplate*) untuk fondasi dangkal dan fondasi *boredpile* untuk fondasi dalam.

### **2.2.1. Fondasi Telapak (*Footplate*)**

Fondasi telapak merupakan fondasi yang mendukung pembebanan bangunan secara langsung yang umumnya digunakan untuk mendukung sebuah kolom. Fondasi telapak biasanya digunakan untuk konstruksi bangunan gedung rumah tinggal dan bangunan gedung bertingkat ringan. Fondasi telapak dibagi menjadi 4 (empat) jenis, yaitu:

1. Fondasi telapak tunggal
2. Fondasi telapak menerus
3. Fondasi telapak kombinasi/gabungan
4. Fondasi pelat

### **2.2.2. Fondasi *Boredpile***

Fondasi *boredpile* merupakan jenis fondasi dalam yang dipasang dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu yang kemudian diisi dengan rangkaian tulangan dan dicor beton. Dalam penggunaannya, kadang tiang bor diperbesar pada ujungnya untuk dapat memperoleh tahanan ujung yang tinggi. Keuntungan pemakaian fondasi *boredpile* apabila dibandingkan dengan fondasi tiang pancang, yaitu:

- a. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya;

- b. Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan *dowel* pada pelat penutup tiang (*pile cap*) dan kolom dapat langsung diletakkan pada puncak tiang bor;
- c. Kedalaman tiang dapat divariasikan;
- d. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium;
- e. Tiang bor dapat dipasang menembus batuan;
- f. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar apabila perlu, ujung bawah dari tiang tersebut dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya; dan
- g. Tidak adanya resiko kenaikan tanah;

Namun dengan adanya keuntungan-keuntungan fondasi *boredpile* diatas, masih terdapat kerugian, diantaranya:

- a. Pengecoran tiang bor dipengaruhi oleh kondisi cuaca;
- b. Pengecoran beton agak sulit apabila dipengaruhi air tanah karena mutu beton yang tidak dapat di control dengan baik;
- c. Mutu beton hasil pengecoran apabila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan tiang bor dapat mengurangi kapasitas dukung tiang bor, terutama bila tiang bor cukup dalam;
- d. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan tanah, apabila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil; dan
- e. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang.

### **Metode Pelaksanaan Fondasi *Boredpile***

Prinsip-prinsip pelaksanaan tiang bor pada tanah yang tidak mudah longsor adalah sebagai berikut:

1. Tanah digali dengan mesin bor samapai kedalaman yang dikehendaki;
2. Dasar lubang bor dibersihkan;

3. Tulangan yang telah dirakit dimasukkan ke dalam lubang bor; dan
4. Lubang bor diisi/dicor beton.

Terdapat 3 metode yang dapat digunakan dalam pelaksanaan fondasi *boredpile*, yaitu:

a. Metode kering

Metode kering ini cocok digunakan pada tanah di atas muka air tanah yang ketika di bor dinding lubangnya tidak longsor. Jika tanahnya mempunyai permeabilitas rendah, sehingga ketika dilakukan pengeboran, air tidak masuk ke dalam lubang bor saat lubang masih terbuka. Pada metode ini, lubang dibuat dengan menggunakan mesin bor tanpa pipa pelindung (*casing*). Setelah pengeboran dilakukan, dasar lubang bor yang kotor akibat rontokan tanah dibersihkan, lalu dimasukkan tulangan yang telah dirangkai sebelumnya ke dalam lubang bor kemudian di cor.

b. Metode basah

Metode basah umumnya dilakukan apabila pengeboran tanah melewati muka air tanah dimana lubang bor selalu longsor apabila dindingnya tidak ditahan. Untuk menangani longsor, didalam lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung atau larutan polimer. Apabila kedalaman yang diinginkan telah tercapai, maka dilakukan pembersihan pada lubang bor dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi cairan *bentonite*. Dengan pipa tremie, adukan beton dimasukkan ke lubang bor. Larutan *bentonite* yang terdesak dan terangkat ke atas oleh beton dapat ditampung dan digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya.

c. Metode *casing*

Metode *casing* merupakan metode pengeboran yang menggunakan pipa selubung baja (*casing*) untuk menahan lubang supaya tidak longsor. Tahap-tahap pelaksanaan pengeboran dengan metode *casing* yaitu (Fleming et al., 2009):

1. Tulangan dan pipa tremie dimasukkan ke dalam lubang bor saat akan dimulai pengecoran;

2. Pengecoran dimulai dengan menuangkan air hingga kotoran kental tipis di bawah dapat terangkat. Apabila kontribusi kapasitas dukung oleh tahanan ujung signifikan, kotoran kental harus dibersihkan dengan pompa sebelum pengecoran;
3. Air keluar saat pengecoran;
4. Pipa selubung (*casing*) ditarik keluar (bila digunakan *casing* sementara);
5. Pelaksanaan pekerjaan *boredpile* selesai.

### 2.3. Kapasitas Dukung

Analisis kapasitas dukung (bearing capacity) mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban fondasi dari struktur yang terletak di atasnya (Hardiyatmo, 2020). Kapasitas daya dukung tanah sangat penting dalam suatu perencanaan dan pembangunan suatu struktur, terutama fondasi. Dengan mengetahui kapasitas dukung tanah, maka dapat menentukan jenis dan dimensi fondasi yang optimal serta mencegah penurunan tanah yang berlebihan. Tahanan geser yang dapat dikerahkan tanah sepanjang bidang gesernya merupakan tahanan geser untuk melawan penurunan akibat pembebanan yang dinyatakan dalam kapasitas dukung. Dalam perancangan fondasi, perlu memenuhi kriteria stabilitas dan kriteria penurunan dimana perlu mempertimbangkan adanya keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan.

Adapun kriteria yang harus di penuhi dalam merancang fondasi, yaitu:

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah yang harus dipenuhi dalam hitungan kapasitas dukung fondasi;
2. Penurunan fondasi harus masih dalam batas-batas toleransi. Khususnya penurunan yang tidak seragam (*differential settlement*) harus tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur.

Kapasitas dukung izin ( $Q_a$ ) adalah tekanan maksimum yang dapat di bebaskan pada tanah sedemikian rupa sehingga kedua persyaratan diatas terpenuhi. Jadi, bila hitungan kapasitas dukung tanah yang didasarkan pada kapasitas dukung ultimit dibagi faktor aman telah memenuhi, namun penurunan yang terjadi yang dihitung berdasarkan tekanan dari hasil

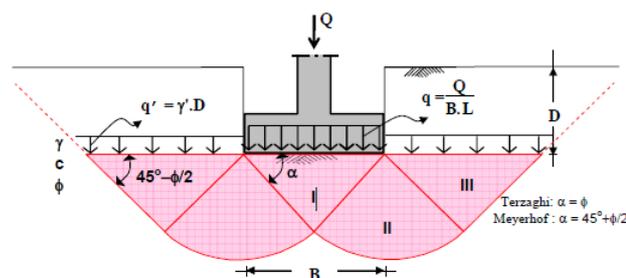
hitungannya kapasitas dukung tanah tersebut melampaui batas toleransi, maka nilai kapasitas dukungnya harus dikurangi sampai penurunan yang terjadi memenuhi syarat.

### 2.3.1. Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal

#### 2.3.1.1. Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal Metode Terzaghi

Perhitungan kapasitas daya dukung batas pondasi dangkal menurut teori ini didasarkan pada asumsi bentuk permukaan bidang keruntuhan geser dibawah pondasi menurus kaku. Metode analisis ini didasarkan ada anggapan bahwa:

1. Pondasi berbentuk memanjang tak terhingga;
2. Tanah di bawah dasar pondasi homogen;
3. Berat tanah diatas dasar pondasi dapat digantikan dengan beban terbagi rata sebesar  $p_o = D_f \gamma$  dengan  $D_f$  adalah kedalaman dasar fondasi dan  $\gamma$  adalah berat volume tanah di atas dasar fondasi;
4. Tahanan geser tanah di atas dasar pondasi diabaikan;
5. Dasar pondasi kasar
6. Bidang keruntuhan terdiri dari lengkung spiral logaritmis dan linier;
7. Baji tanah yang terbentuk di dasar pondasi dalam kedudukan elastis dan dinamis bersama-sama dengan dasar pondasi;
8. Pertemuan antara sisi baji dan dasar pondasi membentuk sudut sebesar sudut gesek dalam tanah;
9. Berlaku prinsip superposisi.



Gambar 2. 2 Bentuk keruntuhan daam analisis kapasitas dukung

Bidang runtuh tersebut digambarkan berdasarkan pergerakan butiran material tanah yang terdesak akibat tekanan diatas pondasi. Daerah keruntuhan dibawah pondasi berdasarkan bentuknya kemudian dibagi menjadi tiga zona, zona I adalah bentuk segitiga tepat dibawah pondasi, zona II berbentuk lengkung spiral logaritmik sebagai daerah peralihan dan zona III berbentuk segitiga sebagai daerah tekanan pasive.

Dengan melakukan analisis kesetimbangan gaya-gaya pada sistem fondasi tanah, kapasitas daya dukung tanah dapat dinyatakan dalam bentuk berikut:

$$q_u = CN_c + D_f\gamma_1N_q + 0,5\gamma_2BN_\gamma \quad (2.2)$$

Dengan

$q_u$  = kapasitas dukung ultimit (kN/m<sup>2</sup>)

$C$  = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$D_f$  = kedalaman fondasi (m)

$\gamma_1$  = berat volume tanah di atas dasar fondasi (kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma_2$  = berat volume tanah di bawah dasar fondasi (kN/m<sup>3</sup>)

$N_c, N_q, N_\gamma$  = faktor kapasitas dukung yang nilainya didasarkan pada sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dari tanah di bawah dasar fondasi.

Tabel 2. 1 Faktor kapasitas dukung Terzaghi (1943)-keruntuhan geser umum

$\varphi^\circ$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\varphi^\circ$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5,70	1	0	26	27,09	14,21	11,35
1	6,00	1,10	0,09	27	29,24	15,90	13,25
2	6,30	1,22	0,18	28	31,61	17,81	15,15
3	6,62	1,35	0,28	29	34,24	19,98	17,44
4	6,97	1,49	0,38	30	37,16	22,46	19,73
5	7,34	1,64	0,50	31	40,41	25,28	23,61
6	7,73	1,81	0,62	32	44,04	28,52	27,49
7	8,15	2,00	0,77	33	48,09	32,23	32,23
8	8,60	2,21	0,91	34	52,64	36,50	36,96
9	9,09	2,44	1,08	35	57,75	41,44	42,40
10	9,61	2,69	1,25	36	63,53	47,16	51,70
11	10,16	2,98	1,48	37	70,01	53,80	62,59
12	10,76	3,29	1,70	38	77,50	61,55	73,47
13	11,41	3,63	1,97	39	85,97	70,61	86,93
14	12,11	4,02	2,23	40	95,67	81,27	100,39
15	12,86	4,45	2,50	41	106,81	93,85	121,04
16	13,68	4,92	2,94	42	119,67	108,75	150,69
17	14,60	5,45	3,41	43	134,58	126,50	186,99
18	15,12	6,04	3,87	44	151,95	147,74	248,29
19	16,57	6,70	4,42	45	172,28	173,28	297,50
20	17,69	7,44	4,97	46	196,22	204,2	426,96
21	18,92	8,26	5,79	47	224,55	241,80	574,79
22	20,27	9,19	6,61	48	258,28	287,86	742,61
23	21,75	10,23	7,60	49	298,71	344,63	947,88
24	23,36	11,40	8,58	50	347,52	415,16	1153,15
25	25,13	12,72	9,97				

### 2.3.1.2. Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal Metode Meyerhof

Meyerhof (1963) menyarankan persamaan kapasitas dukung dengan mempertimbangkan bentuk fondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah di atas fondasi. Persamaan kapasitas dukung tersebut yaitu:

$$q_u = s_c d_c i_c c N_c + s_q d_q i_q p_o N_q - s_\gamma d_\gamma i_\gamma 0,5 B' \gamma N_\gamma \quad (2.3)$$

Dengan

$q_u$  = kapasitas dukung ultimit (kN/m<sup>2</sup>)

$N_c, N_q, N_\gamma$  = faktor kapasitas dukung

$s_c, s_q, s_\gamma$  = faktor bentuk fondasi

$d_c, d_q, d_\gamma$  = faktor kedalaman fondasi

$i_c, i_q, i_\gamma$  = faktor kemiringan beban

$B'$  = B-2e=lebar fondasi efektif (m)

$p_o$  =  $D_f \gamma$  = tekanan overburden pada dasar fondasi (kN/m<sup>2</sup>)

$D_f$  = kedalaman fondasi (m)

$\gamma$  = berat volume tanah di atas dasar fondasi (kN/m<sup>2</sup>)

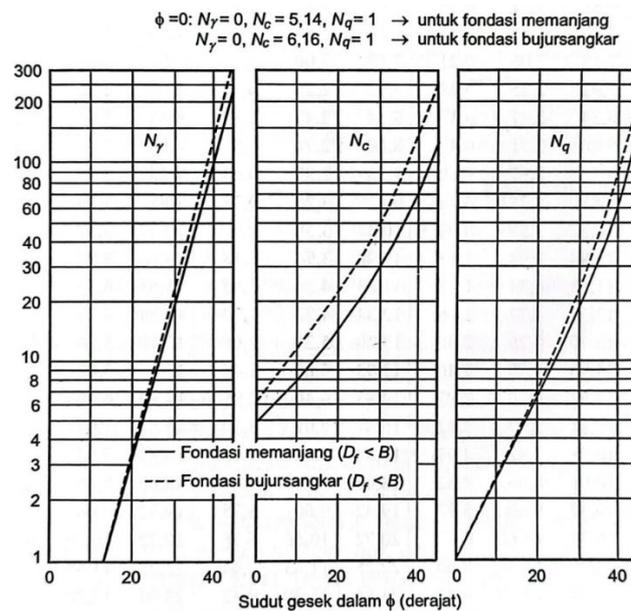
Faktor-faktor kapasitas dukung yang diusulkan oleh Meyerhof (1963) adalah:

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \varphi \quad (2.4)$$

$$N_q = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) e^{\pi \operatorname{tg} \varphi} \quad (2.5)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1,4\varphi) \quad (2.6)$$

Nilai-nilai faktor kapasitas dukung untuk dasar fondasi kasar yang berbentuk memanjang dan bujursangkar dapat dinyatakan dalam gambar dan tabel dibawah.



Gambar 2. 3 Faktor-faktor kapasitas dukung meyerhof (1963)

Sedang untuk tabel dibawah ini merupakan faktor kaasitas dukung yang diusulkan oleh Meyerhof dan sekaligus peneliti lain seperti Brinch Hansen dan

Vesic yang mana menunjukkan nilai faktor kapasitas dukung tanah untuk fondasi memanjang.

Tabel 2. 2 Faktor Kapasitas Dukung Meyerhoff (1963)

$\varphi(\text{o})$	Meyerhof (1963)		
	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5,14	1,00	0
1	5,38	1,09	0,00
2	5,63	1,20	0,01
3	5,90	1,31	0,02
4	6,19	1,43	0,04
5	6,49	1,57	0,07
6	6,81	1,72	0,11
7	7,16	1,88	0,15
8	7,53	2,06	0,21
9	7,92	2,25	0,28
10	8,34	2,47	0,37
11	8,80	2,71	0,47
12	9,28	2,97	0,60
13	9,81	3,26	0,74
14	10,37	3,59	0,92
15	10,98	3,94	1,13
16	11,63	4,34	1,37
17	12,34	4,77	1,66
18	13,10	5,26	2,00
19	13,93	5,80	2,40
20	14,83	6,40	2,87
21	15,81	7,07	3,42
22	16,88	7,82	4,07
23	18,05	8,66	4,82
24	19,32	9,60	5,72
25	20,72	10,66	6,77
26	22,25	11,85	8,00
27	23,94	13,20	9,46
28	25,80	14,72	11,19
29	27,86	16,44	13,24
30	30,14	18,40	15,67
31	32,67	20,63	18,56

$\varphi(\text{o})$	Meyerhof (1963)		
	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
32	35,49	23,18	22,02
33	38,64	26,09	26,17
34	42,16	29,44	31,15
35	46,12	33,30	37,15
36	50,59	37,75	44,43
37	55,63	42,92	53,27
38	61,35	48,93	64,07
39	67,87	55,96	77,33
40	75,31	64,20	93,69
41	83,86	73,90	113,99
42	93,71	85,37	139,32
43	105,11	99,01	171,14
44	118,37	115,31	211,41
45	133,87	134,87	262,74
46	152,10	158,50	328,73
47	173,64	187,21	414,33
48	199,26	222,30	526,45
49	229,92	265,50	674,92
50	266,88	319,06	873,86

Faktor-faktor lain yang digunakan dalam penentuan kapasitas dukung tanah metode Meyerhof yaitu:

Tabel 2. 3 Faktor bentuk fondasi Meyerhoff (1963)

Faktor bentuk	Nilai	Keterangan
$s_c$	$1 + 0,2 (B/L) \text{tg}^2(45 + \varphi/2)$	Untuk sembarang $\varphi$
$s_q = s_\gamma$	$1 + 0,1 (B/L) \text{tg}^2(45 + \varphi/2)$	Untuk $\varphi \geq 10^\circ$
	1	Untuk $\varphi = 0$

Tabel 2. 4 Faktor kedalaman fndasi Meyerhoff (1963)

Faktor kedalaman	Nilai	Keterangan
$d_c$	$1 + 0,2 (D/B) \text{tg}(45 + \varphi/2)$	Untuk sembarang $\varphi$
$d_q = d_\gamma$	$1 + 0,1 (D/B) \text{tg}(45 + \varphi/2)$	Untuk $\varphi \geq 10^\circ$
	1	Untuk $\varphi = 0$

Tabel 2. 5 Faktor kemiirngan beban Meyerhoff (1963)

Faktor kemiringan beban	Nilai	Keterangan
$i_c = i_q$	$\left(1 - \frac{\delta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	Untuk sembarang $\varphi$
$i_\gamma$	$\left(1 - \frac{\delta^\circ}{\varphi}\right)^2$	Untuk $\varphi \geq 10^\circ$
	1	Untuk $\varphi = 0$

Catatan:  $\delta$  = sudut kemiringan beban terhadap garis vertikal.

### 2.3.2. Kapasitas Dukung Fondasi Dalam

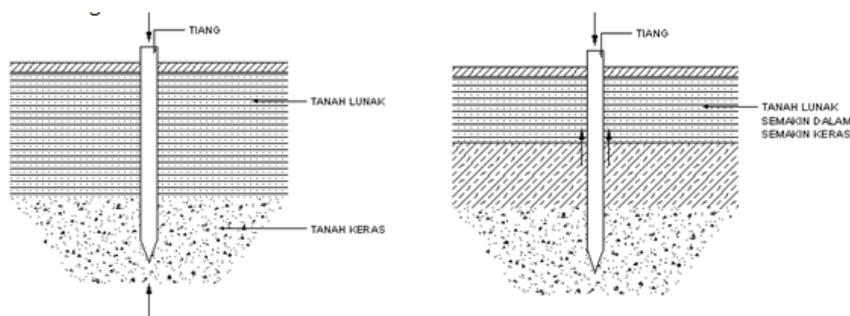
Kapasitas dukung tiang pada fondasi tiang apabila dibagi berdasarkan peninjauan cara mendukungnya, maka tiang dukung dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu (Hardiyatmo, 2020):

#### a. Tiang dukung ujung (*end bearing pile*)

Tiang dukung ujung merupakan tiang dengan kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya, tiang dukung ujung berada dalam zona tanah yang lunak dimana tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan tanah keras, sehingga dapat mendukung beban yang diperkirakan dengan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan. Adapun kapasitas dukung tiang, ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada di bawah ujung tiang.

#### b. Tiang gesek (*friction pile*)

Tiang gesek merupakan tiang dengan kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara sisi tiang dan tanah di sekitarnya. Tahanan gesek dan pengaruh konsolidasi lapisan tanah di bawahnya diperhitungkan pada hitungan kapasitas dukung tiang.



Gambar 2. 4. Tiang yang ditinjau dari cara Mendukung Beban

Kapasitas dukung tiang ultimit netto tiang ( $Q_{ult}$ ) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s - W_p \quad (2.7)$$

$$Q_{ult} = A_b f_b + A_s f_s - W_p \quad (2.8)$$

Dimana

$Q_{ult}$  = kapasitas dukung ultimit netto (kN)

$Q_b$  = tahanan ujung bawah ultimit (kN)

$Q_s$  = tahanan gesek ultimit (KN)

$A_b$  = luas ujung bawah tiang (cm<sup>2</sup>)

$A_s$  = luas selimut tiang (cm<sup>2</sup>)

$f_b$  = tahanan ujung satuan tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_s$  = tahanan gesek satuan tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

$W_p$  = berat sendiri tiang (kN)

Untuk memperoleh kapasitas dukung ijin tiang, dapat dilakukan pembagian antara kapasitas dukung ultimit tiang dengan faktor aman tertentu yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Q_a = \frac{Q_{ult}}{F} \quad (2.9)$$

Dimana:

$Q_a$  = kapasitas dukung ijin tiang

F = faktor aman

### 2.3.2.1. Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Metode Meyerhoff

Fleming et al. (2009) menyarankan untuk tiang pancang yang ujungnya tertutup maka tahanan ujung satuan tiang sama dengan tahanan konus ( $q_c$ ) namun untuk tiang pancang yang ujungnya terbuka atau tiang bor, tahanan ujung satuan

tiang diambil 70% nya. Pada umumnya tahanan gesek bergantung pada bahan tiang dan jenis tanahnya. Namun beberapa peneliti menyarankan untuk tahanan gesek satuan tiang diambil sama dengan tahanan gesek local sisi konus ( $q_c$ ).

#### a. Tahanan ujung

Tahanan ujung pada metode meyerhoff dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$f_b = \omega_1 \omega_2 q_{ca} \quad (2.10)$$

Perhitungan tahanan ujung ultimit tiang dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$Q_b = A_b f_b \quad (2.11)$$

Dimana:

$f_b$  = tahanan ujung satuan tiang ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\omega_1$  = koefisien modifikasi tiang, diambil 1

$\omega_2$  = koefisien modifikasi tiang, diambil 1

$q_{ca}$  = tahanan konus ( $q_c$ ) rata-rata ( $\text{kN/m}^2$ )

$Q_b$  = tahanan ujung bawah ultimit (kN)

$A_b$  = luas ujung bawah tiang ( $\text{cm}^2$ )

#### b. Tahanan gesek

Tahanan gesek satuan tiang ( $f_s$ ) untuk fondasi tiang, diambil dari salah satu persamaan berikut:

$$f_s = K_f + q_f \quad \text{dengan } K_f=1 \quad (2.12)$$

pabila dilakukan pengukuran tahanan gesek sisi konus, tahanan gesek dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$f_s = K_c + q_c \quad \text{dengan } K_c=0,005 \quad (2.13)$$

Dimana:

$f_s$  = tahanan gesek satuan tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

$K_f$  = koefisien modifikasi tahanan gesek sisi konus

$K_c$  = koefisien modifikasi tahanan konus

Khusus untuk fondasi tiang bor, Meyerhof menyarankan menggunakan reduksi 70% dan 50% dalam menghitung tahanan gesek tiang dengan menggunakan persamaan (2.12) dan (2.13).

Perhitungan tahanan gesek ultimit tiang, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_s = \sum A_s f_s \quad (2.14)$$

Dimana:

$Q_s$  = tahanan gesek ultimit (kN)

$A_s$  = luas selimut tiang (cm<sup>2</sup>)

$f_s$  = tahanan gesek satuan tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

### 2.3.2.2. Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Metode Schmertmann & Nottingham (1975)

Kapasitas dukung ultimit  $Q_{ult}$  dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{ult} = A_b f_b + A_s f_s - W_p \quad (2.15)$$

$$Q_{ult} = A_b \omega q_{ca} + A_s K_f q_f - W_p \quad (2.16)$$

Dimana:

$A_b$  = Luas penampang tiang (cm<sup>2</sup>)

$A_s$  = Luas selimut tiang (cm<sup>2</sup>)

$f_b$  = Tahanan ujung satuan (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_s$	= Tahanan gesek satuan (kg/cm <sup>2</sup> )
$q_{ca}$	= Tahanan konus rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
$q_f$	= Tahanan gesek sisi konus (kg/cm <sup>2</sup> )
$K_f$	= Koefisien takberdimensi
$\omega$	= Koefisien Korelasi

#### a. Tahanan Ujung Satuan

Dalam metode Schmertmann & Nottingham (1975) tahanan ujung tiang persatuan luas, diperoleh dari nilai rata-rata  $q_c$  disepanjang 8d diatas dasar tiang sampai 0,7d atau 4d dibawah tiang. Langkah-langkah penentuan  $q_{ca}$  adalah sebagai berikut:

1. Perhatikan diagram tahanan kerucut  $q_c$  perkedalamannya dan pilihlah kedalaman sementara yang dianggap mendekati kapasitas ultimit bahan tiang yang dipakai.
2. Pada kedalaman tiang yang ditinjau, perhatikan tahanan konus rata-rata  $q_c$  diambil pada jarak 8d diatas kedalaman ujung tiang dan 4d dibawahnya.
3. Tentukan  $q_{c1}$  dengan menghitung nilai rata-rata tahanan kerucut  $q_c$  disepanjang garis patah-patah pada zona 8d diatas dasar tiang. Lintasan garis patah-patah menunjukkan pengambilan nilai-nilai  $q_c$  yang mewakili dan diperkirakan aman.
4. Telusuri lintasan garis patah-patah sedalam 4d dibawah tiang. Tentukan  $q_{c2}$  dengan menghitung  $q_c$  rata-rata disepanjang garis tersebut.
5. Hitung,  $q_{ca} = \frac{1}{2} q_{c1} + q_{c2}$
6. Dengan menggunakan nilai-nilai pada tabel 2.4, tentukan  $\omega$  guna memeperhatikan pengaruh kadar kerikil atau OCR.
7. Hitung tahanan ujung satuan dengan persamaan:

$$f_b = \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (15.000 kN/m}^2\text{)} \quad (2.17)$$

Dimana:

$f_b$  = Tahanan ujung satuan (kg/cm<sup>2</sup>)

$\omega$  = Koefisien korelasi yang bergantung pada OCR (tabel)

$$q_{ca} = \frac{1}{2} q_{c1} + q_{c2}$$

$q_{c1}$  =  $q_c$  rata-rata pada zona  $0,7d$  atau  $4d$  dibawah dasar tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

$q_{c2}$  =  $q_c$  rata-rata pada zona  $8d$  diatas dasar tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

Tabel 2. 6 Faktor  $\omega$  (deRuiter dan Beringen, 1979 dalam Bowles, 1996)

Kondisi Tanah	Faktor $\omega$
Pasir terkonsolidasi normal (OCR = 1)	1
Pasir mengandung banyak kerikil kasar; Pasir dengan OCR = 2 sampai 4	0,67
Kerikil halus; pasir dengan OCR = 6 sampai 10	0,5

#### b. Tahanan Gesek Satuan

Tahanan gesek satuan merupakan tahanan yang ditentukan dari gesekan local sisi konus, dimana dituangkan dalam persamaan berikut:

$$f_s = K_f q_f \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2.18)$$

Dimana:

$f_s$  = Tahanan gesek satuan (kg/cm<sup>2</sup>), nilainya dibatasi sampai 1,2 kg/cm<sup>2</sup> (120kPa)

$K_f$  = Koefisien tak berdimensi

$q_f$  = Tahanan gesek sisi konus (*sleeve friction*) (kg/cm<sup>2</sup>)

Bila tiang dalam pasir,  $K_f$  bergantung pada rasio  $L/d$  ( $L$ = kedalaman, dan  $d$ = diameter tiang). Di dalam kedalaman  $8d$  pertama dari permukaan tanah,  $K_f$  diinterpolasi dari nol di permukaan tanah sampai 2,5 di kedalaman  $8d$ . lebih bawah dari kedalaman ini, nilai

$K_f$  berkurang 2,5 sampai 0,891 pada kedalaman 20d, atau dianggap saja secara keseluruhan  $K_f=0,9$ .

Metode yang lain, untuk tiang dalam tanah pasir (tidak berlaku untuk lempung), gesek satuan dapat ditentukan dari tahanan konus  $q_c$ :

$$f_s = K_c q_c \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (2.19)$$

Dimana:

$f_s$  = Tahanan gesek satuan (kg/cm<sup>2</sup>), max 1,2 kg/cm<sup>2</sup> (120kPa)

$q_c$  = Tahanan konus (kg/cm<sup>2</sup>)

$K_c$  = Koefisien tak berdimensi (tergantung pada tipe tiang)

Tiang baja ujung bawah terbuka,  $K_c = 0,8\%$

Tiang pipa ujung bawah tertutup,  $K_c = 1,8\%$

Tiang beton,  $K_c = 1,2\%$

### 2.3.3. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Dalam hal stabilitas kelompok tiang tergantung dari 2 hal yaitu kapasitas dukung tanah di sekitar dan di bawah kelompok tiang dalam mendukung beban total struktur serta pengaruh penurunan konsolidasi tanah yang terletak di bawah kelompok tiang. Apabila dasar kelompok tiang pada lapisan keras penurunan kelompok tiang akan sama dengan penurunan tiang tunggal. Apabila tiang tunggal luas zona tertekan untuk kelompok tiang, maka penurunan kelompok tiang menjadi lebih besar dari pada penurunan tiang tunggal (Hardiyatmo, 2020).

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

$$Q_g = E_g n Q_u \quad (2.20)$$

Dimana:

$Q_g$  = kapasitas dukung kelompok tiang

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang

$n$  = jumlah tiang

$Q_u$  = kapasitas dukung ultimit tiang tunggal

Dalam hal menentukan jumlah tiang dapat digunakan persamaan sebagai berikut ini:

$$n = \frac{P}{Q_a} \quad (2.21)$$

Dimana:

$P$  = beban yang bekerja

$Q_a$  = kapasitas dukung ijin tiang

Jarak antar tiang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L.):

$$S \geq 2,5 D \quad (2.22)$$

$$S \leq 3 D \quad (2.23)$$

Dimana:

$S$  = Jarak pusat tiang ke pusat tiang lainnya

$D$  = diameter tiang (m)

Jarak antar tiang dalam suatu kelompok tiang disyaratkan dengan minimum 0,6m-2,0m. Hal tersebut didasarkan oleh pertimbangan berikut:

a. Apabila  $S \geq 2,5 D$

Tanah di sekitar kelompok tiang tersebut akan mengalami kenaikan yang berlebihan. Kenaikan tersebut disebabkan oleh tiang-tiang yang dipancang berdekatan maka pada pemasangannya tiang yang dipancang terlebih dahulu akan terangkat.

b. Apabila  $S \leq 3 D$

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

#### 2.3.4. Efisiensi Kelompok Tiang Bor

Efisiensi kelompok tiang bor dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$E_g = 1 - \emptyset \frac{(n - 1)m + (m - 1)n}{90 \times m \times n} \quad (2.24)$$

Dimana:

- $E_g$  = efisiensi kelompok tiang bor
- $m$  = jumlah baris tiang
- $n$  = jumlah tiang dalam satu baris
- $\emptyset$  = Arc tg D/S dalam derajat
- $D$  = Diameter *boredpile*
- $S$  = Jarak antar *boredpile*

Loehr et al. (2011) menyarankan untuk kelompok tiang bir yang berada dalam tanah granuler (pasir) dan tanah kohesif (lempung), nilai efisiensi tiang  $E_g$  menggunakan tabel 2.7 dimana faktor-faktor efisiensi tersebut digunakan, baik untuk *pile cap* yang menyentuh tanah ataupun tidak menyentuh tanah.

Tabel 2. 7 Efisiensi tiang bor ( $d$  = jarak as-as tiang bor) (Loehr et al., 2011)

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

#### 2.4. Penurunan Fondasi

Penurunan (*settlement*) terjadi karena lapisan tanah terbebani dan tanah mengalami regangan. Hal tersebut dapat terjadi karena berubahnya susunan tanah dan berkurangnya

rongga pori dalam tanah. Demikianlah juga terjadi dengan fondasi tiang, saat tiang terbebani, tiang akan mengalami pemendekan dan tanah disekitarnya akan mengalami penurunan. Beberapa sebab terjadinya penurunan akibat pembebanan yang bekerja diatas tanah antara lain:

1. Kegagalan atau keruntuhan geser akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah.
2. Kerusakan atau terjadinya defleksi yang besar pada fondasi.
3. Distorsi geser (shear distortion) dari tanah pendukungnya, dan
4. Penurunan tanah akibat perubahan angka pori

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

#### 2.4.1. Penurunan Pondasi Dangkal

Schmertmann et al. (1978) menyarankan dalam perhitungan penurunan fondasi pada tanah granuler dengan hasil uji penetrasi kerucut statis (uji sondir) dengan persamaan berikut:

$$S_i = C_1 C_2 q_n \sum_0^{2B} \frac{I_z}{E} \Delta z \quad (2.25)$$

Dengan:

$C_1$  = Faktor koreksi kedalaman

$C_2$  = Faktor rangkak (creep)

$q_n$  = Tekanan fondasi netto (kN/m<sup>2</sup>)

$B$  = Lebar fondasi (m)

$I_z$  = Faktor pengaruh regangan lateral (Gambar 2.5)

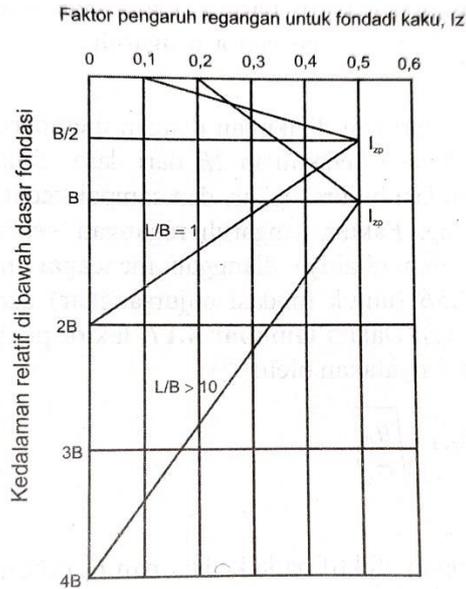
$E$  = Modulus elastis tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$\Delta z$  = Ketebalan lapisan (m)

Faktor koreksi kedalaman dihitung dengan persamaan :

$$C_1 = 1 - 0,5 \left( \frac{P'_o}{q_n} \right) \quad (\text{dengan } C_1 \geq 0,5) \quad (2.26)$$

Dengan  $P'_o$  adalah tekanan overburden efektif pada dasar fondasi.



Gambar 2. 5 Diagram faktor pengaruh regangan untuk fondasi kaku berbentuk bujursangkar dan memanjang (schmertmann et al.,1978)

Faktor koreksi akibat rangkai dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_2 = 1 - 0,2 \log \left( \frac{t}{0,1} \right) \quad (2.27)$$

Dengan  $t$  adalah waktu yang ditinjau yang dinyatakan dalam tahun.

## 2.4.2. Penurunan Fondasi Tiang

### 2.4.2.1. Penurunan Fondasi Tiang Tunggal

Perhitungan penurunan fondasi tiang tunggal dihitung berdasarkan metode empiris Vesic, 1970 yang dapat dilihat dari persamaan dibawah:

$$S = \frac{d}{100} + \frac{q \cdot L}{A_p E_p} \quad (2.28)$$

Dengan:

$S$  = Penurunan total kepala tiang

$d$  = diameter tiang

$L$  = panjang tiang

$q$  = beban yang bekerja

$A_p$  = luas penampang tiang

$E_p$  = modulus elastis tiang

#### 2.4.2.2. Penurunan Kelompok Tiang

Penurunan fondasi tiang kelompok lebih besar dari penurunan fondasi tiang tunggal. Menurut Vesic (1977) penurunan fondasi tiang kelompok dapat di lihat pada persamaan dibawah.

$$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{D}} \quad (2.29)$$

dengan :

$S_g$  = Penurunan fondasi kelompok tiang

$S$  = Penurunan fondasi tiang tunggal

$B_g$  = Lebar Kelompok Tiang

$D$  = Diameter tiang tunggal

#### 2.4.2.3. Penurunan yang Diizinkan

Menurut marban (2009) penurunan yang diizinkan dipengaruhi oleh beberapa factor. Faktor tersebut antara lain tinggi, jenis, kekakuan, dan fungsi bangunan serta besar dan kecepatan penurunannya. Jika penurunan berjalan lambat, semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan pada strukturnya oleh pengaruh rangkakan.

Penurunan izin  $< 15 \text{ cm} + b/600$  (b dalam satuan cm) untuk bangunan tinggi dan bisa dibuktikan struktur atas masih aman. Beda penurunan (*differential settlement*) yang diperkirakan akan terjadi harus ditentukan secara saksama dan *konservatif*, serta pengaruhnya terhadap bangunan gedung tinggi di atasnya harus dicek untuk menjamin bahwa beda penurunan tersebut masih memenuhi kriteria kekuatan dan kempulayanan sebesar 1/300. Dimana perbandingan penurunan yang aman adalah  $S_{total} \leq S_{izin}$  yang dapat dilihat pada persamaan:

$$S_{izin} = 10\% \cdot D \quad (2.30)$$

## 2.5. Faktor Aman

Dalam suatu perancangan bangunan, beban yang harus dapat didukung oleh fondasi bangunan merupakan beban struktur yang relatif kecil apabila dibandingkan dengan beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan kapasitas dukung. Nilai daripada kapasitas dukung aman ditentukan dari hitungan kapasitas dukung ultimit yang telah dibagi dengan faktor aman. Hal tersebut dihitung untuk memberikan keamanan terhadap hal-hal berikut:

- a. Nilai kuat geser tanah pada kondisi alamnya yang bervariasi dari lapisan satu dengan lapisan yang lainnya;
- b. Ketidaktentuan dari ketelitian hasil pengujian kuat geser tanah di laboratorium dan penggunaan persamaan kapasitas dukung tanah ataupun dengan cara empiris yang digunakan dalam perhitungan;
- c. Penurunan yang berlebihan; dan
- d. Kerusakan tanah secara lokal yang terjadi pada waktu pelaksanaan pembangunan fondasi yang dapat mengakibatkan pengurangan kapasitas dukung.

Perhitungan nilai kapasitas dukung ijin tiang ( $Q_a$ ) dilakukan setelah perhitungan kapasitas dukung ultimit ( $Q_{ult}$ ) ditemukan. Dimana kapasitas dukung ijin tiang ( $Q_a$ ) dihitung dengan cara membagi dengan factor aman (F) sama dengan 2,5 – 3. Tomlinson (1977) menyarankan faktor aman untuk tiang bor:

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

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \quad (2.31)$$

Untuk tiang tanpa pembesaran di bagian bawahnya:

$$Qa = \frac{Qu}{2} \quad (2.32)$$

Faktor aman (F) untuk tiang bor juga bergantung pada hasil uji beban statis, kondisi tanah, dan ketelitian program penyelidikan tanah. Nilai-nilai faktor aman tiang bor yang di sarankan oleh Coduto (2001) dan Hannigan et al. (1997) di tunjukkan dalam table berikut:

Informasi dalam perancangan			Faktor Aman	
Uji Beban Statis	Kondisi Tanah	Program Penyelidikan Lokasi	Beban ke bawah (Tekan)	Beban ke atas (Tarik)
Ya	Seragam	Teliti	2,0*	3,0*
Ya	Tidak Teratur	Rata-rata	2,5	4,0
Tidak	Seragam	Teliti	2,5	5,0
Tidak	Seragam	Rata-rata	3,0	6,0
Tidak	Tidak Teratur	Teliti	3,0	6,0
Tidak	Tidak Teratur	Rata-rata	3,5	6,0

Tabel 2. 8 Faktor aman untuk tiang bor (Coduto, 2001; Hannigan Et Al, 1997).

\*jika uji beban statis sangat teliti dan kondisi sifat-sifat tanah dapat diidentifikasi dengan baik, factor aman beban kebawah dapat di reduksi 1,7 kalinya dan beban keatas 2,5 kalinya.

Nilai-nilai pada table diatas berlaku untuk bangunan-bangunan pada umumnya. Untuk bangunan khusus, maka nilai faktornya dapat di tambah atau di kurangi.

## 2.6. Pembebanan dengan SAP 2000

Program SAP merupakan salah satu software yang dikenal dalam dunia teknik terutama dalam bidang analisis struktur dan elemen hingga (finite elemen). Analisis yang dapat dilakukan dengan SAP2000 ini meliputi analisis statik dan analisis dinamik. Analisis model struktur dapat dilakukan secara 2 dimensi dan 3 dimensi. Analisis pembebanan dilakukan untuk mengetahui besar beban yang akan diteruskan dari struktur atas ke struktur bawah atau struktur fondasi. Dengan program SAP 2000, beban dan gaya yang bekerja pada suatu struktur dapat diketahui dan diperhitungkan. Dalam hal ini, beberapa peraturan yang akan digunakan yaitu Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung SNI 2847:2019, Peraturan Perencanaan Tahan Gempa untuk Gedung SNI 1726:2019, dan Beban Desain

Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2020.

Adapun beban-beban yang diperhitungkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Beban mati

Beban mati (*dead load*) merupakan berat mati dengan berat beban yang konstan dalam seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang dimana beban tersebut ditumpu oleh komponen struktur.

2. Beban hidup

Beban hidup merupakan beban yang tidak tetap diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan.

3. Beban gempa

Beban gempa merupakan beban beban *static ekuivalen* yang bekerja pada suatu struktur yang diakibatkan oleh pergerakan tanah dengan adanya gempa bumi dimana gempa tersebut dapat mempengaruhi struktur.

Suatu elemen struktur keseluruhannya harus direncanakan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat timbul selama bangunan berfungsi, sehingga perlu diperiksa terhadap keseluruhan kondisi pembebanan yang mungkin dapat terjadi. Adapun kombinasi yang digunakan yaitu:

1.  $1,4 DL + 1,4 SDL$
2.  $1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 LL$
3.  $1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ex + 0,3 Ey$
4.  $1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ex - 0,3 Ey$
5.  $1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL - 1,0 Ex + 0,3 Ey$
6.  $1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL - 1,0 Ex - 0,3 Ey$
7.  $1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ey + 0,3 Ex$
8.  $1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ey - 0,3 Ex$
9.  $1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL - 1,0 Ey + 0,3 Ex$
10.  $1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL - 1,0 Ey - 0,3 Ex$
11.  $0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex + 0,3 Ey$

12.  $0,76 \text{ DL} + 0,76 \text{ SDL} + 1,0 \text{ Ex} - 0,3 \text{ Ey}$

13.  $0,76 \text{ DL} + 0,76 \text{ SDL} - 1,0 \text{ Ex} + 0,3 \text{ Ey}$

14.  $0,76 \text{ DL} + 0,76 \text{ SDL} - 1,0 \text{ Ex} - 0,3 \text{ Ey}$

15.  $0,76 \text{ DL} + 0,76 \text{ SDL} + 1,0 \text{ Ey} + 0,3 \text{ Ex}$

16.  $0,76 \text{ DL} + 0,76 \text{ SDL} + 1,0 \text{ Ey} - 0,3 \text{ Ex}$

17.  $0,76 \text{ DL} + 0,76 \text{ SDL} - 1,0 \text{ Ey} + 0,3 \text{ Ex}$

18.  $0,76 \text{ DL} + 0,76 \text{ SDL} - 1,0 \text{ Ey} - 0,3 \text{ Ex}$

19.  $1,2 \text{ DL} + 1,2 \text{ SDL} + 1,0 \text{ LL}$

20. Envelope

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Metodologi Penelitian**

Metode merupakan suatu cara atau langkah-langkah sistematis yang digunakan dalam menganalisis dan memecahkan masalah secara ilmiah. Hasil analisis fondasi pada penelitian ini nantinya dapat memberikan saran dalam penggunaan fondasi yang optimal dalam pembangunan gedung yang mana didasarkan pada aspek teknis dan biaya. Metode analisis yang digunakan dalam menganalisis kapasitas dukung fondasi dan penurunan fondasi yang mengambil objek di Proyek Pembangunan Gedung Rektorat Undaris yaitu dengan pendekatan empiris berdasarkan metode dari berbagai ahli. Analisis kapasitas dukung tanah pada fondasi dangkal yaitu dengan Metode Meyerhof dan Metode Terzaghi serta untuk analisa kapasitas dukung fondasi dalam menggunakan Metode Meyerhof dan Metode Schmertmann & Nottingham. Struktur gedung tersebut juga dilakukan pengecekan penurunan yang terjadi sehingga struktur diharapkan dapat menahan beban yang berasal dari struktur di atasnya dengan optimal.

#### **3.2. Metode Pengumpulan Data**

Pengumpulan data diperlukan untuk mengetahui dan menganalisis kapasitas daya dukung dan penurunan fondasi baik fondasi dangkal ataupun fondasi dalam yang terjadi pada Proyek Pembangunan Gedung Rektorat Undaris. Adapun data yang digunakan untuk menganalisis adalah data primer dan data sekunder. Adapun data primer yang dimaksud yaitu data hasil observasi lapangan dan dokumentasi lapangan, sedangkan data sekunder yaitu data hasil Uji Sondir atau Uji CPT (*Cone Penetration Test*) di lokasi proyek.

#### **3.3. Tahapan Penelitian**

Dalam analisis yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini, digunakan analisis kapasitas daya dukung dan penurunan fondasi yang didasarkan pada hasil Uji Sondir atau Uji CPT (*Cone Penetration Test*). Adapun tahapan penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Observasi

Metode Observasi dilakukan dengan survei atau pengamatan langsung ke lokasi proyek untuk memperoleh data yang berhubungan dengan data teknis.

## 2. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk acuan analisa setelah subjek ditentukan dimana studi pustaka merupakan landasan teori untuk analisa yang mengacu pada buku, pendapat dan teori yang berhubungan dengan penelitian.

## 3. Pengumpulan Data

Data merupakan faktor yang penting dalam pemilihan dan penentuan jenis pekerjaan yang akan dipilih dalam suatu perencanaan pekerjaan konstruksi. Pada penelitian ini, data diperoleh dari Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman. Dalam hal ini, data yang diperoleh yaitu Data Uji Sondir atau Uji CPT (*Cone Penetration Test*).

## 4. Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan dilakukan untuk mengetahui besar beban yang akan ditumpu oleh fondasi. Pada analisis pembebanan ini dilakukan dengan bantuan software (aplikasi komputer) yaitu SAP 2000. Pengoperasian aplikasi ini dilakukan dengan memasukkan data struktur gedung dan beban yang bekerja pada struktur tersebut. Dengan begitu, dapat diperoleh hasil pembebanan yang akan digunakan dalam analisis fondasi.

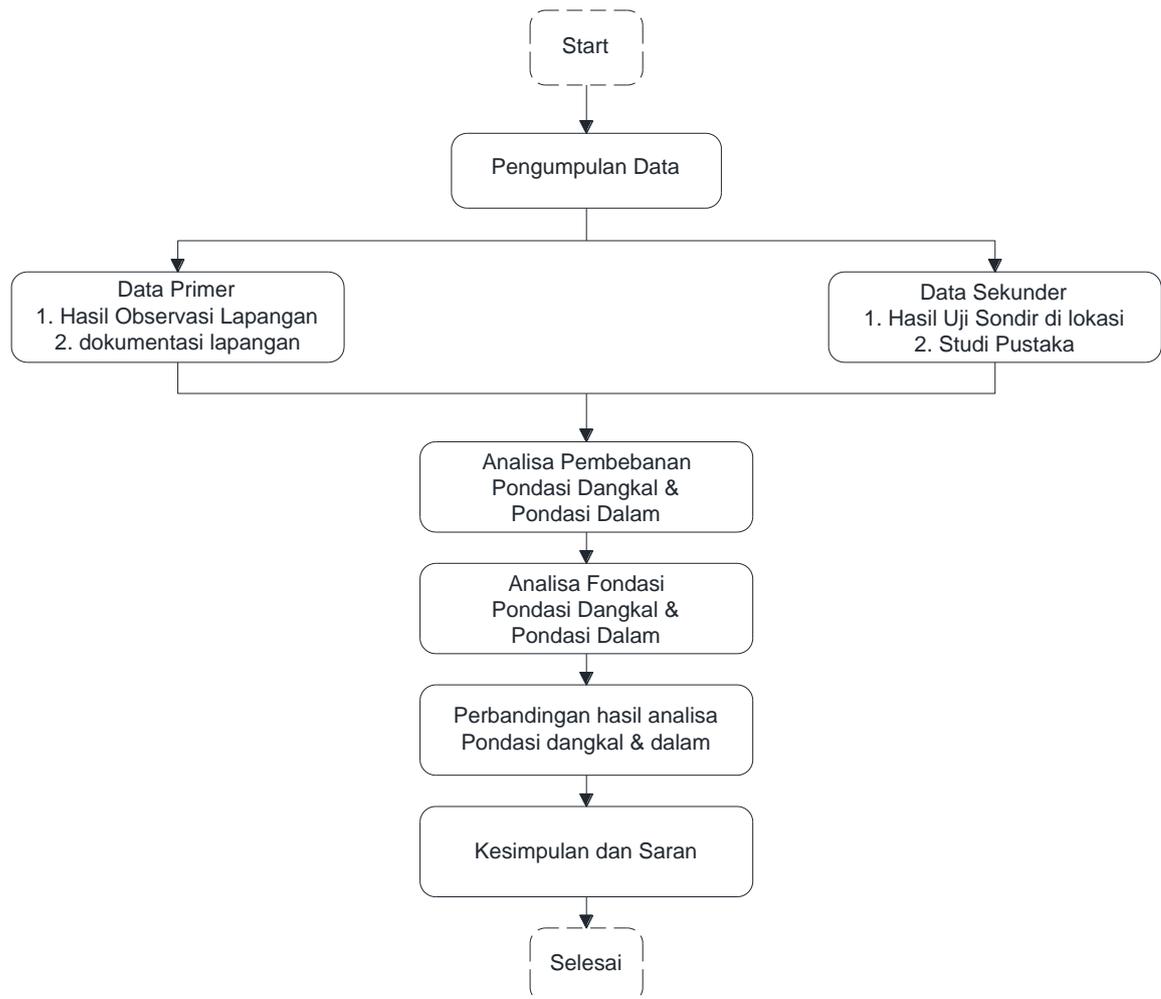
## 5. Analisis Fondasi

Analisis data dan perhitungan kapasitas daya dukung fondasi dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu Metode Meyerhof dan Metode Terzaghi digunakan untuk analisis fondasi dangkal dan Metode Meyerhof dan Metode Schmertmann & Nottingham untuk analisis fondasi dalam. Dimana metode tersebut didasarkan hasil Uji Sondir atau Uji CPT (*Cone Penetration Test*). Adapun Langkah-langkah yang diambil selanjutnya yaitu perhitungan penurunan fondasi.

### **3.4. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian akan dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data serta studi literatur, analisis data dan perhitungan pembebanan menggunakan aplikasi SAP2000, serta perhitungan kapasitas daya dukung dan penurunan fondasi yang dilakukan

berdasarkan hasil Uji Sondir atau Uji CPT (Cone Penetration Test), hasil dan pembahasan serta kesimpulan dan saran. Adapun bagan tahapan penelitian ini yaitu:



Gambar 3. 1 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

## BAB IV

### ANALISIS DAN PERHITUNGAN

#### 4.1. Spesifikasi Material Yang Digunakan

Material yang digunakan pada rencana pembangunan Gedung Rektorat Undaris yaitu:

##### 1. Material beton

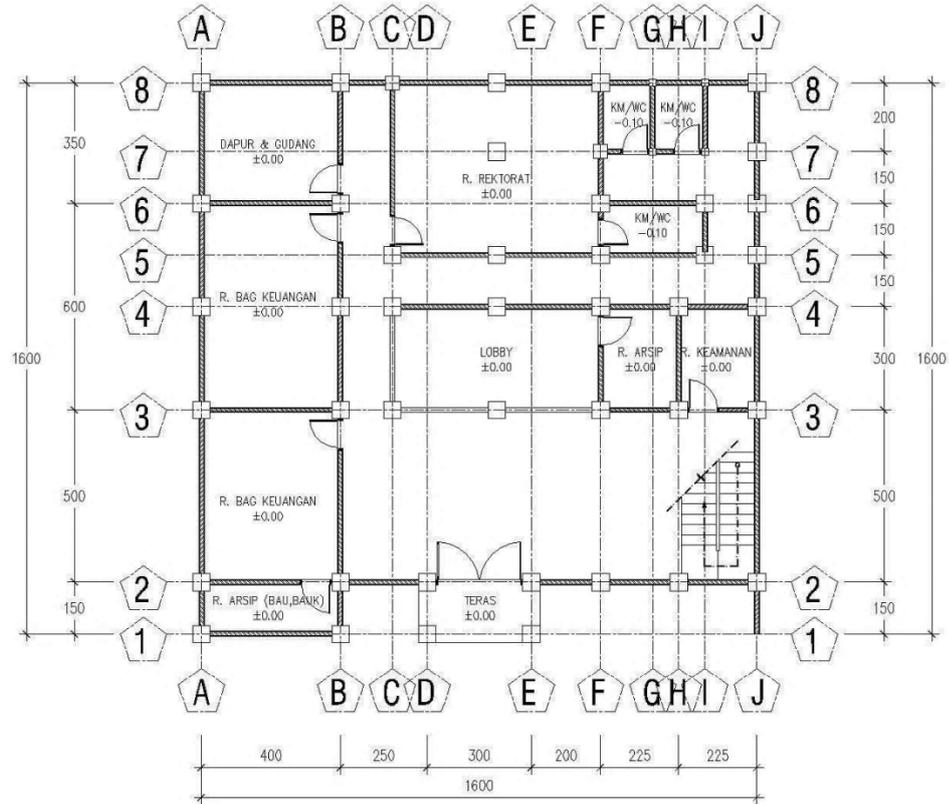
- Kuat tekan beton,  $f_c'$  = 25 MPa
- Modulus elastisitas beton,  $E_c$  =  $4700\sqrt{f_c'}$  = 23500,00 Mpa
- Poisson ratio beton,  $\nu_c$  = 0,2
- Berat jenis beton,  $\lambda_c$  = 24 kN/m<sup>3</sup>

##### 2. Material baja tulangan

- Tulangan Longitudinal = BJ57 ( $f_y$  = 400 Mpa,  $f_u$  = 570 Mpa)
- Tulangan transversal = BJ57 ( $f_y$  = 400 Mpa,  $f_u$  = 570 Mpa)
- Poisson ratio baja,  $\nu_s$  = 0,3
- Berat jenis baja,  $\lambda_s$  = 78,5 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.2. Denah Rencana Fondasi

Pada penelitian ini, digunakan 2 (dua) jenis fondasi yaitu fondasi dangkal (*footplate*) dan fondasi dalam (*boredpile*). Berikut adalah gambar denah rencana titik fondasi yang digunakan pada perencanaan menggunakan Program SAP2000.



Gambar 4. 1 Denah Lantai 1 Rencana Gedung

### 4.3. Data Klasifikasi Tanah

Pada penelitian ini, digunakan data pada hasil uji sondir di titik penyondiran S-1 dimana didapatkan hasil dari permukaan tanah hingga kedalaman -13,00 m.MT merupakan lapisan tanah lunak (*loose*) hingga kompak (*dense*) dengan nilai  $q_c$   $20 < q_c < 200$  kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan di bawah kedalaman -13,00 m.MT hingga kedalaman -13,60m.MT merupakan lapisan tanah sangat kompak (*very dense*) dengan nilai  $q_c$  antara  $>200$  kg/cm<sup>2</sup>.

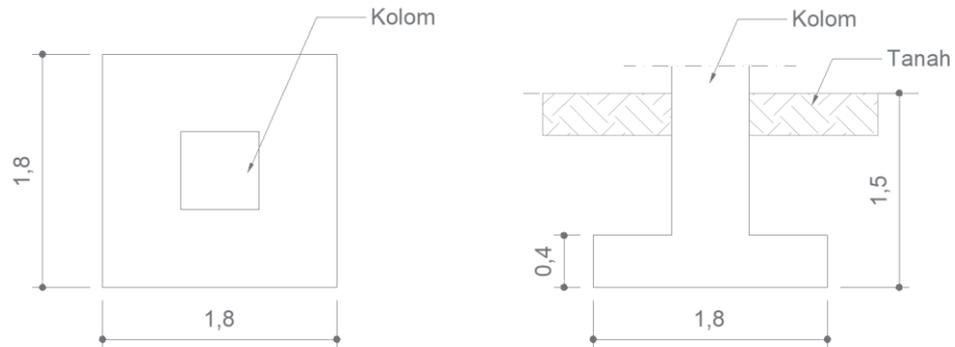
### 4.4. Pembahasan

#### 4.4.1. Analisis Struktur Hasil Program SAP2000

Hasil analisa perhitungan beban aksial yang disalurkan terhadap fondasi dihitung dengan bantuan Program SAP2000 dimana diambil dari nilai beban maksimum dari COMB pada join 441 dengan nilai beban aksial sebesar 61,4754 Ton.

#### 4.4.2. Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal (*Footplate*)

Pada perhitungan fondasi dangkal di Tugas Akhir ini digunakan fondasi *footplate* dengan ukuran 1,8 x 1,8 meter. Adapun detail gambar fondasi yang akan digunakan sebagai perhitungan adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Detail Fondasi Dangkal

##### 4.4.2.1. Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal Metode Terzaghi

Daya dukung fondasi dangkal dengan metode terzaghi pada sondir S-1 dengan kedalaman 13 meter. Data yang diperoleh adalah:

Ukuran <i>Footplate</i>	= 1,8 x 1,8 m
Ketebalan Pondasi	= 0,4 m
Berat volume tanah $\gamma_1$	= 16 kN/m <sup>2</sup>
Berat volume tanah $\gamma_2$	= 16 kN/m <sup>2</sup>
Kedalaman Pondasi ( $D_f$ )	= 1,5 m
Sudut geser dalam ( $\phi$ )	= 30°
Tekanan overbuden ( $P_o$ )	= $D_f \times \gamma_b$
	= 1,5 x 16
	= 24 kN/m <sup>2</sup>
$N_c$	= 37,16
$N_q$	= 22,46
$N_\gamma$	= 19,73

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan Efektif } (\sigma_v) &= h \cdot \gamma \\
 &= (1,8 - 1) \cdot 16 \\
 &= 0,8 \cdot 16 \\
 &= 12,8 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Koehesi (Cu)} &= \frac{q_c - \sigma_v}{N_{kt}} \\
 &= \frac{50 - 12,8}{14} \\
 &= \frac{37,2}{14} \\
 &= 2,657143 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Nilai kapasitas dukung fondasi *footplate*:

$$\begin{aligned}
 q_u &= CN_c + D_f \gamma_1 N_q + 0,5 \gamma_2 B N_\gamma \\
 &= 2,66 \times 37,16 + 1,5 \times 16 \times 22,46 + 0,5 \times 16 \times 1,8 \times 19,73 \\
 &= 98,74 + 539,04 + 284,11 \\
 &= 921,89 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{un} &= q_u - P_o \\
 &= 921,89 - 24 \\
 &= 897,89 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 91,58 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\text{SF} = 1,4$$

#### 4.4.2.2. Kapasitas dukung Fondasi dangkal Metode Mayerhof

Daya dukung fondasi dangkal dengan metode Mayerhof pada Sondir S-1 dengan kedalaman 13 meter. Data yang diperoleh adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Ukuran } \textit{Footplate} &= 1,8 \times 1,8 \text{ m} \\
 \text{Ketebalan Pondasi} &= 0,4 \text{ m} \\
 \text{Berat volume tanah } \gamma_1 &= 16 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Berat volume tanah $\gamma_2$	= 16 kN/m <sup>2</sup>
Kedalaman Pondasi ( $D_f$ )	= 1,5 m
Sudut geser dalam ( $\phi$ )	= 30°
Tekanan overbuden ( $P_o$ )	= $D_f \times \gamma_b$
	= 1,5 x 16
	= 24 kN/m <sup>2</sup>

Nilai – nilai faktor kapasitas dukung, bentuk fondasi, kedalaman fondasi dan kemiringan beban diperoleh dari Gambar 2.3, Tabel 2.2, Tabel 2.3, Tabel 2.4 dan Tabel 2.5. Nilai faktor tersebut yaitu:

$N_c$	= 30,14
$N_q$	= 18,4
$N_\gamma$	= 15,67
$S_c$	= $1 + 0,2 (B / L) * \text{Tg}(45 + \phi/2)$
	= $1 + 0,2 * 3$
	= 1,6
$S_q$	= $1 + 0,1 (B / L) * \text{Tg}(45 + \phi/2)$
	= $1 + 0,1 * 3$
	= 1,3
$S_\gamma$	= 1,3
$D_c$	= $1 + 0,2 (D / B) * \text{Tg}(45 + \phi/2)$
	= $1 + 0,061728395 * 3$
	= 1,19
$D_q$	= $1 + 0,1 (D / B) * \text{Tg}(45 + \phi/2)$
	= $1 + 0,030864198 * 3$

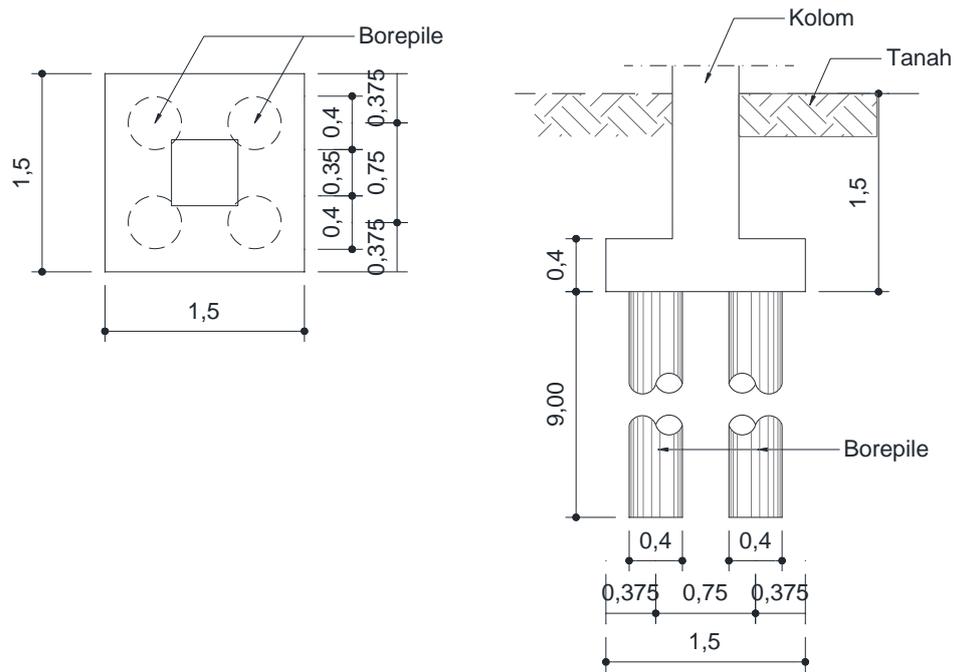
$$\begin{aligned}
 &= 1,09 \\
 D_{\gamma} &= 1,09 \\
 i_c &= 1 \\
 i_q &= 1 \\
 i_{\gamma} &= 1
 \end{aligned}$$

Nilai kapasitas dukung fondasi *footplate*:

$$\begin{aligned}
 q_u &= s_c d_c i_c c N_c + s_q d_q i_q p_o N_q - s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} 0,5 B' \gamma N_{\gamma} \\
 &= (1,6 \times 1,19 \times 1 \times 2,66 \times 30,14) + (1,3 \times 1,09 \times 1 \times 24 \times 18,4) + (1,3 \times \\
 &1,09 \times 1 \times 0,5 \times 0,56 \times 16 \times 15,67) \\
 &= 151,87 + 627,24 + 98,92 \\
 &= 878,02 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{un} &= q_u - P_o \\
 &= 878,02 - 24 \\
 &= 854,02 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 87,11 \text{ Ton} \\
 SF &= 1,4
 \end{aligned}$$

#### 4.4.3. Kapasitas Dukung Fondasi Dalam (*boredpile*)

Pada perhitungan fondasi dalam di Tugas Akhir ini digunakan fondasi *bored pile* dengan ukuran bor sedalam 9 meter. Adapun detail gambar fondasi yang akan digunakan sebagai perhitungan adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Detail Fondasi Dalam

#### 4.4.3.1. Kapasitas dukung fondasi dalam metode Meyerhof

Kapasitas daya dukung fondasi *boredpile* pada titik sondir S-1 dengan kedalaman 13 meter dengan kelompok *boredpile* 4 tiang dihitung dengan metode Meyerhof. Data *boredpile* yang diperoleh adalah;

Panjang <i>boredpile</i> (L)	= 900 cm
Lebar tiang (D)	= 40 cm
Berat volume beton, $\gamma_{\text{beton}}$	= 24 kN/m <sup>2</sup>
Mutu beton	= 25 Mpa
Keliling tiang	= $2\pi R$ = $2\pi 20$ = 125,66 cm
Luas tiang	= $\pi R^2$ = $\pi \cdot 20^2$ = 1256,64 cm <sup>2</sup>
Safety Factor	= 3

## a. Kapasitas Dukung Tiang Tunggal

### Tahanan Ujung Tiang

Pada perhitungan tahanan ujung dengan metode Meyerhoff ini, digunakan nilai koefisien modifikasi untuk  $\omega_1$  dan  $\omega_2$  yaitu 1, dikarenakan nilai  $d=0,004\text{m}<0,5\text{m}$  dan  $L>10d$ . Sedangkan untuk nilai  $f_b$  tiang bor digunakan nilai 50%.

$$\begin{aligned}f_b &= \omega_1 \omega_2 q_{ca} \\ &= \omega_1 \omega_2 \frac{70,00+46,67}{2} \\ &= 1 \times 1 \times 58,33 \times 50\% \\ &= 29,17 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_b &= A_b \times f_b \\ &= 1256,64 \times 29,17 \\ &= 36651,91 \text{ kg}\end{aligned}$$

### Tahanan Gesek Tiang

Pada perhitungan tahanan gesek dengan metode Meyerhoff ini, digunakan nilai  $K_f = 1$  dan  $q_f$  rata-rata sampai kedalaman 9 meter =  $0,73 \text{ kg/cm}^2$ . Sedangkan untuk nilai  $Q_s$  tiang bor digunakan nilai 50%.

$$\begin{aligned}f_s &= K_f \cdot q_f \\ &= 1 \times 0,73 \\ &= 0,73 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_s &= A_s \times f_s \times 50\% \\ &= 113097,34 \times 0,73 \times 50\% \\ &= 41182,18 \text{ kg}\end{aligned}$$

Besaran berat tiang bor:

$$\begin{aligned}W_p &= \text{Volume tiang} \times \gamma_{\text{beton}} \\&= \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot L \times \gamma_{\text{Beton}} \\&= \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 \times 900 \times 0,0024 \\&= 1130973,355 \times 0,0024 \\&= 2714,34 \text{ kg}\end{aligned}$$

Nilai kapasitas dukung ultimit netto fondasi *boredpile*:

$$\begin{aligned}Q_{ult} &= Q_b + Q_s - W_p \\&= 36651,91 + 41182,2 - 2714,34 \\&= 75119,76 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Nilai kapasitas dukung ijin tiang fondasi *boredpile*:

$$\begin{aligned}Q_{ijin} &= Q_{ult} / SF \\&= 75119,76 / 3 \\&= 25039,92 \text{ Kg} \\&= 25,040 \text{ Ton}\end{aligned}$$

#### **b. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang**

$$E_g = 1 - \emptyset \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$\begin{aligned}\emptyset &= \arctg \frac{d}{s} \\&= \arctg \frac{40}{100} \\&= 21,8014\end{aligned}$$

$$n' = 2$$

$$m = 2$$

$$E_g = 1 - 21,8014 \frac{(2-1)^2 + (2-1)^2}{90.2.2}$$

$$= 0,7578$$

$$N \text{ tiang} = 4$$

$$Q_a = 25,04 \text{ Ton}$$

Nilai kapasitas dukung kelompok ijin tiang bor ( $Q_g$ ):

$$Q_g = E_g \times n \times Q_a$$

$$= 0,7578 \times 4 \times 25,04$$

$$= 75,897 \text{ Ton (Memenuhi)}$$

#### 4.4.3.2. Kapasitas dukung fondasi dalam metode Schmertmann & Nottingham (1975)

Kapasitas daya dukung fondasi *boredpile* pada titik sondir S-1 dengan kedalaman 13 meter dengan kelompok *boredpile* 4 tiang dihitung dengan metode Schmertmann & Nottingham (1975). Data *boredpile* yang diperoleh adalah;

Panjang <i>boredpile</i> (L)	= 900 cm
Lebar tiang (D)	= 40 cm
Berat volume beton, $\gamma_{\text{beton}}$	= 24 kN/m <sup>3</sup>
Mutu beton	= 25 Mpa
Keliling tiang	= $2\pi R$
	= $2\pi \cdot 20$
	= 125,66 cm
Luas tiang	= $\pi R^2$
	= $\pi \cdot 20^2$
	= 1256,64 cm <sup>2</sup>
Safety Factor	= 2,5

### a. Kapasitas Dukung Tiang Tunggal

#### Tahanan Ujung Tiang

$$\begin{aligned}f_b &= \omega \times q_{ca} \\ &= 0,67 \frac{70,00+72,35}{2} \\ &= 0,67 \times 71,18 \\ &= 47,69 \text{ kg/cm}^2 \leq 150 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_b &= A_b \times f_b \\ &= 1256,64 \times 47,69 \\ &= 59926,80 \text{ kg}\end{aligned}$$

#### Tahanan Gesek Tiang

Pada perhitungan tahanan gesek dengan metode Schmertmann & Nottingham (1975) ini, digunakan nilai  $K_f = 0,9$  dan  $q_f$  rata-rata sampai kedalaman 9 meter =  $0,73 \text{ kg/cm}^2$ .

$$\begin{aligned}A_s &= \pi d L \\ &= \pi \times 40 \times 900 \\ &= 1130,97 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_s &= K_f \cdot q_f \\ &= 0,9 \times 0,73 \\ &= 0,66 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_s &= A_s \times f_s \\ &= 1130,97 \times 0,73 \\ &= 741,28 \text{ kg}\end{aligned}$$

Besaran berat tiang bor:

$$\begin{aligned}W_p &= \text{Volume tiang} \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot L \times \gamma_{\text{Beton}}\end{aligned}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 \times 900 \times 0,0024$$

$$= 1130973,355 \times 0,0024$$

$$= 2714,34 \text{ kg}$$

Nilai kapasitas dukung ultimit netto fondasi *boredpile*:

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s - W_p$$

$$= 59926,80 + 741,279 - 2714,34$$

$$= 57953,75 \text{ Kg}$$

$$= 57,95 \text{ Ton}$$

Nilai kapasitas dukung ijin tiang fondasi *boredpile*:

$$Q_{ijin} = Q_{ult} / SF$$

$$= 57,95 / 2,5$$

$$= 23,181 \text{ Ton}$$

#### **b. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang**

$$E_g = 1 - \emptyset \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$$

$$\emptyset = \arctg \frac{d}{s}$$

$$= \arctg \frac{40}{100}$$

$$= 21,8014$$

$$n' = 2$$

$$m = 2$$

$$E_g = 1 - 21,8014 \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90.2.2}$$

$$= 0,7578$$

$$N \text{ tiang} = 4$$

$$Q_a = 23,18 \text{ Ton}$$

Nilai kapasitas dukung kelompok ijin tiang bor ( $Q_g$ ):

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \times n \times Q_a \\ &= 0,7578 \times 4 \times 23,18 \\ &= 70,264 \text{ Ton (Memenuhi)} \end{aligned}$$

#### 4.4.4. Perhitungan Penurunan Tanah

##### 4.4.4.1. Penurunan Tanah Pada Fondasi Dangkal (*Footplate*)

Penurunan tanah pada fondasi dangkal ditinjau secara 2 (dua) kali dengan menyesuaikan kapasitas dukung yang telah dihitung sebelumnya yaitu kapasitas dukung dengan metode Terzaghi dan Meyerhof

- a. Penurunan fondasi dangkal pada kapasitas dukung dengan metode Terzaghi

Penurunan fondasi dangkal dihitung untuk penurunan selama 1 (satu) tahun. Adapun data-data yang diperoleh yaitu:

$$B = 1,8 \text{ m}$$

$$P'_o = 1 \times 16 = 16 \text{ kN/m}^2$$

$$I_z = 0,1$$

$$q_n = 897,89 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} E &= 2,5 \times q_n \\ &= 2,5 \times 897,89 \\ &= 2244,73 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\Delta z = 0,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} C_1 &= 1 + 0,5 \left( \frac{P'_o}{q_n} \right) \\ &= 1 + 0,5 \left( \frac{16}{897,89} \right) \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

$$C_2 = 1 + 0,2 \log \left( \frac{t}{0,1} \right)$$

$$= 1 + 0,2 \log \left( \frac{1}{0,1} \right)$$

$$= 1,21 \text{ creep}$$

$$s_i = C_1 C_2 q_n \sum_0^{2B} \frac{I_z}{E} \Delta z$$

$$= 0,99 \times 1,21 \times 897,89 \sum_0^{2 \times 1,8} \frac{0,1}{2244,73} 0,4$$

$$= 0,07675 \text{ mm}$$

- b. Penurunan fondasi dangkal pada kapasitas dukung dengan metode Meyerhof

Penurunan fondasi dangkal dihitung untuk penurunan selama 1 (satu) tahun. Adapun data-data yang diperoleh yaitu:

$$B = 1,8 \text{ m}$$

$$P'_0 = 1 \times 16 = 16 \text{ kN/m}^2$$

$$I_z = 0,1$$

$$q_n = 854,024 \text{ kN/m}^2$$

$$E = 2,5 \times q_n$$

$$= 2,5 \times 854,024$$

$$= 2135,06 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta z = 0,4 \text{ m}$$

$$C_1 = 1 + 0,5 \left( \frac{P'_0}{q_n} \right)$$

$$= 1 + 0,5 \left( \frac{16}{897,89} \right)$$

$$= 0,99$$

$$C_2 = 1 + 0,2 \log \left( \frac{t}{0,1} \right)$$

$$\begin{aligned}
&= 1 + 0,2 \log \left( \frac{1}{0,1} \right) \\
&= 1,21 \text{ creep} \\
s_i &= C_1 C_2 q_n \sum_0^{2B} \frac{I_z}{E} \Delta z \\
&= 0,99 \times 1,21 \times 854,024 \sum_0^{2 \times 1,8} \frac{0,1}{2135,06} 0,4 \\
&= 0,07671 \text{ mm}
\end{aligned}$$

#### 4.4.4.2. Penurunan Tanah Pada Fondasi Dalam

Penurunan tanah pada fondasi dalam ditinjau secara 2 (dua) kali dengan menyesuaikan kapasitas dukung yang telah dihitung sebelumnya yaitu kapasitas dukung dengan metode Meyerhof dan Schmertmann & Nottingham (1975).

- a. Penurunan fondasi dalam pada kapasitas dukung dengan metode Meyerhof

Data-data yang diperoleh yaitu;

$$\text{Panjang } \textit{boredpile} \text{ (L)} = 900 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar tiang (D)} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Keliling tiang} = 2\pi R$$

$$= 2\pi 20$$

$$= 125,66 \text{ cm}^2$$

$$E_p = 27700 \text{ Mpa}$$

$$Q = 25,040 \text{ Ton}$$

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q L}{A_p E_p}$$

$$= \frac{0,4}{100} + \frac{25,0022 \times 9}{0,12566 \times 27700}$$

$$= 0,004 + 0,06474$$

$$= 0,06874 \text{ cm}$$

Penurunan Kelompok Tiang:

$$B_g = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_g &= S \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= S \sqrt{\frac{2}{0,4}} \\ &= 0,06864 \times 2,23607 \\ &= 0,15371 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sijin} &= 10\%D \\ &= 10\% \times 0,4 \\ &= 0,04 \text{ m} = 4\text{cm} > S_g \text{ (**Memenuhi**)} \end{aligned}$$

- b. Penurunan fondasi dalam pada kapasitas dukung dengan metode Schmertmann & Nottingham (1975)

Data-data yang diperoleh yaitu;

$$\text{Panjang } \textit{boredpile} \text{ (L)} = 900 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar tiang (D)} = 40 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang} &= 2\pi R \\ &= 2\pi 20 \\ &= 125,66 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$E_p = 27700 \text{ Mpa}$$

$$Q = 23,1815 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{D}{100} + \frac{Q L}{A_p E_p} \\ &= \frac{0,4}{100} + \frac{23,1363 \times 9}{0,12566 \times 27700} \\ &= 0,004 + 0,05994 \\ &= 0,06394 \text{ cm} \end{aligned}$$

Penurunan Kelompok Tiang:

$$B_g = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_g &= S \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= S \sqrt{\frac{2}{0,4}} \\ &= 0,06382 \times 2,23607 \\ &= 0,14297 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sijin} &= 10\% D \\ &= 10\% \times 0,4 \\ &= 0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm} > S_g \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

#### 4.4.5. Hasil Analisis Kapasitas Dukung Dan Penurunan Fondasi

##### 4.4.5.1. Hasil Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Fondasi Dangkal (*Footplate*)

Kapasitas dukung dan penurunan fondasi dangkal (*footplate*) yang dihitung pada penelitian ini menggunakan ukuran fondasi 1,8 x 1,8 m, Ketebalan pondasi 0,4 m dan kedalaman fondasi 1,5 m. Analisis kapasitas dukung fondasi dangkal menggunakan 2 (dua) metode, yaitu metode Terzaghi dan metode Meyerhof yang didasarkan pada data hasil Uji Sondir atau SPT (*Cone Penetration Test*) pada titik sondir S-1. Kapasitas dukung didapatkan dari hasil perhitungan kapasitas dukung fondasi. Pada perhitungan penurunan tanah digunakan cara Schmertmann yang mana dihitung pada masing-masing metode kapasitas dukung tanah. Rekapitulasi hasil analisis kapasitas dukung dan penurunan fondasi dangkal (*footplate*) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Hasil Analisis Perhitungan Daya Dukung Fondasi Dangkal (*Footplate*)

Metode yang digunakan	Daya Dukung Fondasi (Ton)	Penurunan Tanah (mm)
Terzaghi	91,585	0,07675
Meyerhof	87,110	0,07671

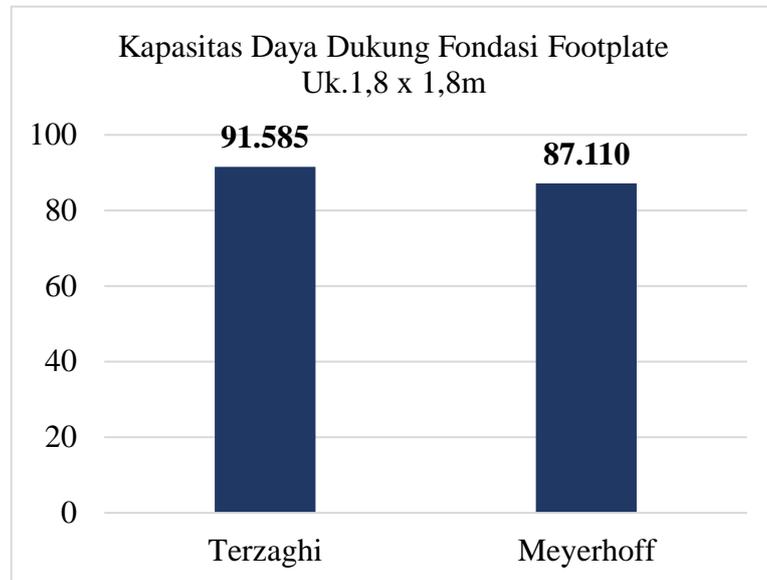


Diagram 4. 1 Perbandingan Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal (*Footplate*)

Berdasarkan hasil analisis kapasitas dukung fondasi dangkal diatas, diperoleh kapasitas dukung fondasi dangkal pada masing-masing metode yaitu pada metode Terzaghi sebesar 91,585 ton dan metode Meyerhof sebesar 87,110 ton.

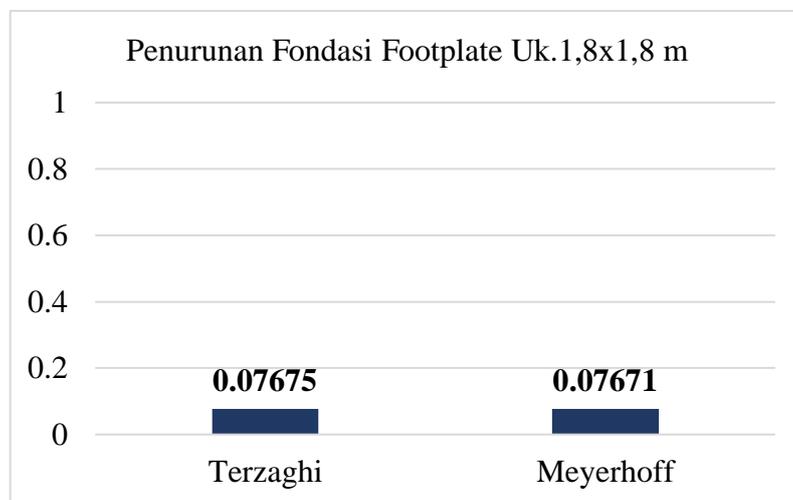


Diagram 4. 2 Perbandingan Penurunan Fondasi Dangkal (*Footplate*)

Berdasarkan hasil perhitungan penurunan fondasi dangkal diatas, diperoleh nilai penurunan fondasi dangkal pada masing-masing metode yaitu pada metode Terzaghi sebesar 0,07675 mm dan metode Meyerhof sebesar 0,07671 mm.

#### 4.4.4.1. Hasil Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Fondasi Dalam (*Boredpile*)

Kapasitas dukung dan penurunan fondasi dalam yang dihitung pada penelitian ini menggunakan diameter tiang 0,4 meter dengan kedalaman 9 meter. Analisis kapasitas dukung fondasi dalam menggunakan 2 (dua) metode yaitu metode Meyerhof dan metode Schmertmann dan Nottingham yang didasarkan pada hasil Uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) pada titik S-1. Kapasitas dukung fondasi didapatkan dari hasil perhitungan kapasitas dukung ujung dan gesek selimut tiang. Pada perhitungan penurunan tanah digunakan cara empiris yang mana dihitung pada masing-masing metode kapasitas dukung tanah. Adapun rekapitulasi hasil analisis kapasitas dukung tiang dan penurunan fondasi *boredpile* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasil Analisis Perhitungan Daya Dukung Fondasi Dalam

Metode Yang Digunakan	Kapasitas Dukung		Penurunan Tanah	
	Tiang Tunggal (Ton)	Kelompok Tiang (Ton)	Tiang Tunggal (cm)	Kelompok Tiang (cm)
Meyerhof	25,040	75,897	0,06874	0,15371
Schmertmann & Nottingham (1975)	23,181	70,264	0,06394	0,14297

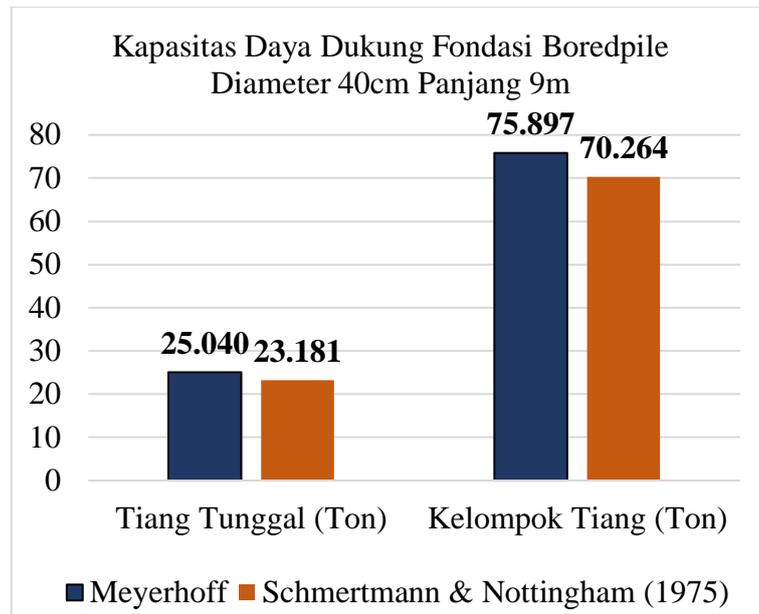


Diagram 4. 3 Perbandingan Kapabilitas Dukung Fondasi Dalam

Berdasarkan hasil kapasitas dukung fondasi dalam diatas, diperoleh nilai kapasitas dukung untuk tiang tunggal dan kelompok tiang. Pada perhitungan kapasitas dukung dengan metode Meyerhof diperoleh nilai kapasitas dukung tiang tunggal sebesar 25,040 ton dan kelompok tiang 75,897 ton. Sedangkan untuk metode Schmeretman dan Nottingham diperoleh kapasitas dukung tiang tunggal sebesar 23,181 ton dan kelompok tiang 70,264 ton.

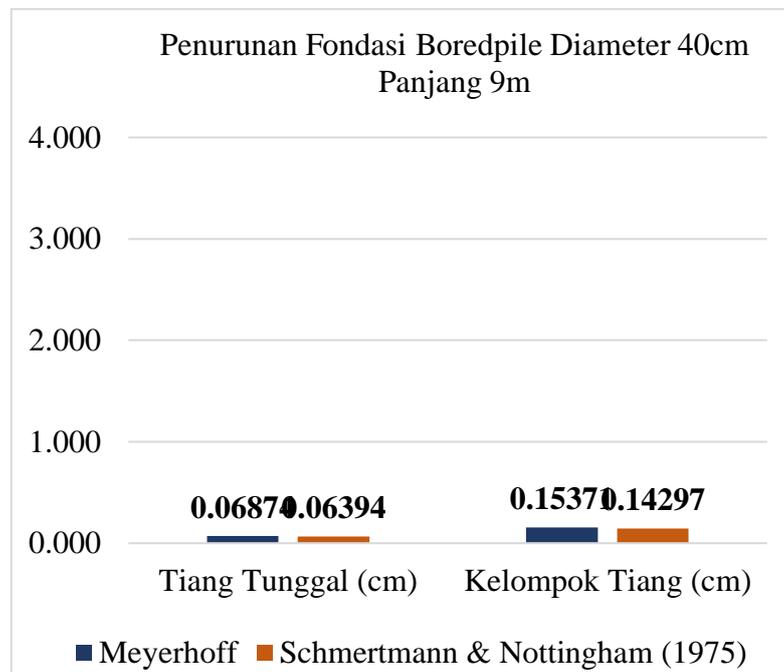


Diagram 4. 4 Perbandingan Penurunan Tanah Pada Fondasi Dalam

Berdasarkan hasil perhitungan penurunan fondasi dalam diatas, diperoleh nilai penurunan untuk masing-masing perhitungan tiang tunggal dan kelompok tiang dalam 2 (dua) metode. Pada perhitungan penurunan dengan metode Meyerhof diperoleh nilai penurunan tiang tunggal sebesar 0,06874 cm dan kelompok tiang 0,15371 cm. Sedangkan untuk metode Schmeretman dan Nottingham diperoleh nilai penurunan tiang tunggal sebesar 0,06394 cm dan kelompok tiang 0,14297 cm.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan analisis kapasitas dukung dan penurunan fondasi dangkal maupun fondasi dalam di Rencana Pembangunan Gedung Rektorat Undaris dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penyelidikan tanah atau uji sondir didapatkan hasil jenis tanah yaitu, pada kedalaman 0 – 4 meter jenis tanahnya lempung lunak / lanau, kedalaman 4 – 7 meter jenis tanahnya lempung kaku / lanau, kedalaman 7 – 9 meter jenis tanahnya pasir padat / lanau, dan di kedalaman > 9 meter jenis tanahnya adalah pasir sangat padat / keras.
2. Perhitungan analisis kapasitas dukung dan penurunan fondasi baik fondasi dangkal maupun fondasi dalam dihitung dengan berdasarkan hasil uji sondir yang telah dilakukan sebelumnya. Pada perhitungan fondasi dangkal, kapasitas dukung fondasi menggunakan metode Meyerhof dan Terzaghi sedangkan pada perhitungan fondasi dalam menggunakan metode meyerhof dan metode schmertmann dan nottingham. Adapun hasil yang diperoleh pada perhitungan fondasi dangkal dengan metode meyerhof yaitu 87,110 ton untuk besaran kapasitas dukung dan besar penurunan 0,07671 mm sedangkan metode terzaghi didapat nilai kapasitas dukung sebesar 91,585 ton dan penurunan sebesar 0,07675 mm. Hasil perhitungan untuk fondasi dalam dengan metode meyerhof didapat nilai kapasitas dukung tiang tunggal sebesar 25,040 ton, nilai kapasitas dukung kelompok tiang 75,897 ton, penurunan tiang tunggal sebesar 0,06874 cm dan kelompok tiang 0,15371 cm, serta untuk metode schmeretman dan nottingham diperoleh kapasitas dukung tiang tunggal sebesar 23,181 ton, nilai kapasitas dukung kelompok tiang 70,264 ton, penurunan tiang tunggal sebesar 0,06394 cm dan kelompok tiang 0,14297 cm.
3. Dengan mempertimbangkan nilai yang didapat dari perhitungan kapasitas dukung, penurunan tanah dan jenis tanah pada hasil uji sondir, penulis menyarankan untuk menggunakan fondasi dalam (*boredpile*) dengan ukuran diameter 40 cm dan kedalaman 9 m, karena tanah lapisan atas lunak yaitu lempung lunak / lanau yang memiliki daya dukung rendah dan kompresibilitas tinggi, lapisan keras baru

ditemukan di kedalaman 9 m, *borepile* dapat menjangkau dan menumpu pada tanah keras ini sehingga lebih stabil dan kuat menahan beban struktur gedung bertingkat, *borepile* lebih mampu menyalurkan beban vertikal dan lateral ke dalam tanah keras dibandingkan fondasi dangkal.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil perhitungan dan kesimpulan diatas, terdapat beberapa saran yaitu sebagai berikut:

1. Pada pengujian tanah ini untuk hasilnya bisa ditambahkan dengan jenis – jenis tanahnya di tabel sesuai dengan nilai  $q_c$  dan  $R_{sc}$ ;
2. Hasil dari perhitungan analisa dukung dan penurunan fondasi, diperlukan perhitungan yang tepat sehingga sesuai dengan apa yang dibutuhkan;
3. Untuk pemilihan pondasi yang direkomendasikan sudah sesuai dari beberapa perhitungan dan analisa, yang mana selanjutnya bisa menjadi acuan untuk dokumen perencanaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, Hary Christady. (2012). **Mekanika Tanah I Edisi 7**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2018). **Mekanika Tanah II Edisi 6**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2020). **Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi 4**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2020). **Analisis dan Perancangan Fondasi II Edisi 5**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- I Wayan Muka, Made Novia Indriani, I putu Ocky Wintara. (2021). **Analisis Daya Dukung Tanah Pada Proyek Gedung Dengan Metode Terzaghi Meyerhof, Hansen dan Vesic**. Denpasar : Universitas Hindu Indonesia Denpasar
- SNI-2827:2008. **Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir**
- SNI-1726:2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung**
- SNI-1727:2013. **Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain**
- SNI-8460:2017. **Persyaratan Perancangan Geoteknik**
- Tenty Tamara Andriani, Fatma Sarie, Suradji Gandi. (2023). **Analisis Daya Dukung Fondasi Bored Pile pada Rumah Sakit Sultan Imanuddin Pangkalan Bun**. Palangkaraya: Universitas Palangka Raya
- Titi H.H. & Farsakh M.A.Y., 1999, **Evaluation of Bearing Capacity of Piles From Cone Penetration Test**, Louisiana Transportation Research Center.



YAYASAN UNDAIS KABUPATEN SEMARANG  
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Tentara Pelajar No.13 Telp (024) 6923180, Fax (024) 76911689 Ungaran Timur 50514  
Website : undaris.ac.id email : info@undaris.ac.id

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Muhammad Berry Tan Junior (20210021)  
: M. Alhadad Dwi Saputro (20210016)  
Judul Tugas Akhir : Studi Komparatif Jenis Fondasi Yang Optimal Untuk Perencanaan  
Gedung Rektorat Undaris Dengan Kondisi Tanah Berdasarkan Hasil Uji  
Sondir  
Pembimbing I : Ir. Totok Apriyanto, M.T.  
Pembimbing II : Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T.  
Periode TA : 2024

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	PARAF
1	2	3	4
2	5/03 2024	- Baga alin - B ? - Tehl foot pilet? - Kesimpulan & Sana	Apriyanto
3	19/03 2024	- Baga alin - ket. B. - Kesimpulan & Sana	Apriyanto
4	22/03 2024	- Kesimpulan Pembaca jurnal ke Perub. 2, bisa diujikan	Apriyanto Apriyanto



YAYASAN UNRARIS KABUPATEN SEMARANG  
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Tentara Pelajar No.13 Telp (024) 6923180, Fax (024) 76911689 Ungaran Timur 50514  
Website : undaris.ac.id email : info@undaris.ac.id

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Muhammad Berry Tan Junior (20210021)  
                          : M. Alhadad Dwi Saputro (20210016)  
Judul Tugas Akhir : Studi Komparatif Jenis Fondasi Yang Optimal Untuk Perencanaan  
                          Gedung Rektorat Undaris Dengan Kondisi Tanah Berdasarkan Hasil Uji  
                          Sondir  
Pembimbing I : Ir. Totok Apriyanto, M.T.  
Pembimbing II : Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T.  
Periode TA : 2024

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	PARAF
1	2	3	4
1	03/03'25	- Jelaskan (b) - Bagan sliu hlu ada - F.S dari mana	



YAYASAN UNRARIS KABUPATEN SEMARANG  
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Tentara Pelajar No.13 Telp (024) 6923180, Fax (024) 76911689 Ungaran Timur 50514  
Website : undaris.ac.id email : info@undaris.ac.id

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Muhammad Berry Tan Junior (20210021)  
: M. Alhadad Dwi Saputro (20210016)  
Judul Tugas Akhir : Studi Komparatif Jenis Fondasi Yang Optimal Untuk Perencanaan Gedung Rektorat Undaris Dengan Kondisi Tanah Berdasarkan Hasil Uji Sondir  
Pembimbing I : Ir. Totok Apriyanto, M.T.  
Pembimbing II : Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T.  
Periode TA : 2024

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	PARAF
1	2	3	4
6.	15/2 Feb 2025	Cele kembali perhitungannya pondasi dangkal. sesuaikan dimensinya	
7.	20/2 Feb 2025	Revisi perhitungan.	
8.	09/03 2025	Oke. Silahkan ke Pembimbing I	

3

05/10 2024

• Perumusan ijin dikonfirmasi dengan SMI yang berlaku.

SMI 8460 : 2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik; Periksa juga SMI tentang bangunan gedung & gempa.



- Penggunaan data sekunder dalam sub-bab metode pengumpulan data
- Tambahkan kerangka berpikir penelitian di akhir bab II
- Perbaiki Bagan tahapan penelitian di Bab III



YAYASAN UNRARIS KABUPATEN SEMARANG  
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Tentara Pelajar No. 13 Telp (024) 6923180, Fax (024) 76911689 Ungaran Timur 50514  
Website : undaris.ac.id email : info@undaris.ac.id

### LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Muhammad Berry Tan Junior (20210021)  
                          : M. Alhadad Dwi Saputro (20210016)  
Judul Tugas Akhir : Studi Komparatif Jenis Fondasi Yang Optimal Untuk Perencanaan  
                          Gedung Rektorat Undaris Dengan Kondisi Tanah Berdasarkan Hasil Uji  
                          Sondir  
Pembimbing I : Ir. Totok Apriyanto, M.T.  
Pembimbing II : Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T.  
Periode TA : 2024

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	PARAF
1	2	3	4
1	24/September 2024	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sesuaikan dg catatan yg diberikan</li><li>• Lanjutkan Bab II</li></ul>	
2	28/09 2024	<p>Bab I</p> <ul style="list-style-type: none"><li>↳ Fondasi langsung : terzaghi ; Meyerhoff</li><li>↳ Fondasi Dalam : Meyerhoff &amp; Schmertmann dan Hatingham . (Disesuaikan juga di Paragraf masalah.)</li></ul> <p>Bab II</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <del>Peny</del> daya dukung esic &amp; fisis tidak perlu ditampilkan</li><li>• <del>lanjutan</del> dg kutipan yg disusun di Daftar pustaka . Gunakan metode .</li><li>• Bisa dilanjutkan ke Bab III</li></ul>	



YAYASAN UNRARIS KABUPATEN SEMARANG  
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI  
FAKULTAS TEKNIK

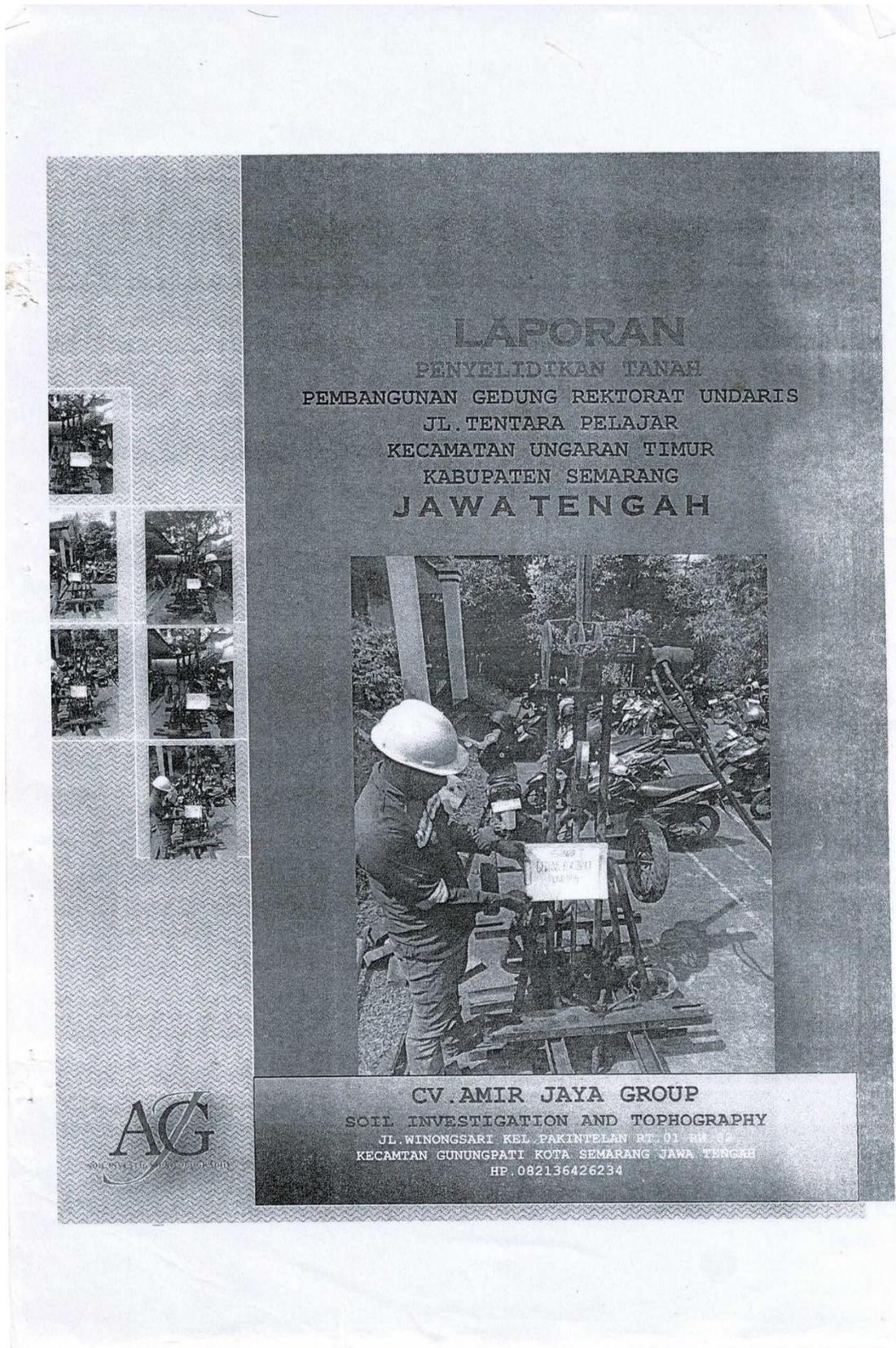
Jl. Tentara Pelajar No.13 Telp (024) 6923180, Fax (024) 76911689 Ungaran Timur 50514  
Website : undaris.ac.id email : info@undaris.ac.id

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Muhammad Berry Tan Junior (20210021)  
: M. Alhadad Dwi Saputro (20210016)  
Judul Tugas Akhir : Studi Komparatif Jenis Fondasi Yang Optimal Untuk Perencanaan Gedung Rektorat Undaris Dengan Kondisi Tanah Berdasarkan Hasil Uji Sondir  
Pembimbing I : Ir. Totok Apriyanto, M.T.  
Pembimbing II : Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T.  
Periode TA : 2024

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	PARAF
1	2	3	4
4	09/10 2024	Lanjutkan ke bab 4 - Sajian data (dokumen-tasi lapangan dan pengaluran lapangan) - Denah Percaang - Permodelan SAP.	
5	16/01 2025	⇒ Perbarui kombinasi Pembebanan ├── Dimensi │   ├── Ganda kombinasi │   │   ├── Layan/Service │   └── Tulangan │       ├── Ganda │       └── Kombinasi │          ekstern. ⇒ Pajang bore pile (konfirmasi lagi (sesuaikan dg kebutuhan daya dukung) sesuai dengan Sondir ⇒ Follow pdaasi tapate juga disesuaikan dg data Sondir serta kebalutan yg dipakai (P/H)	

# LAMPIRAN



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 & Topography

**Ruswati Budiningsih**  
(Direktur)

## 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

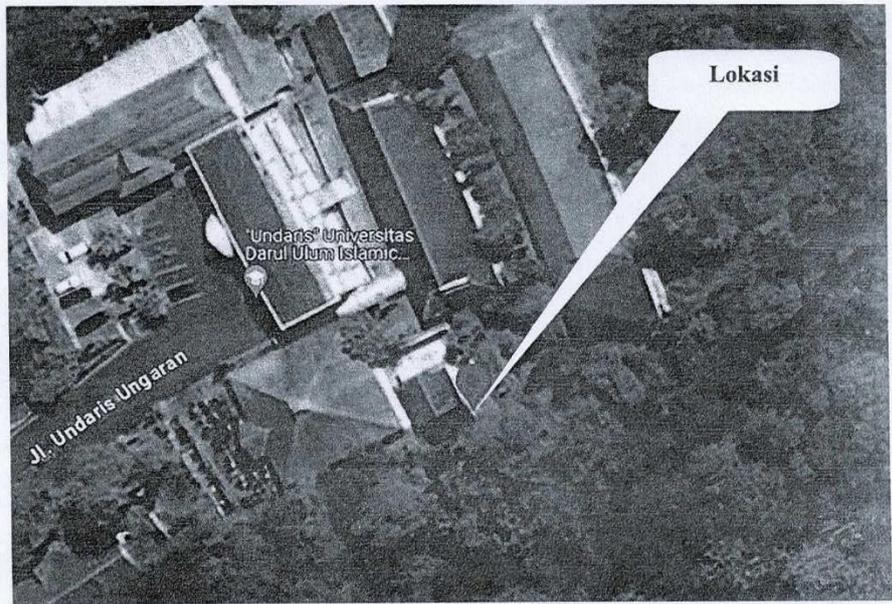
Laporan ini menunjukkan hasil-hasil penyelidikan tanah yang telah dilakukan Pembangunan Gedung Rektorat Undaris Kabupaten Semarang. Tujuan dari penyelidikan tanah ini ialah untuk mengevaluasi dengan mendetail kondisi tanah sehubungan dengan rekomendasi bagi perencanaan substrukturnya.

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/cm<sup>2</sup> dan 0 - 250 kg/cm<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> )	JHP (kg/cm <sup>2</sup> )	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

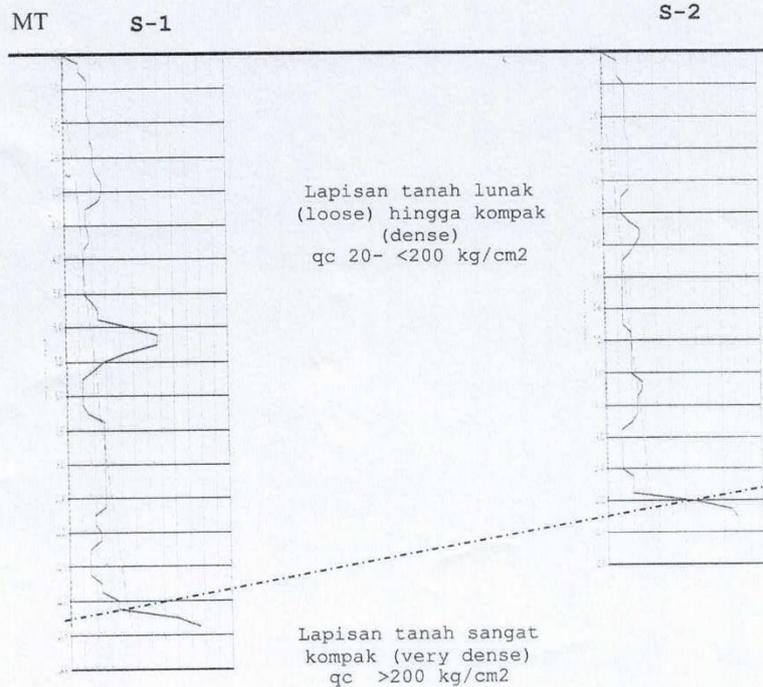
### ANALISA TEKNIS

#### 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/cm<sup>2</sup>.

- 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/cm<sup>2</sup>.

## 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/cm<sup>2</sup>.
- 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/cm<sup>2</sup>

## 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  $1/3$  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 :

$$Q = cNcA + C_0l$$

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 fondasi 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 :  $qa = ((qcA)/3) + (fO)/5$  (kg/cm<sup>2</sup>)

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 :

$$\begin{aligned} \sigma_b &= f_{c'} * 0.33 \\ P_{\text{tiang}} &= A * \sigma_b \end{aligned}$$

Dimana :

$\sigma_b$  = tegangan ijin beton, Kg/cm<sup>2</sup>

$f_{c'}$  = mutu beton, MPa, Kg/cm<sup>2</sup>

A = luas penampang tiang, cm<sup>2</sup>

P tiang = kekuatan tiang, Ton

Berikut tabel daya dukung ijin tiang berdasarkan kekuatan material, mutu beton pracetak dianggap K-450 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan mutu beton bor pile dianggap K-250 kg/cm<sup>2</sup>.

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/cm<sup>2</sup>

As = luas penampang pondasi, cm<sup>2</sup>

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 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.

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/cm<sup>2</sup>.

- 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  $>200$  kg/cm<sup>2</sup>.

## 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 -  $<200$  kg/cm<sup>2</sup>.
- 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  $>200$  kg/cm<sup>2</sup>

## 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 beberapa ukuran dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Type pondasi	Rekomendasi		Daya dukung pondasi (ton)			
	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. Terzagi  
*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

**AG**  
**LAMPIRAN-LAMPIRAN**  
SOIL INVESTIGATION & TOPOGRAPHY

**LAMPIRAN**  
**AG**  
**GRAFIK DAN DATA SONDIR**

SOIL INVESTIGATION & TOPOGRAPHY

**LAMPIRAN**  
**FOTO DOKUMENTASI**

SOIL INVESTIGATION & TOPOGRAPHY

**AG**  
**LAMPIRAN**  
**DENAH TITIK PENGUJIAN**  
SOIL INVESTIGATION & TOPOGRAPHY

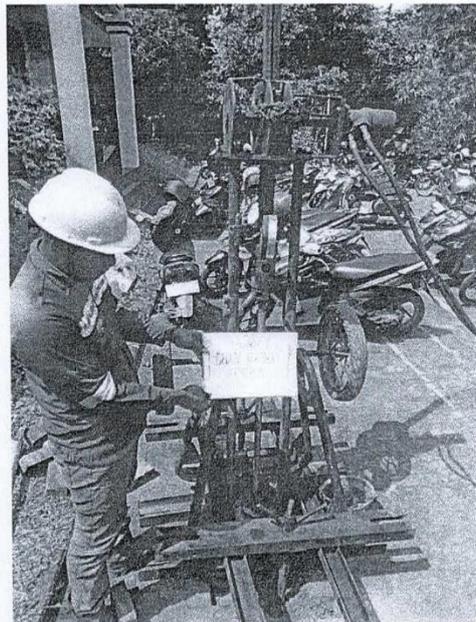
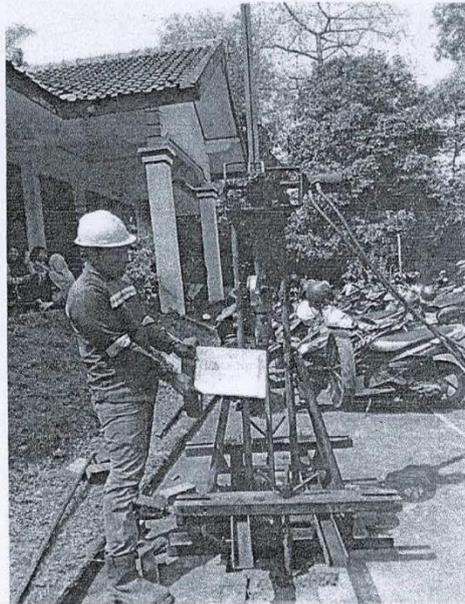
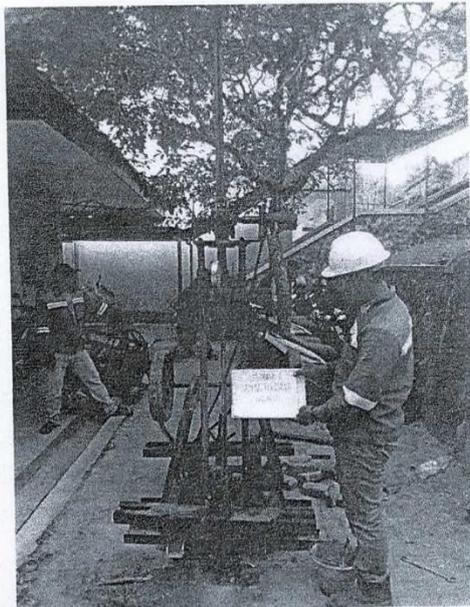
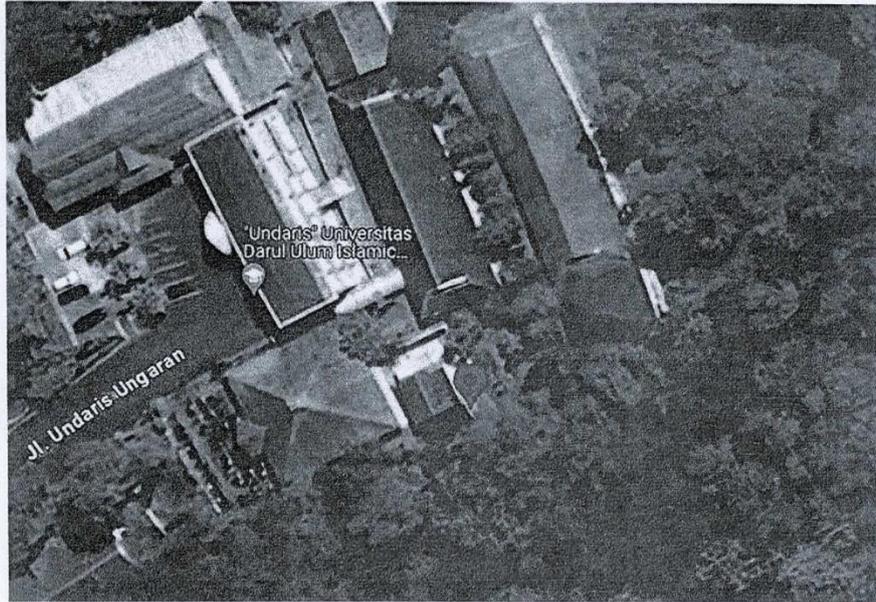


Foto Sondir S-1



**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 <sup>2</sup> )	fs (kg/cm <sup>2</sup> ) /20 cm	á fs	á 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

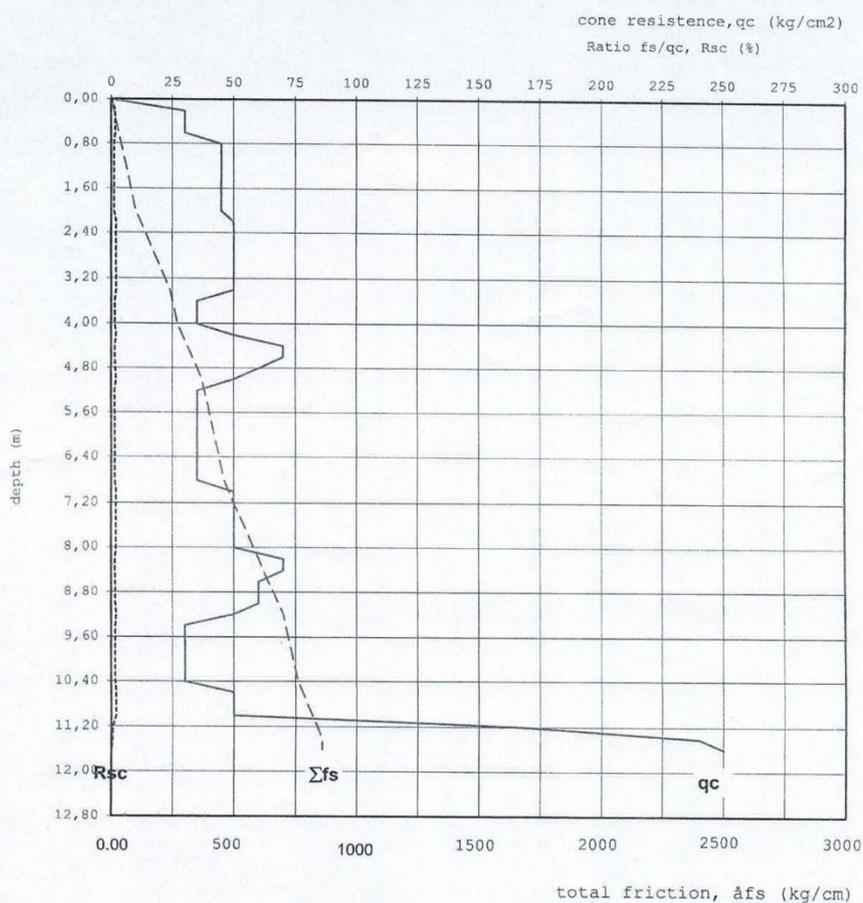
AJG SOIL INVESTIGATION AND TOPOGRAPHY



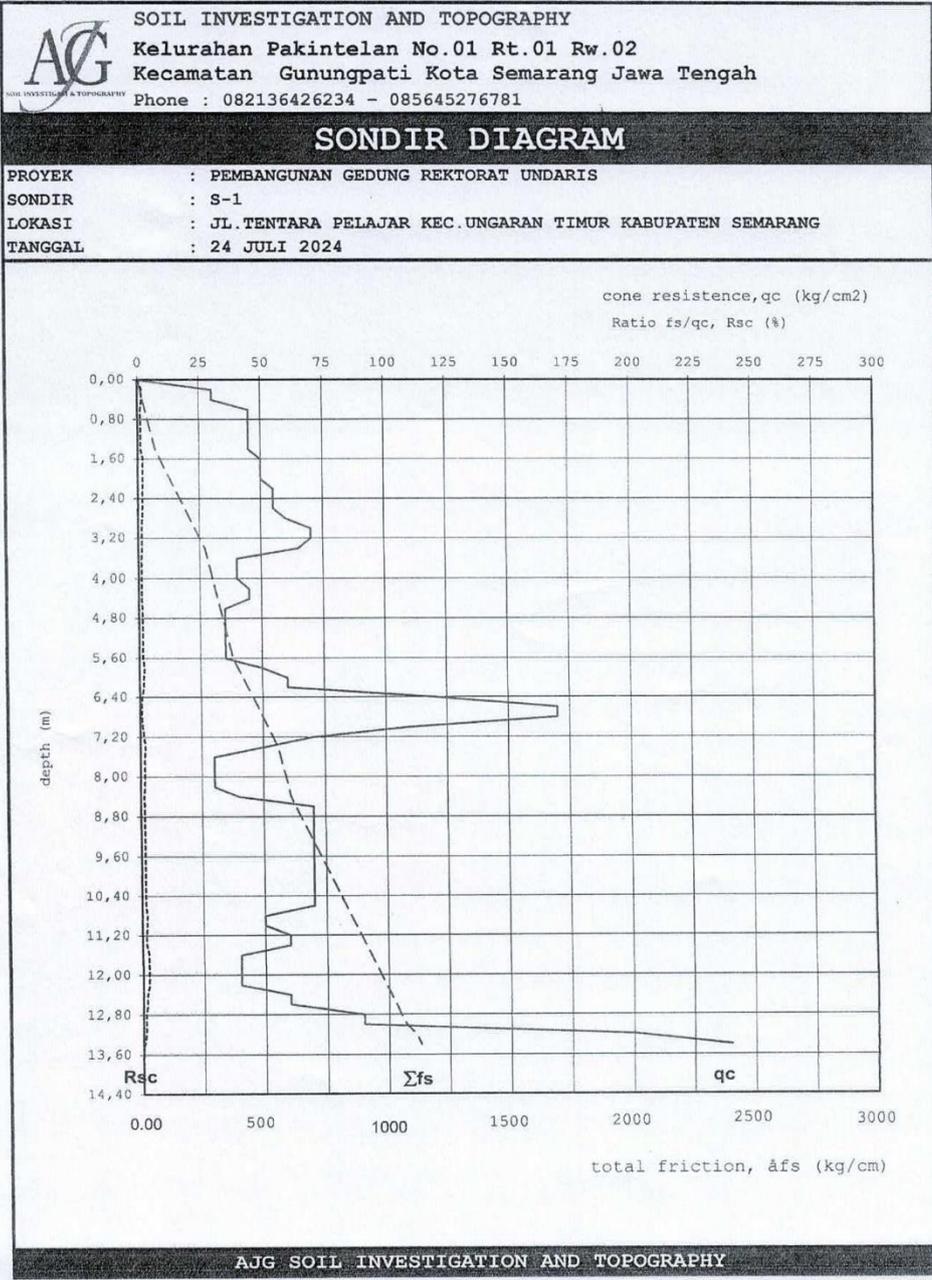
SOIL INVESTIGATION AND TOPOGRAPHY  
Kelurahan Pakintelan No.01 Rt.01 Rw.02  
Kecamatan Gunungpati Kota Semarang Jawa Tengah  
Phone : 082136426234 - 085645276781

### SONDIR DIAGRAM

PROYEK : PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDARIS  
SONDIR : S-2  
LOKASI : JL.TENTARA PELAJAR KEC.UNGARAN TIMUR KABUPATEN SEMARANG  
TANGGAL : 24 JULI 2024



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

**HASIL SONDIR (CONE PENETRATION TEST)**

KEDALAMAN (m)	BACAAN KONUS (kg)	BACAAN qc + fs (kg)	BACAAN fs (Ton)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	fs (kg/cm <sup>1</sup> ) /20 cm	à fs	à 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**

**ALLOWABLE COMPRESION BEARING CAPACITY OF SINGLE PILE  
(BASED ON CPT DATA)**

PROYEK : PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDAKIS  
LOKASI : JL. TENTARA PELAJAR KECAMATAN UNGARAN TIMUR KABUPATEN SEMARANG

**S-1** SF = 3 SF = 5

Depth (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Tf (kg/cm)	TIANG PANCANG (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

**S-2** SF = 3 SF = 5

Depth (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Tf (kg/cm)	TIANG PANCANG (TON)				BORED PILE (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

AJG SOIL & TOPOGRAPHY

**ALLOWABLE TENSION CAPACITY OF SINGLE PILE  
(BASED ON CPT DATA)**

PROYEK : PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNDAKIS  
LOKASI : JL. TENTARA PELAJAR KECAMATAN UNGARAN TIMUR KABUPATEN SEMARANG

**S-1** SF = 5

Depth (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	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	54,20

**S-2** SF = 5

Depth (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	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

**AJG SOIL & TOPOGRAPHY**

## Lampiran 2 Data Gempa

4/25/25, 5:47 PM

### Desain Spektra Indonesia



Desain Spektra Indonesia  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60132  
 Telp. (031) 79930303

#### Jenis Input:

Koordinat

Lintang:

-7.141153

Bujur:

110.4137625

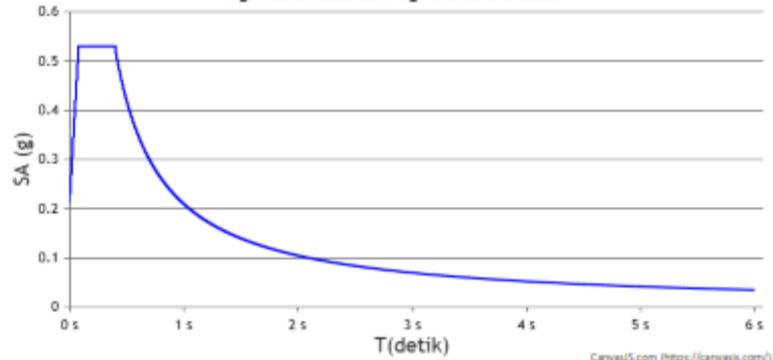
Tampilkan

### Desain Spektra Indonesia

Peta Google Peta MCE<sub>G</sub> Peta MCE<sub>R</sub> (S<sub>G</sub>) Peta MCE<sub>R</sub> (S<sub>I</sub>) Peta C<sub>R</sub> (C<sub>RS</sub>) Peta C<sub>R</sub> (C<sub>RI</sub>)

Grafik Respon Spektra Formula Resource Credits

### Spektrum Respon Desain



SB - Batuan

SC - Tanah Keras, Batuan Lunak

SD - Tanah Sedang

SE - Tanah Lunak

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

#### Kelas

SBC - Batuan

#### Rentang T(s)

Value: 6

#### PGA MCEG

0.3890

(g) bedrock

#### SS MCEr

0.8940

(g) bedrock

#### S1 MCEr

0.3821

(g) bedrock

#### TL

20

Detik

T0(detik)	Ts(detik)	Sds(g)	Sd1(g)
0.08	0.40	0.53	0.21

Save

Print

Lampiran 3 Foto Dokumentasi





