

TUGAS AKHIR

PENGARUH *NEGATIVE SKIN FRICTION* TERHADAP GRUP TIANG PANCANG (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Farmasi UNWAHAS Semarang)

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh:

M. Fairuz Ardhan
NIM : 30201800131

Ryad Rahmadi
NIM : 30201800167

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH *NEGATIVE SKIN FRICTION* TERHADAP TIANG GRUP PANCANG (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Farmasi UNWAHAS Semarang)



Muhammad Fairuz Ardhan
NIM : 30201800131



Ryad Rahmadi
NIM : 30201800167

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 7 Januari 2023

Tim Penguji

1. **Dr. Abdul Rochim, ST, MT.**
NIDN: 0608067601
2. **Selvia Agustina, ST, M.Eng**
NIDN: 0609099001
3. **Lisa Fitriyaana, ST, M.Eng**
NIDN: 0631128901

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST, M.Eng
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 44 / A.2 / SA – T / I / 2023

Pada hari ini tanggal Januari 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Dr. Abdul Rochim, ST, MT.
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Selvia Agustina, ST, M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Muhammad Fairuz Ardhan
30201800131

Ryad Rahmadi
30201800167

Judul : Pengaruh *Negative Skin Friction* Terhadap Grup Tiang Pancang (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Farmasi UNWAHAS Semarang)

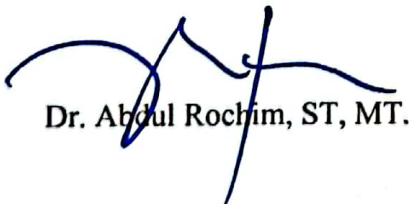
Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	22 Februari 2022	-
2	Seminar Proposal	8 September 2022	ACC
3	Pengumpulan data	10 September 2022	-
4	Analisis data	25 Oktober 2022	-
5	Penyusunan laporan	5 November 2022	-
6	Selesai laporan	27 Januari 2023	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak - pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping


Dr. Abdul Rochim, ST, MT.


Selvia Agustina, ST, M.Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhamad Rusli Ahyar, ST, M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Muhammad Fairuz Ardhan
NIM : 30201800131

NAMA : Ryad Rahmadi
NIM : 30201800167

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : “Pengaruh *Negative Skin Friction* Terhadap Grup Tiang Pancang” (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Farmasi UNWAHAS Semarang) benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka kami bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 7 Januari 2023
Yang membuat pernyataan,

Muhammad Fairuz Ardhan
NIM : 30201800131

Ryad Rahmadi
NIM : 30201800167



PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Muhammad Fairuz Ardhan
NIM : 30201800131
NAMA : Ryad Rahmadi
NIM : 30201800167
JUDUL TUGAS AKHIR : Pengaruh *Negative Skin Friction* Terhadap Grup
Tiang Pancang (Studi Kasus Proyek Pembangunan
Gedung Farmasi UNWAHAS Semarang)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

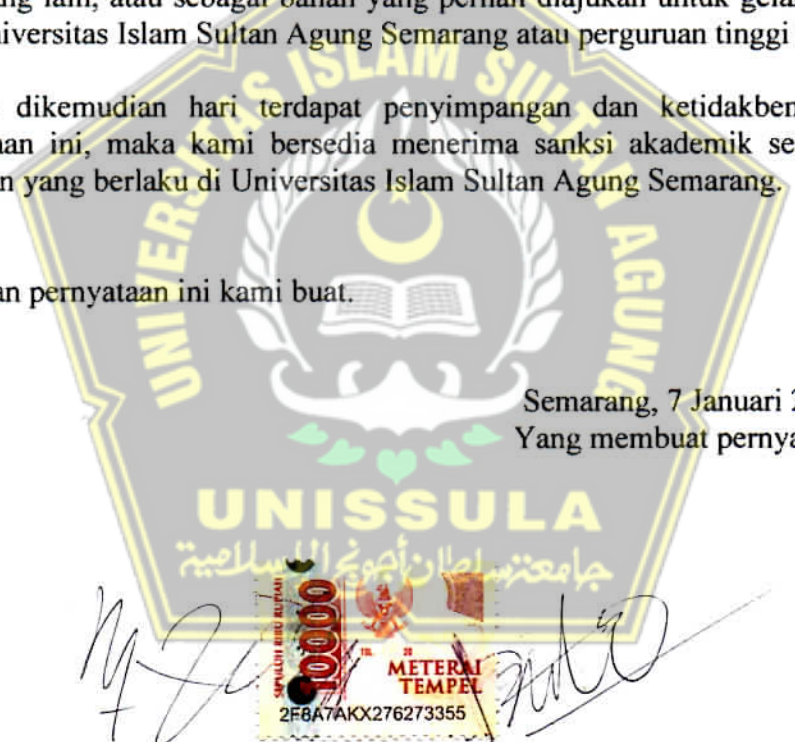
Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini kami buat.

Semarang, 7 Januari 2023
Yang membuat pernyataan,

Muhammad Fairuz Ardhan
NIM : 30201800131

Ryad Rahmadi
NIM : 30201800167



MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ ءَامَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا
لَّهُمْ مِّنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمْ

“Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.”(Q.S Ali Imran : 110)

“Kehidupan itu cuma dua hari. Satu hari berpihak kepadamu dan satu hari melawanmu. Maka pada saat ia berpihak kepadamu, jangan bangga dan gegabah; dan pada saat ia melawanmu bersabarlah. Karena keduanya adalah ujian bagimu.”
(Ali bin Abi Thalib)

"Barang siapa belum merasakan pahitnya belajar walau sebentar, maka akan merasakan hinanya kebodohan sepanjang hidupnya." (Imam Syafi'i)

“Lebih baik memiliki musuh pintar yang banyak daripada memiliki satu kawan yang bodoh. Sebab, musuh yang pintar bisa meningkatkan usaha kita untuk mengalahkannya dengan cara yang lebih pintar. Sedangkan kawan yang bodoh justru bisa merepotkan dan membuat kita kalah karena tingkah bodohnya” (Ali bin Abi Thalib)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini Penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Dwi Setyo Susanto dan Ibu Nunung Chamimah, atas semua cinta, pengertian, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Dosen - dosen UNISSULA Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil yang telah membagikan ilmu.
3. Bapak Dosen Pembimbing Dr. Abdul Rochim, ST, MT. dan Ibu Dosen Pembimbing Selvia Agustina, ST, M.Eng yang dengan sabar membimbing dalam pengerjaan Tugas Akhir kami.
4. Ryad Rahmadi rekan tugas, teman seperjuangan, teman sepermainan dan saudara seiman.
5. Adek – adek saya dan Teman - teman saya yang selalu mendoakan dari jauh dan memberikan semangat untukku.
6. Untuk Teman – teman saya yang sabar membantu dan mengajari dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Teman - teman Teknik Sipil Angkatan 2018 dan semua teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan semangat.

Muhammad Fairuz Ardhan
NIM : 30201800131

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini Penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Walgito. ST dan Alm. Ibu Marmi, atas semua cinta, pengertian, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Dosen - dosen UNISSULA Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil yang telah membagikan ilmu.
3. Bapak Dosen Pembimbing Dr. Abdul Rochim, ST, MT. dan Ibu Dosen Pembimbing Selvia Agustina, ST, M.Eng yang dengan sabar membimbing dalam pengerjaan Tugas Akhir kami.
4. Muhammad Fairuz Ardhan rekan tugas, teman seperjuangan, teman permainan dan saudara seiman.
5. Kakak - kakak saya yang selalu mendoakan dari jauh dan memberikan semangat.
6. Teman - teman kos bangla yang selalu terbuka memberi tempat singgah selama pengerjaan Tugas Akhir.
7. Teman - teman Teknik Sipil Angkatan 2018 dan semua teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan semangat.

Ryad Rahmadi
NIM : 30201800167

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh *Negative Skin Friction* Terhadap Grup Tiang Pancang (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Farmasi UNWAHAS Semarang)” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST, M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Selvia Agustina, ST, M.Eng selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada Penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi Penulis juga bagi para Pembaca.

Semarang,

Muhammad Fairuz Ardhan (30201800131)

Ryad Rahmadi (30201800167)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tanah	4
2.2 Klasifikasi Fondasi.....	5
2.2.1 Fondasi Dangkal	5
2.2.2 Fondasi Dalam	7
2.3 Klasifikasi Fondasi Tiang	7
2.3.1 Kapabilitas Daya Dukung Tiang Pancang	8
2.3.2 Perhitungan daya dukung pondasi metode <i>Mayerhoff</i>	9
2.3.3 Kapabilitas Tiang Dari Hasil Uji Tanah.....	10
2.4 Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang.....	11
2.4.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal	13
2.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang Grup	13

2.5 Efisiensi dan Kapabilitas Grup Tiang	13
2.6 Perhitungan Penurunan Elastisitas Tiang.....	16
2.7 Perkiraan Penurunan Grup Tiang (<i>Pile Group</i>)	18
2.8 Penurunan yang diijinkan.....	18
2.9 Faktor Keamanan	19
2.10 Efisiensi Grup Tiang	19
2.11 Beban Maksimum Tiang.....	21
2.12 Negative skin friction.....	22
2.13 Penelitian Terdahulu	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Pendahuluan	25
3.2 Data Penelitian	25
3.3 Lokasi Proyek	25
3.4 Pengumpulan Data	26
3.5 Metode Pengolahan Data	26
3.6 Metode Analisis Data.....	26
3.7 Diagram Alir Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Tinjauan Umum	28
4.2. Data Gedung.....	29
4.3. Analisa Perhitunga Daya Dukung Aksial Tiang Pancang	32
4.3.1. Daya Dukung Aksial Fondasi Metode <i>Mayerhoff</i>	32
4.4. Perhitungan Penurunan Tiang Pancang Tunggal (<i>single pile</i>)	37
4.5. Perhitungan Penurunan Tiang Grup (<i>pile group</i>).....	39
4.6. Menghitung Efisiensi Tiang Pancang Grup	40
4.7. Daya Dukung Berlandaskan Bahan	41
4.8. Daya Dukung Berlandaskan Data CPT (<i>Cone Penetration Test</i>)	42
4.9. Menghitung <i>Negative skin friction</i> pada tiang pancang.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Nilai Koefisien Empiris (C_p)	17
Tabel 2. 2. Faktor Keamanan yang Disarankan	19
Tabel 2. 3. Tabel Daftar Penelitian Terdahulu	24
Tabel 3. 1. Hasil Uji Coring / Bor Log pada titik BM – 2	26
Tabel 4. 1. Output Joint Reaction.....	30
Tabel 4. 2. Perhitungan Daya Dukung Aksial Tiang Pncang Berlandaskan Metode Meyerhoff.....	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Fondasi Rakit	6
Gambar 2. 2. Fondasi Talapak (Hardiyatmo., 2002).....	6
Gambar 2. 3. Fondasi Menerus (Hardiyatmo, 2002)	7
Gambar 2. 4. Fondasi Dalam	7
Gambar 2. 5. Kuat Geser (cu) dengan Faktor Adhesi (α) (API, 1987)	10
Gambar 2. 6. Grup Tiang Pancang (Sumber : Das, B. M. 1995)	14
Gambar 2. 7. Jenis distribusi tahanan kemul sepanjang tiang.....	17
Gambar 2. 8. Faktor Keamanan yang Disarankan	20
Gambar 2. 9. Contoh Kasus Negative Skin Friction	22
Gambar 3. 1. Lokasi Proyek Pembangunan Gedung Farmasi UNWAHAS	25
Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4. 1. Gambar Permodelan Sap 2000.....	28
Gambar 4. 2. Data Tanah Boring log Kampus UNWAHAS Semarang	29
Gambar 4. 3. Denah Pondasi Gedung Kampus UNWAHAS Semarang	31
Gambar 4. 4. Detail Fondasi Type PC 6	31
Gambar 4. 5. Kuat Geser (cu) dengan Faktor Adhesi (α)	33
Gambar 4. 6. Susunan Grup Tiang Pancang	40



**PENGARUH *NEGATIVE SKIN FRICTION* TERHADAP GRUP
TIANG PANCANG PADA GEDUNG FARMASI UNWAHAS
SEMARANG
ABSTRAK**

Keamanan konstruksi bangunan Gedung sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah dasar dan fondasinya. *Negative Skin friction* perlu dipertimbangkan dalam perencanaan apabila memenuhi salah satu syarat antara lain ketebalan dari lapisan lunak yang kompresibel lebih dari 10 m. Pada data tanah lunak pada kasus ini mencapai 15 m. Untuk itu tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh *negative skin friction* terhadap grup tiang pancang pada gedung farmasi UNWAHAS Semarang.

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data sekunder yaitu data penyelidikan tanah dan data perhitungan struktur dengan aplikasi SAP2000 gedung farmasi UNWAHAS. Kemudian kedua data dianalisis menggunakan metode Meyerhoff dan metode Vesic. Serta menghitung *negative skin friction* (Q_{neg}) untuk mengetahui beban gaya gesek dinding negatif tersebut berpengaruh terhadap tiang pancang masih dalam batas aman

Hasil analisa perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang pada kedalaman 15 meter menggunakan metode *Meyerhoff* diperoleh Q_{ult} 235,02 Ton serta Q_{all} 94,01 Ton, sedangkan hasil analisa perhitungan daya dukung tiang pancang grup diperoleh $Q_{all} = 429,25$ Ton lebih besar dari gaya aksial fondasi tiang pancang sebesar 199,37 Ton. Untuk hasil perhitungan penurunan fondasi tiang pancang bergrup pada tipe PC 06 dengan metode *Vesic* diperoleh hasil 63,56 mm. Hasil analisa penelitian pada sebuah sistem tiang pancang grup pada pembangunan Gedung Farmasi UNWAHAS, didapat *negative skin friction* (Q_{neg}) yang bekerja sebesar 187,083 kN dengan hasil tersebut maka dinyatakan aman.

Kata Kunci: *Tiang pancang, Penurunan, Negative skin friction*

**NEGATIVE SKIN FRICTION EFFECT IN GROUP
OF STILLS IN THE UNWAHAS
PHARMACEUTICAL BUILDING SEMARANG**

ABSTRACT

Building construction safety is significantly impacted by stable subgrade conditions and foundations. The pile foundation is a component of the lower building's construction, which functions to transmit load from the upper structure to the layer of soil underneath. Negative skin friction is a friction between the pile surface and the ground as it descends. The purpose of this study was to analyze the effect of negative skin friction on the pile group at the UNWAHAS Semarang pharmacy building.

This research began with the collection of secondary data, soil investigation data and structural calculation data obtained from the SAP2000 application of the UNWAHAS pharmacy building. Then the two data were analyzed using the Meyerhoff method and the Vesic method. As well as calculating the negative skin friction (Q_{neg}) to find out the negative wall friction load that affects the pile is still within safe limits

The results of the analysis of the calculation of the bearing capacity of the pile foundation at a depth of 15 meters using the Meyerhoff method obtained Q_{ult} 235.02 Tons and Q_{all} 94.01 Tons, while the results of the analysis of the calculation of the bearing capacity of group piles obtained $Q_{all} = 429.25$ Tons greater than the axial force of the foundation pile of 199.37 tons. For the results of calculating the settlement of group pile foundations on type PC 06 with the Vesic method, the result is 63.56 mm. The results of the research analysis on a group pile system in the construction of the UNWAHAS Pharmacy Building, obtained negative skin friction (Q_{neg}) that worked at 187.083 kN with these results declared safe.

Keywords: Pile, Seduction, Negative skin friction

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semua pekerjaan sipil, seperti Jalan, Gedung, Jembatan, dan Struktur Hidrolik seperti saluran irigasi dan bendungan, akan didukung oleh tanah. Kualitas tanah dengan demikian memiliki dampak yang signifikan terhadap stabilitas dan keamanan bangunan yang didukungnya. Fondasi merupakan salah satu komponen konstruksi yang berkaitan langsung dengan tanah. Fondasi bangunan adalah struktur bawah tanah yang memikul beban struktur atas. Hal ini dilakukan agar bangunan tidak terlalu mengalami kelongsoran atau penurunan.

Saat momen tertentu, yakni saat keadaan tanah gembur separuh atau seluruh tanah pada area selimut tiang beranjak ke dalam secara relative kepada tiang, yaitu tiang pasif sedangkan tanah bergeser ke bawah. Akibatnya, gaya gesek di bagian atas tiang mulai mengarah ke dalam, menimbulkan gaya baru yang harus dipertahankan tiang. Gesekan kulit negatif (Q_{neg} /negative skin friction) adalah gaya gesek yang bekerja ke bawah yang disebabkan oleh kotoran pada dinding tiang pancang.

Kapabilitas daya dukung tiang pancang grup tanpa dipengaruhi gaya gesek dinding negatif lebih besar dibandingkan dengan adanya pengaruh gaya gesek negatif.(Fauziyah, 2020). Gedung fakultas farmasi UNWAHAS sebagai bahan studi penulis ini terdiri dari tanah lempung sampai kedalaman 15m, seperti saat keadaan tanah lempung memungkinkan terjadinya gaya gesek dinding negatif, maka diperlukan adanya perhitungan tambahan terkait negative skin friction ini.

1.2. Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah pada tugas akhir kami :

1. Berapa besar kapasitas dukung aksial dan kemerosotan tanah pada Fondasi tiang pancang pada proyek Gedung Fakultas Farmasi UNWAHAS menggunakan perhitungan manual?
2. Berapa besarnya gaya gesek kemul negatif (Q_{neg} / negative skin friction) yang terjadi pada tiang pancang ?
3. Ketika ada gesekan permukaan negatif, berapa gaya yang diperlukan untuk tahanan fondasi tiang pancang (Q_{neg} / negative skin friction)?

1.3. Batasan Masalah

Berikut adalah beberapa masalah yang telah diidentifikasi dengan tugas akhir ini :

1. Pembebanan pada bagian atas konstruksi didapatkan dari lokasi penelitian dengan data sekunder.
2. Studi perencanaan hanya membahas substruktur Gedung Farmasi UNWAHAS
3. Melakukan perhitungan beban struktur atas untuk menganalisa beban yang ditumpu oleh pondasi menggunakan SAP 2000 V.20
4. Tidak menganalisa perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya).

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini ialah :

1. Mengetahui kapabilitas daya dukung (aksial dan lateral) dan penurunan tanah pada Fondasi dalam proyek pembangunan Gedung Fakultas Farmasi UNWAHAS menggunakan menggunakan perhitungan manual dan software.
2. Mengetahui besarnya gaya gesek permukaan negatif (Q_{neg} / negative skin friction) yang terjadi pada tiang pancang.
3. Mengetahui kekuatan atau keadaan tiang pancang sesudah terjadinya gaya gesekan permukaan negatif (Q_{neg} / negatif skin friction).

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain sebagai sarana belajar penyusun dalam menganalisa pengaruh *negative skin friction* pada skema Fondasi grup tiang pancang dan sebagai sarana belajar atau referensi untuk adik – adik tingkat kami dikemudian hari.

1.6. Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan rincian bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini di bahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup pembahasan, tujuan dan manfaat penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori dasar untuk mendukung studi dalam laporan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini meliputi metodologi, pengumpulan data, serta analisis yang dipakai dalam laporan ini.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, kami menggunakan data kami untuk menilai dan menghitung daya dukung pondasi dangkal serta penurunan muka tanah berlandaskan data yang di dapatkan.

BAB V PENUTUP

Dalam laporan akhir ini, terdapat penilaian dan rekomendasi tentang studi kasus.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Sebuah zona di permukaan bumi yang dikenal sebagai pedosfer adalah tempat terbentuknya tanah secara alami. Itu terdiri dari massa lepas dari batuan yang sudah usang dan hancur bercampur dengan bahan organik. Tanah bukanlah bentuk ujud tedas (*di stinct*), berbeda dengan mineral, tanaman, dan hewan. Litosfer, atmosfer, hidrosfer, dan biosfer semuanya berinteraksi dan tumpang tindih satu sama lain di dalam pedosfer. Jadi tanah dapat dianggap sebagai fenomena yang melintasi batas-batas berbagai kejadian alam di permukaan bumi. (Notohadiprawiro, 2006)

Bahan organik yang membusuk menjadi tanah, yang berisikan agregat padat (butiran) mineral yang tidak terikat secara kimia satu sama lain, serta partikel cair dan gas yang menempati ruang antar partikel padat (Das 1995).

Keterkaitan antar partikel tanah yang relatif lemah, seperti yang dijelaskan oleh Hardiyatmo (1992) dalam Apriliyandi (2017), dapat terbentuk di antara partikel karena pengendapan karbonat, bahan organik, atau oksida. Kekosongan di antara partikel-partikel itu mungkin hanya berisi udara atau sesuatu yang lain. (UNY, 2018)

Dokuchaiev, (1877) Definisi tanah dapat dicirikan sebagai wilayah geografis yang luas yang tidak hanya terkait dengan iklim tetapi juga lingkungan vegetatif dalam skala global..

Tanah adalah material batuan yang telah terurai menjadi partikel - partikel kecil yang telah terurai secara kimia yang berubah bersama sisa hewan dan tumbuhan yang pernah hidup di dalam maupun di atasnya. (Fatkhurrohman, 2017)

2.2 Klasifikasi Fondasi

Pondasi adalah pekerjaan pada bagian bawah struktur (substruktur) yang berfungsi untuk memindahkan beban dari bagian atas struktur (uperstruktur) ke basement dibawahnya. Ketahanan pondasi harus mempertimbangkan kesesuaian antara beban dengan struktur dan daya dukung tanah. Menurut Bowles (1997), dua syarat umum yang wajib diperhatikan dalam perencanaan pondasi ialah:

1. Tanah dasar harus mampu memikul beban konstruksi tanpa mengalami keruntuhan geser (*shear failure*).

2. Penurunan Fondasi yang terjadi diwajibkan dalam batas yang diperbolehkan. Fondasi sendiri terbagi menjadi dua type berlandaskan perbandingan antara lebar Fondasi dan kedalamannya, yaitu Fondasi dalam dan Fondasi dangkal

Fondasi dangkal ialah Fondasi dengan kedalaman kurang dari empat kali lebar, sedangkan Fondasi dalam adalah Fondasi yang dipakai jika kedalaman Fondasi lebih dari empat kali lebar Fondasi. Jika rasio kedalaman terhadap lebar fondasi lebih besar dari empat, fondasi diklasifikasikan sebagai fondasi dalam. Seperti yang disebutkan sebelumnya sebuah fondasi aka naman jika:

1. Penurunan (*settlement*) tanah akibat beban masih pada batas yang diijinkan.
2. Tidak terjadi kemerosotan geser pada tanah tempat fondasi diletakkan.

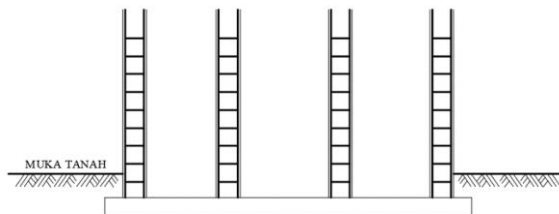
Secara umum fondasi dibagi menjadi dua type yaitu fondasi dangkal, dan fondasi dalam.

2.2.1 Fondasi Dangkal

Disebut pondasi dangkal karena kedalaman masuknya ke tanah relatif dangkal. Pondasi dangkal memiliki kekuatan yang terletak pada dasarnya, karena jenis pondasi seperti ini memiliki fungsi untuk mengalirkan dan menyalurkan beban ke lempengan tanah. Fondasi dangkal ditentukan jika kedalamannya yaitu $D_f / B \leq 1$ (Terzaghi 1943).

a. Fondasi Rakit

Fondasi rakit biasanya dikombinasikan dengan struktur basemen, selain untuk menambah fungsi fondasi juga untuk menambah kapasitas dukung fondasi dan mengurangi penurunan yang terjadi.



Gambar 2. 1. Fondasi Rakit

(Hardiyatmo, 2002)

b. Fondasi Telapak

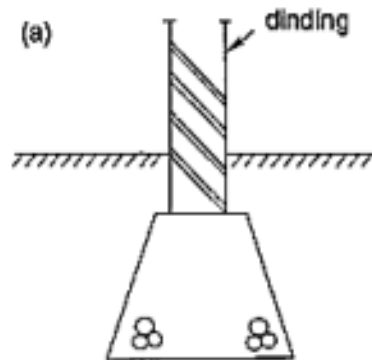
Fondasi telapak digunakan sebagai tumpuan kolom yang berdiri sendiri. Fondasi ini terbuat dari beton bertulang yang dibentuk menyerupai telapak dan memiliki ketebalan tertentu, cocok diterapkan untuk bangunan bertingkat.



Gambar 2. 2. Fondasi Talapak (Hardiyatmo,., 2002)

c. Fondasi Menerus

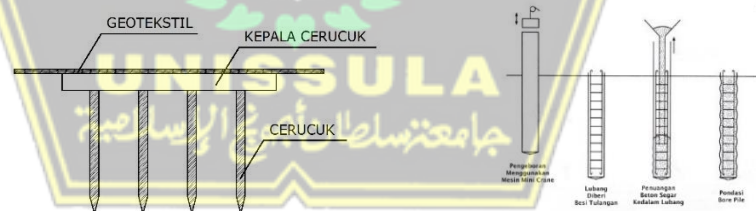
Fondasi dipakai pada tanah dengan daya dukung tanah yang sama. Kekuatan fondasi ini untuk meneruskan beban dianggap merata karena kapabilitas beban tanah yang sama dapat mengurangi beban yang dipikul oleh lempengan fondasi ini.



Gambar 2. 3. Fondasi Menerus (Hardiyatmo, 2002)

2.2.2 Fondasi Dalam

- a. Fondasi Cerucuk, digunakan jika ingin membangun bangunan diatas rawa, atau tanah yang banyak sampah. Cerucuk mempunyai fungsi untuk memadatkan tanah.
- b. Fondasi Tiang Bor, sangat cocok untuk memancang tiang pancang ke tanah yang keras karena efektif dalam menopang beban. Selain itu tiang ini juga dapat menahan gaya lateral yang diakibatkan oleh momen inersia yang besar.



Gambar 2. 4. Fondasi Dalam

2.3 Klasifikasi Fondasi Tiang

Berikut adalah beberapa golongan fondasi tiang (Braja, 1995; Terzaghi et al. 1987; Terzaghi and Peck 1987; Sanglerat et al., 1989; Sosrodarsono et al., 2000)

- a) Menurut cara menyalurkan beban, tiang pancang dibagi 2 yaitu:

- *End bearing pile* (tiang pancang dengan tahanan ujung) Tiang ini menyalurkan beban melewati tahanan ujung ke lempengan tanah keras.
- *Friction pile* (tiang gesekan) Tiang jenis ini dipakai jika kondisi tanah memiliki lempengan tanah keras yang dalam, sehingga sulit untuk membuat dan mendesain tiang pancang sampai lempengan tersebut untuk dilakukan.

b) Sesuai bahan yang dipakai, tiang pancang dibagi menjadi empat:

- Tiang pancang kayu
- Tiang pancang baja
- Tiang pancang beton
- Tiang pancang komposit

2.3.1 Kapabilitas Daya Dukung Tiang Pancang

Kapabilitas Tiang pancang atau daya dukung tiang untuk menyokong beban. Kapabilitas tiang secara *statis* memakai sifat-sifat teknis tanah dari teori mekanika tanah, dan daya dukung tiang bersifat dinamis dengan menganalisa daya dukung *ultimit* dari data pemancangan tiang. Hasil ini perlu diverifikasi dengan pengujian tiang untuk memastikan hasilnya. Syarat - syarat yang harus dilengkapi ialah :

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampaunya kapabilitas dukung harus dipenuhi.
2. Penurunan fondasi wajib dalam ambang batas yang diperbolehkan. Terkhusus penurunan yang tidak seragam jangan sampai mengakibatkan kerusakan struktur.

• Kapabilitas Daya Dukung Tiang Tunggal

1. Kapabilitas daya dukung tiang menurut hasil uji tanah
2. Rumus dinamis dipakai untuk menentukan daya dukung tiang pancang (Dynamic Formula).
3. Diagram penetrasi dari penetrometer dipakai untuk mencari daya dukung tiang.
 - a. Hasil Uji Kerucut Statis (Sondir) / *Static Penetration Test*

- b. Hasil Uji N SPT / *standard Penetration Test* (SPT) dapat dikoreksi untuk digunakan sebagai daya dukung tiang pancang.
4. Daya dukung tiang pancang berlandaskan hasil uji beban langsung kapabilitas daya dukung tiang merupakan penjumlahan dari perlawanan ujung dan perlawanan kemul tiang.

2.3.2 Perhitungan daya dukung pondasi metode *Mayerhoff*

Rumus daya dukung ujung tiang dengan menggunakan metode *Mayerhoff*, 1956, pada tanah non kohesif (Jati, R. I dan Prananda, 2021) dapat dilihat pada Persamaan (2.1-2.4) :

$$Q_p = 40 \times N_b \times A_p \dots\dots\dots (2.1)$$

Persamaan daya dukung ujung pondasi (Kohesif) :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \dots\dots\dots (2.2)$$

Persamaan daya dukung kemul untuk tanah tidak kohesif :

$$Q_s = 4 \times N - SPT \times P \times L_i \dots\dots\dots (2.3)$$

Persamaan daya dukung kemul tiang (kohesif) :

$$Q_s = \alpha \times C_u \times P \times L_i \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

Q_p = Daya dukung ujung tiang (kN)

$$N_b = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N_1 = N-SPT 10D

N_2 = N-SPT 4D

A_p = Luas permukaan (m²)

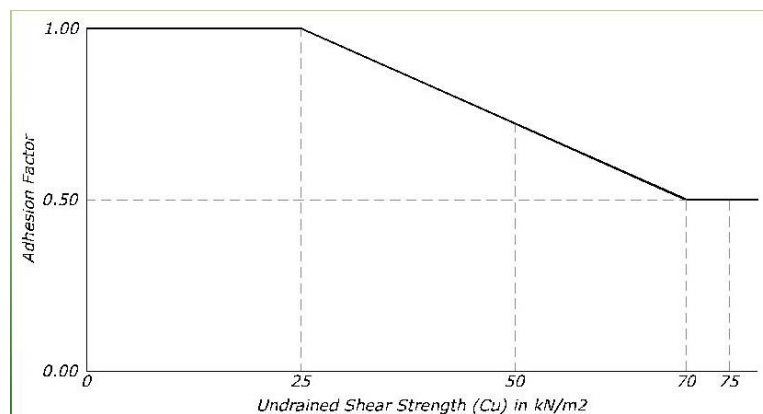
C_u = Kohesi tanah (kN/m²)

α = Adhesi empiris

P = Keliling

L_i = Tebal lempengan tanah (m)

Untuk mendapatkan faktor adhesi empiris, ditengok pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5. Kuat Geser (c_u) dengan Faktor Adhesi (α) (API, 1987)

2.3.3 Kapabilitas Tiang Dari Hasil Uji Tanah

Daya dukung ultimit tiang tunggal (Q_u), ialah penjumlahan tahanan ujung ultimit (Q_b), dan tahanan gesek dinding ultimit (Q_s), antara permukaan tiang dan tanah disekitar dikurangi berat tiang itu sendiri (W_p). Bila dijabarkan menggunakan rumus ialah.

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

W_p = berat tiang sendiri (kN)

Q_u = daya dukung *ultimit* *neto* (kN)

Q_b = tahanan ujung bawah *ultimit* (kN)

Q_s = tahanan gesek *ultimit* (kN)

Tahanan ujung *ultimit*

$$q_b = \frac{Q_b}{A_b} = c_b N_c + p_b N_q + 0,5 \gamma d N \dots\dots\dots(2.6)$$

$$q_b = A_b = [c_b N_c + p_b N_q + 0,5 \gamma d N \gamma] \dots\dots\dots(2.7)$$

Tahanan gesek dinding kemul

$$Q_s = \Sigma A_s [c_d + K d p o t \phi d] \dots\dots\dots(2.8)$$

2.4 Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Kapabilitas atau kecakapan tiang untuk menyokong beban disebut daya dukung tiang.

1. Daya Dukung / Tahanan Ujung Bebas

Untuk mencari daya dukung tiang pancang berlandaskan tahanan ujung memakai metode mayerhof

$$Q_{sp} = \frac{Q_c \times A_b}{F_b} + \frac{TF \times U}{F_s} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan :

Q_{sp} = Daya dukung ujung vertikal (Ton)

Q_c = Tahanan konus di ujung tiang (ton/m²)

A_b = Luas permukaan ujung tiang (m²)

U = Keliling tiang (m)

TF = *Total Friction/ Cleef* total sepanjang tiang (ton/m)

F_b = Faktor keamanan 3

F_s = Faktor keamanan 5

2. Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang berlandaskan N-SPT

Daya dukung tiang pancang berlandaskan N-SPT menggunakan metode *Meyerhof* :

- Tanah Non – Kohesif

Tahanan ujung tiang :

$$Q_p = 40 \times N - \frac{SPT \times Li}{D \times A_p} \dots \dots \dots (2.10)$$

Tahanan geser kemul tiang :

$$Q_s = 2\chi N - SPT \chi p \chi li \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan :

Q_p = Daya dukung limit pondasi tiang pancang (ton)

Q_s = Tahanan geser selimut beton (Ton)

N-SPT = Nilai N-SPT

L_b = Panjang tiang (m)

D = Lebar tiang (m)

A_p = Luas permukaan tiang (m²)

P = Keliling tiang (m)

L_i = Panjang lempengan tanah (m)

• Tanah Kosehif

Tahanan ujung tiang

$$Q = 9 \chi Cu \chi Ap \dots\dots\dots(2.12)$$

Tahanan geser kemul tiang :

$$Q_s = \alpha \chi Cu \chi p \chi Li \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan

Q_p = Daya dukung batas pondasi tiang pancang (Ton)

Q_s = Tahanan geser kemul beton (Ton)

Cu = Nilai Kohesif (Ton/m²)

α = kohesif adhesi antara tanah dan tiang

A_p = Luas permukaan tiang (m²)

P = Keliling tiang (m)

L_i = Panjang lempengan tanah (m)

2.4.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Kapabilitas dukung tiang ialah kecakapan atau kapabilitas tiang untuk memikul beban. Kapabilitas dukung tiang dari uji kerucut statis (CPT) atau sondir. Perhitungan daya dukung tiang pancang dilaksanakan dengan metode langsung atau *direct one*, dengan persamaan seperti berikut:

$$Q_u = q_c \cdot A_p + JHL \cdot k \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

Q_u = Daya dukung tiang pancang tunggal (kN)

q_c = Tahanan ujung sondir (ton/m²)

A_p = Luas permukaan dasar tiang (m²)

JHL = Jumlah hambatan lekat atau total *friction*

K = Kelilling tiang (m)

2.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang Grup

Nilai daya dukung tiang pancang grup didapatkan dengan memakai faktor efisiensi tiang yang dijabarkan dengan persamaan 2.15 (Hardiyatmo, 2015) :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

Q_g = Daya daya dukung tiang grup (kN)

E_g = Efisiensi grup tiang (m)

n = Jumlah tiang dalam grup (Bj)

Q_u = Daya dukung tiang tunggal (kN)

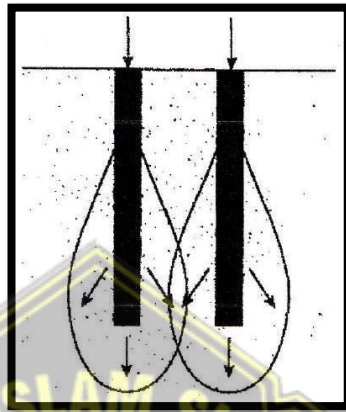
2.5 Efisiensi dan Kapabilitas Grup Tiang

Grup tiang ialah kumpulan tiang yang diapasang relative berdekatan, biasanya digabungkan bersama dibagian atas menggunakan pile cap. Untuk menghitung nilai daya dukung tiang kelompok, perlu diperhatikan beebraha hal terlebih dahulu, yaitu susunan tiang, jarak antar tiang, dan jumlah tiang dalam stu grup.

Poer dianggap / dibuat benar - benar kaku dalam perhitunagn, sehingga:

- a. Bidang poer teteap menjadi datar jika beban bekerja pada grup tiang menimbulkan kemerosotan.
- b. Gaya bekerja pada tiang sebanding dengan kemerosotan tiang.

Grup Tiang Pancang seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6. Grup Tiang Pancang (Sumber : Das, B. M. 1995)

Menurut Coduto (1994), efisiensi tiang pancang tergantung pada beberapa factor, yaitu :

1. Jumlah, panjang, diameter, penempatan, serta jarak antar tiang
2. Model transfer beban.
3. Proses penerapan tiang.
4. Langkah penerapan tiang.
5. Macam tanah.
6. Waktu setelah instalasi.
7. Arah dari beban yang bekerja.

Metode kalkulasi berlandaskan pada deretan tiang, tanpa melibatkan panjangnya tiang, bentuk dan desain tiang yang mengerucut, karakteristik tanah tiap kedalamannya serta dampak muka air tanah. Dalam penelitian ini, kami menggunakan dua metode untuk menghitung efisiensi grup tiang. Hal ini dapat

dilihat pada persamaan 2.16 - 2.19.

a). Metode *Converse-Labarre*

Efisiensi grup tiang (η) didapatkan dari persamaan 2.16

$$\eta = 1 - \Theta \frac{(n-1)m + (m-1)}{90 \times m \times n} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

Θ = Arc tan d/s dalam derajat

n = Jumlah tiang dalam satu barisan

m = Jumlah baris tiang

b). Metode Los Angeles

Efisiensi grup tiang (μ) diperoleh dari persamaan 2.17

$$\eta = 1 - \frac{d}{s \times m \times n} [m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(n-1)}] \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

η = Efisiensi grup tiang

n = Jumlah tiang dalam satu baris

m = Jumlah baris tiang

d = Diameter tiang (m)

s = Jarak antar tiang (m)

π = Phi lingkaran = $\frac{22}{7}$

Kapabilitas beban ultimate grup tiang dengan menyertakan faktor efisiensi tiang dapat dinyatakan dengan persamaan 2.18

$$Q_g = \eta \times n \times Q_a \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

Q_g = Pada akhirnya beban grup tiang maksimum menyebabkan keruntuhan (ton)

n = Total tiang dalam grup

Q_a = Beban maksimal pada tiap tiang tunggal (ton)

2.6 Perhitungan Penurunan Elastisitas Tiang

Penurunan elastisitas tiang dibawah beban kerja vertikal (Q_w) yang dapat dilihat pada persamaan 2.16 - 2.18.

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \quad (2.16)$$

Dengan :

$S_{e(1)}$ = Penurunan tubuh tiang

$S_{e(2)}$ = Penurunan tiang akibat beban di puncak tiang

$S_{e(3)}$ = Penurunan tiang akibat beban yang tersalur di sepanjang tiangi

Untuk penurunan tubuh tiang dapat dikalkulasi memakai persamaan seperti berikut :

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \quad (2.17)$$

Dimana :

Q_{wp} = Berat yang ditopang oleh pile head saat sedang beroperasi.

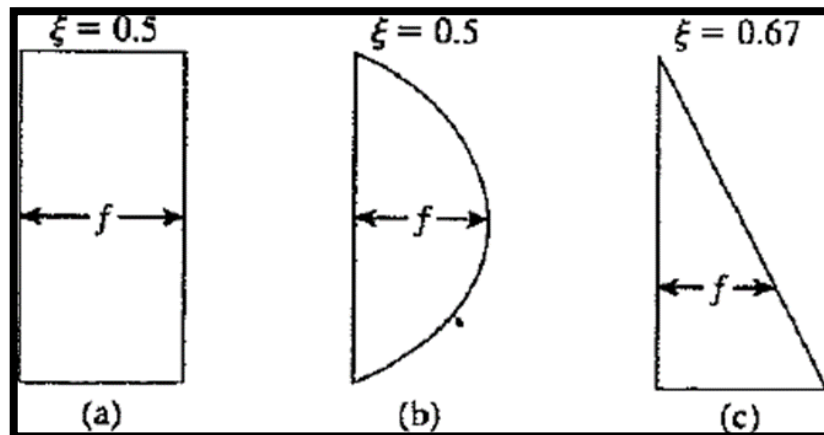
Q_{ws} = Dalam kondisi kerja normal, beban yang dibawa oleh tahanan gesek

A_p = Luas permukaan tiang

L = Panjang tiang

E_p = Modulus elastisitas bahan tiang

Nilai ξ bervariasi antara 0.5 dan 0.67 dan akan bergantung pada distribusi resistensi lempengan f sepanjang kemul tiang. Jika distribusi f seragam atau parabola, maka nilai $\xi = 0.5$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7a dan 2.7b. Namun, untuk distribusi segitiga (Gambar 2.7c), besarnya ξ sekitar 0.67. (Muhshin & Ika Putra, 2021)



Gambar 2. 7. Jenis distribusi tahanan kemul sepanjang tiang

(Sumber : Bowles, 1993)

Tabel 2. 1. Nilai Koefisien Empiris (Cp)

Tipe Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Sand (dense to loose)	0,02 – 0,04	0,09 – 0,18
Clay (stiff to soft)	0,02 – 0,03	0,03 – 0,06
Silt (dense to loose)	0,03 – 0,05	0,09 – 0,12

(Sumber : Das, 1995)

Menurut Vesic (1977) metode semi-empiris untuk mendapatkan besarnya nilai penurunan $S_{e(2)}$ persamaannya sebagai berikut :

$$S_{e(2)} = \frac{Q_{wp} \cdot C_p}{D \cdot q_p} \dots \dots \dots (2.18)$$

Vesic (1977) juga menyarankan hubungan empiris sederhana untuk mendapatkan $S_{e(3)}$:

$$S_{e(3)} = \frac{Q_{wp} C_s}{L \cdot q_p} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dalam persamaan ini C_s = empiris konstan = $(0.93 + 0.16\sqrt{L/D} C_p)$

2.7 Perkiraan Penurunan Grup Tiang (*Pile Group*)

Dalam perhitungan fondasi tiang pancang, kapabilitas beban yang diijinkan pada setiap tiang biasanya didasarkan kepada persyaratan penurunan. Penurunan tiang utama bergantung pada hasil banding tahanan ujung dengan beban tiang. Jika beban yang ditopang tiap tiang kurang dari atau sama dengan tahanan ujung tiang, penurunan bisa sangat rendah terjadi. Rumus perhitungan penurunan grup tiang dengan metode Vesic dapat dilihat pada persamaan 2.20.

$$S_g = S_e \sqrt{\frac{B_g}{D}} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

- S_g = Penurunan tiang grup group (m)
- S_e = Penurunan fondasi tiang tunggal (m)
- B_g = Lebar grup tiang (m)
- D = Diameter

2.8 Penurunan yang diijinkan

Penurunan yang diijinkan pada konstruksi tergantung dari beberapa aspek, Aspek-aspek tersebut adalah : type , tinggi , dan fungsi bangunan, dan ukuran serta kecepatan kemerosotan dan penyebarannya. Jika penurunannya lamban, maka semakin besar kecakapan struktur untuk beradaptasi terhadap kemerosotan yang terjadi tanpa menimbulkan keruntuhan sruktur akibat pengaruh creep. Maka dari itu kriteria penurunan pondasi pada tanah berpasir dan tanah liat tidak sama.

Penurunan maksimal bisa diprediksi dengan akurasi maksimal, biasanya dengan menetapkan hubungan antara penurunan diijinkan dengan penurunan maksimal, inilah syarat perbandingan penurunan yang aman dapat dilihat pada persamaan 2.21.

$$S_{total} \leq S_{izin}$$
$$S_{izin} = 10\% D \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana : D = Diameter Tiang

2.9 Faktor Keamanan

Daya dukung tiang pancang yang diijinkan dapat dihitung dengan membagi daya dukung ultimit pondasi tiang pancang dengan faktor keamanan yang telah ditentukan sebelumnya. Penelitian ini akan mengikuti aspek keamanan yang disarankan pada Tabel 2.2 oleh Reese dan O'Neill.

Tabel 2. 2. Faktor Keamanan yang Disarankan

Klasifikasi Struktur	Faktor Keamanan			
	Kontrol Baik	Kontrol Normal	Kontrol Jelek	Kontrol Sangat Jelek
Monumental	2,3	3	3,5	4
Permanen	3	2,5	2,8	3,4
Sementara	1,4	2,0	2,3	2,8

(Sumber : Reese dan O'Neill)

2.10 Efisiensi Grup Tiang

Dalam rekayasa, istilah "efisiensi tiang" (disingkat "Eg") mengacu pada produk dari daya dukung ultimit masing-masing tiang dan efek kolektif dari sekelompok tiang (Hardiyatmo, 2015). Salah satu padaan keefktifan tiang yang diturunkan dari rumus converse-labarre ditunjukkan oleh Persamaan 2.22.

$$Eg = 1 - \theta \cdot \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90.m.n'} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

Eg = Efisiensi grup tiang

m = Jumlah baris tiang

n' = Jumlah tiang dalam satu baris (Bj)

$\theta = \arctg \frac{d}{s}$, dalam derajat (°)

S = Jarak pusat ke pusat tiang (m)

D = Diameter tiang atau sisi tiang (m)

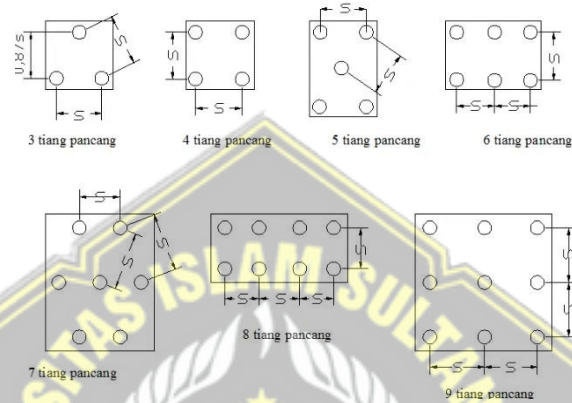
Susunan konfigurasi tersebut disarankan oleh Fellenius (2006) dengan jarak minimal tiang sesuai pada persamaan 2.23 :

$$S = 2,5 \cdot d + 0,02 \cdot L \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana :

d = Diameter tiang (m)

L = Panjang / kedalaman penetrasi tiang (m)



Gambar 2. 8. Faktor Keamanan yang Disarankan

2.11 Beban Maksimum Tiang

Beban maksimal yang bekerja pada setiap tiang dalam grup tiang pancang, di cari berlandaskan gaya aksial dan tiap momen yang bekerja pada tiang pancang.

$$P_{\max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x Y_{\max}}{\Sigma y^2} + \frac{M_y X_{\max}}{\Sigma x^2} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

$P_{\max}$ = Beban maksimal yang diterima setiap tiang

ΣP =Jumlah total beban aksial yang bekerja pada tiang (termasuk poer)

M_x = Momen yang terjadi pada arah x

M_y = Momen yang terjadi pada arah y

n = Jumlah tiang dalam grup tiang

$X_{\max}$ = Absis terjauh dari titik berat grup tiang

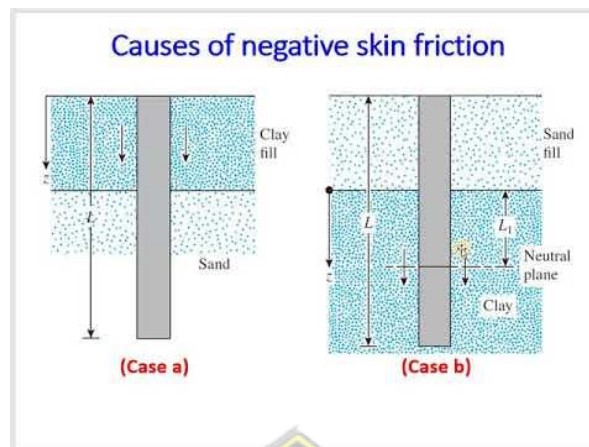
$Y_{\max}$ = Koordinat terjauh dari titik berat grup tiang

Σx^2 = Jumlah dari kuadrat absis setiap tiang

Σy^2 = Jumlah dari kuadrat koordinat setiap tiang



2.12 Negative skin friction



Gambar 2. 9. Contoh Kasus Negative Skin Friction

Negative skin friction adalah gesekan negatif antara tanah dengan selimut tiang yang menambah beban untuk ditopang oleh tiang. Hal tersebut tidak boleh diabaikan begitu saja karena dapat berakibat fatal.

Nilai Q_{neg} dapat dicari menggunakan rumus dari metode Terzaghi-Perck, dibawah

$$Q_{neg} = \frac{1}{n} [2D(L + B) c_u + BLH \gamma] \dots \dots \dots (2.25)$$

Untuk mencari nilai Q_{neg} terlebih dahulu harus menentukan titik netral.

Menghitung titik netral dengan:

$$D = 0,75 \times D$$

Dimana :

Q_{neg} = gaya gesek dinding negatif (kN)

n = jumlah kumpulan tiang dalam grup

D = kedalaman tiang sampai pada titik netral (m)

L = panjang area grup tiang (m)

B = Lebar area grup tiang (m)

c_u = kohesi tak terdrainase rata - rata pada lempengan D (kN/m²)

H = tinggi timbunan (m)

γ = berat volume tanah timbunan (kN/m³)

Syarat terjadi negative skin friction, antara lain :

1. Total penurunan permukaan tanah diperkirakan lebih dari 100 mm
2. Penurunan permukaan tanah setelah pemancangan tiang akan lebih besar dari 10 m
3. Tinggi timbunan yang akan ditempatkan pada permukaan tanah eksisting lebih dari 2.0 m
4. Ketebalan darai lapisan lunak yang kompresibel lebih dari 10 m
5. Penurunan muka air tanah lebih dari 4.0 m
6. Tiang dengan panjang lebih dari 25 m



2.13 Penelitian Terdahulu

Berikut jurnal penelitian terdahulu yang kami jadikan sebagai referensi antara lain :

No	Nama dan Judul penelitian	Metodologi	Hasil Penelitian
1.	Ahmad Ifandianto – Pengaruh <i>Negative Skin Friction</i> Pada Sistim Pondasi Tiang Pancang Bergrup (Ifandianto, n.d.)	Data kuantitatif	Keadaan tiang pancang tidak aman dan harus dilakukan desain ulang pada tiang pancang.
2.	Rifqi Brilyant Arief – Analisa Daya Dukung Pondasi Dalam Terhadap <i>Negative Skin Friction</i> Di Semarang Utara	Data kuantitatif	Besarnya gaya gesek negative dipengaruhi oleh tebalnya konsolidasi lapisan tanah lunak.
3.	Nouria Misra Fauziyah – Evaluasi Penurunan Daya Dukung Tiang Pancang Akibat <i>Negative Skin Friction</i>	Data kuantitatif	Kapabilitas daya dukung tiang pancang sangat dipengaruhi oleh tingginya timbunan diatasnya dan nilai <i>negative skin friction</i> yang sangat besar.

Tabel 2. 3. Tabel Daftar Penelitian Terdahulu

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Metode penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *negative skin friction* pada sistim pondasi tiang pancang bergrup (studi kasus : proyek pembangunan gedung farmasi UNWAHAS Semarang). Dengan menggunakan rumus *Mayerhoff* dan software SAP 2000 V20. Tahapan dalam metode ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

3.2 Data Penelitian

Data penelitian yang kami peroleh berupa data sekunder dari proyek pembangunan gedung farmasi UNWAHAS

1. Nama proyek : Pembangunan Gedung Farmasi
2. Lokasi Proyek : UNWAHAS Gunung Pati Semarang
3. Kontraktor Pelaksana : PT. Chimarder

3.3 Lokasi Proyek

Proyek Pembangunan Gedung Farmasi UNWAHAS terletak pada lokasi Jl. Raya Manyaran-Gunungpati, Nongkosawit, Kec. Gn. Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah 50224 dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Lokasi Proyek Pembangunan Gedung Farmasi UNWAHAS

3.4 Pengumpulan Data

Informasi dalam laporan ini dikumpulkan dari sumber sekunder. Laporan kami mencakup data sekunder seperti cetak biru, dokumen perencanaan, hasil uji borelog Penetration Test (N-Spt) standar yang dilakukan sebagai bagian dari penyelidikan tanah, dan sondir dari proyek gedung farmasi UNWAHAS.

3.5 Metode Pengolahan Data

Dalam penelitian ini kami mendapatkan data berupa data sekunder meliputi data tanah dan data denah pondasi kemudian memasukan data tersebut kedalam beberapa metode yang dipakai, selanjutnya dari hasil tersebut bisa digunakan untuk perhitungan pengaruh *negative skin friction* terhadap grup tiang pancang.

3.6 Metode Analisis Data

Analisis data yang akurat dan andal yang diperlukan untuk studi ini mengharuskan penggunaan kerangka kerja konseptual yang solid dan bukti empiris awal. Pendekatan analitis dapat dilakukan dengan menggunakan teknik *Mayerhoff* atau metode *Broms*, keduanya membandingkan, meringkas, mengumpulkan, dan mengolah data untuk memperoleh hasil yang diperlukan. Data yang diperlukan dalam penelitian ini didapat dari proyek terkait yaitu data penyelidikan tanah : data *borelog*, data *consolidation*, data *atteberg limit*, dan data *direct shear*.

Proyek pembangunan gedung farmasi UNWAHAS memiliki lingkup lokasi yang luas, titik bor (N-SPT) dari proyek ini memiliki parameter yang dapat dilihat pada tabel 3.1.

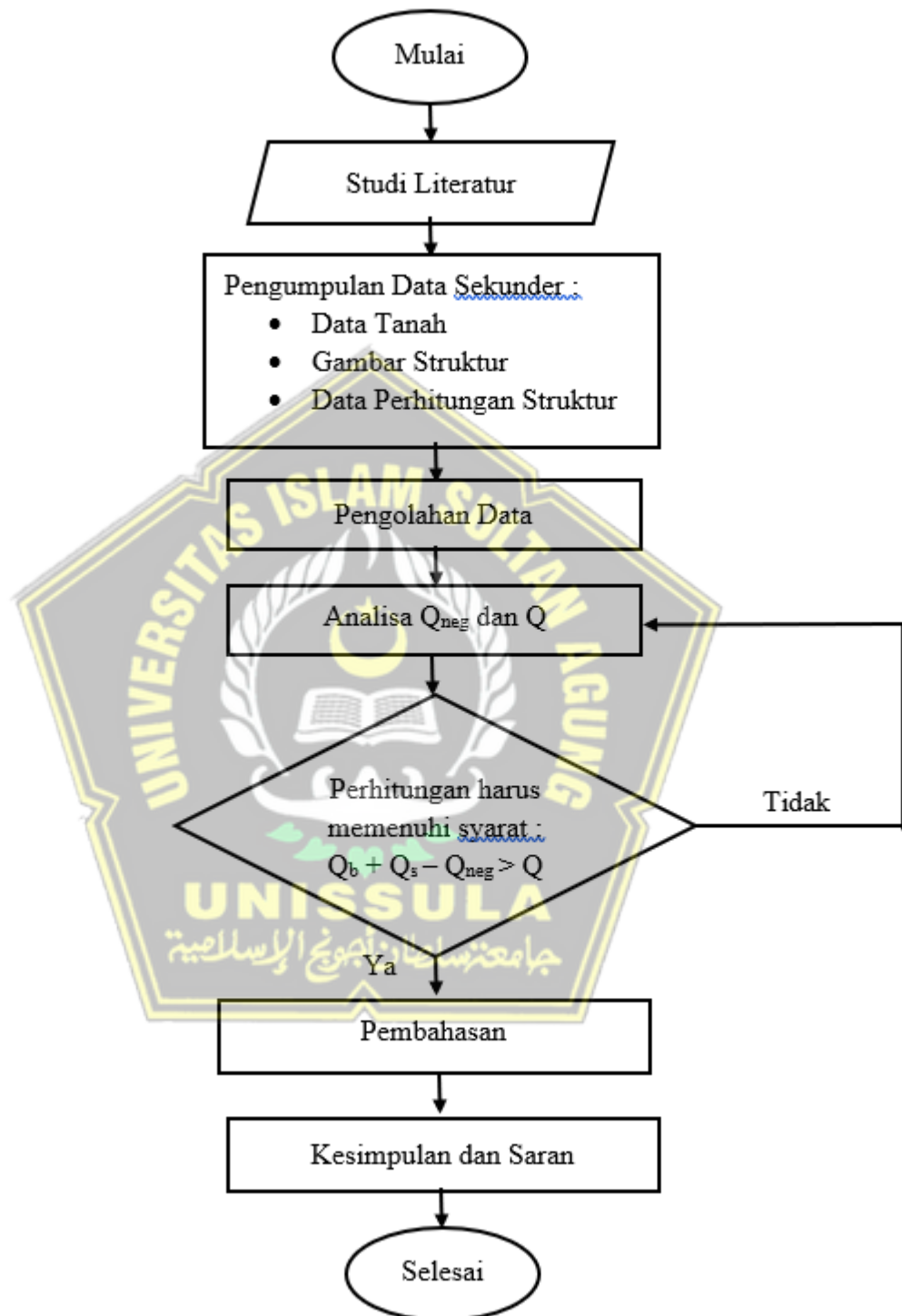
Tabel 3. 1. Hasil Uji Coring / Bor Log pada titik BM – 2

Kedalaman (m)	Tebal	Material	N-SPT
0 – 6	6	<i>Clay silt</i>	14
6 – 9	3	<i>Clay silt</i>	18
9 – 11	2	<i>Clay sand</i>	23
11 – 16	5	<i>Clay sand, gravel</i>	41

(Sumber : Rencana Gedung Farmasi UNWAHAS)

3.7 Diagram Alir Penelitian

Tahapan rencana dapat digambarkan secara sistematis pada diagram berikut ini :



Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

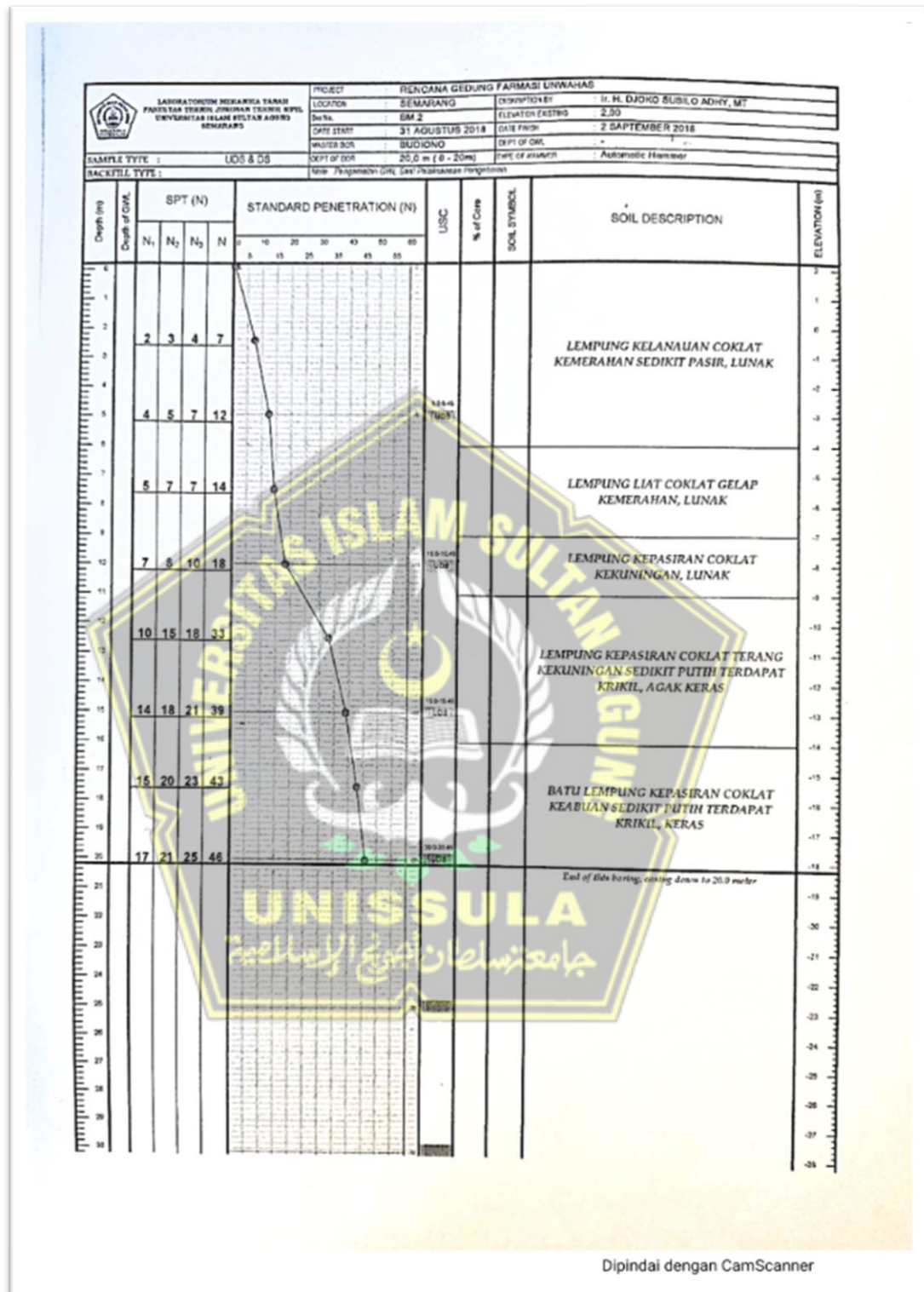
Hasil dan analisa pada bab ini merupakan hasil analisis perhitungan daya dukung, penurunan dan kekuatan Fondasi tiang pancang setelah adanya gaya gesek dinding negative pada Gedung Gedung Farmasi UNWAHAS Semarang. Hasil pengelolaan yang didapat dari proyek berupa data hasil penyelidikan tanah data umum tiang pancang dan NSPT.

Data penyelidikan tanah dapat dilihat pada Gambar 4.2 sedangkan hasil Permodelan menggunakan SAP2000 tertera pada Gambar 4.1 Join Reaction Tabel 4.1.



Gambar 4. 1. Gambar Permodelan Sap 2000

4.2. Data Gedung



Gambar 4. 2. Data Tanah Boring log Kampus UNWAHAS Semarang

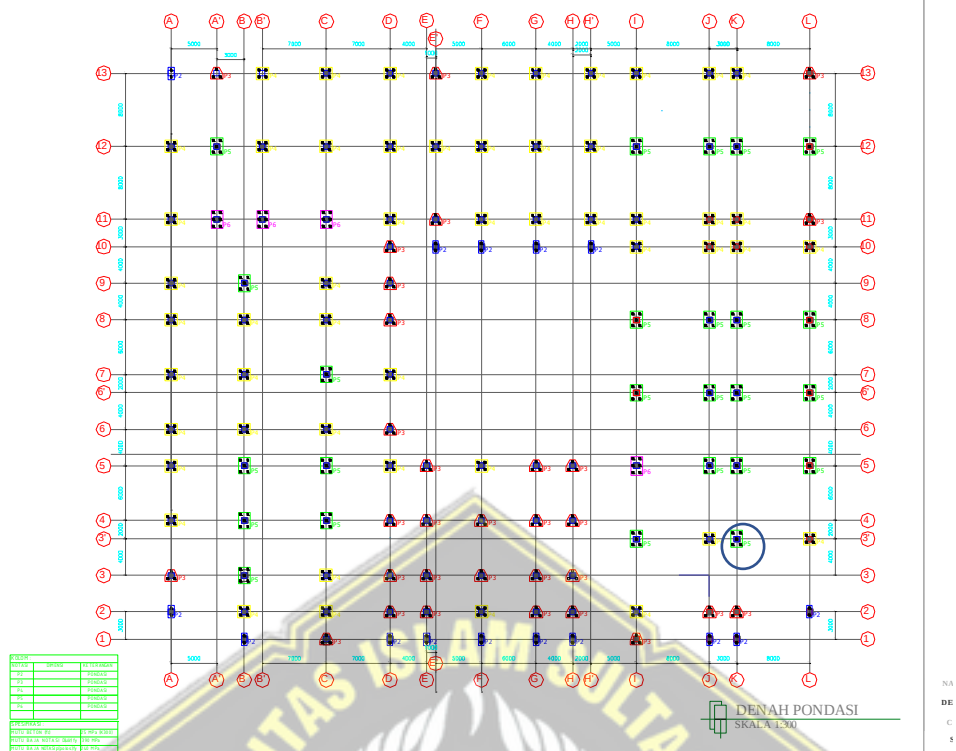
Sumber : Data Perencanaan Proyek

Setelah semua beban dimasukkan ke dalam SAP 2000 maka didapatkan hasil pada tabel 4.1.

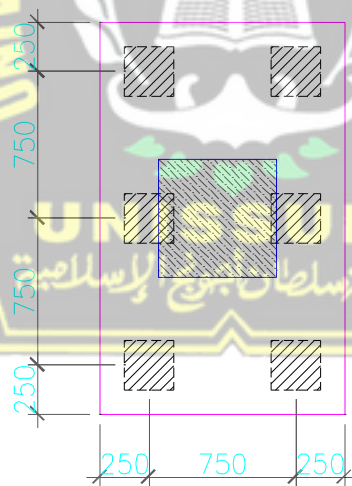
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	T
1	TABLE: Joint Reactions										
2	Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3		
3	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m		
4	11	Comb PONDAS	Combination	22.913	9.624	470.75	-1.032	-22.103	-0.108		
5	12	Comb PONDAS	Combination	5.164	12.837	838.94	0.8017	-31.243	-0.108		
6	13	Comb PONDAS	Combination	-12.34	7.195	948.46	4.0025	-13.066	-0.108		
7	14	Comb PONDAS	Combination	17.417	3.916	347.06	-2.6707	6.7399	-0.108		
8	15	Comb PONDAS	Combination	-9.199	8.072	658.06	54.744	-39.485	-0.108		
9	16	Comb PONDAS	Combination	-11.19	6.673	546.19	122.994	84.6222	-0.108		
10	17	Comb PONDAS	Combination	-16.11	5.008	628.9	-9.0989	-12.363	-0.108		
11	18	Comb PONDAS	Combination	39.111	13.017	809.51	-2.3173	-45.09	-0.108		
12	20	Comb PONDAS	Combination	8.913	23.57	1442.2	-1.4158	-13.085	-0.108		
13	22	Comb PONDAS	Combination	-19.61	21.916	1417.8	18.1926	-82.212	-0.108		
14	23	Comb PONDAS	Combination	-20.9	15.926	867.16	-20.126	-19.386	-0.108		
15	24	Comb PONDAS	Combination	5.487	6.062	514.88	151.506	-28.844	-0.108		
16	25	Comb PONDAS	Combination	8.899	4.546	579.25	-7.9356	3.6068	-0.108		
17	26	Comb PONDAS	Combination	12.21	14.493	798.34	-17.153	8.7178	-0.108		
18	27	Comb PONDAS	Combination	18.314	2.679	983.66	61.4516	-389.22	-0.108		
19	28	Comb PONDAS	Combination	12.134	-26.28	527.32	-29.344	-101.03	-0.108		
20	29	Comb PONDAS	Combination	-1.132	3.198	1185.6	-9.3167	-0.9488	-0.108		
21	30	Comb PONDAS	Combination	-0.479	-40.43	807.97	-133.96	-14.259	-0.108		
22	31	Comb PONDAS	Combination	26.664	3.59	1437.2	-9.6019	29.0086	-0.108		
23	32	Comb PONDAS	Combination	15.019	-46.21	1043.2	-300.97	-46.142	-0.108		
24	33	Comb PONDAS	Combination	19.477	6.379	928.66	167.324	-302.31	-0.108		
25	34	Comb PONDAS	Combination	-2.437	-2.396	1172	4.3001	-2.355	-0.108		
26	35	Comb PONDAS	Combination	22.027	-3.877	1478.9	-2.69	79.9659	-0.108		
27	36	Comb PONDAS	Combination	0.097	3.562	1711.2	-9.1276	0.9139	-0.108		
28	37	Comb PONDAS	Combination	0.3	-52.34	1171.2	-262.47	85.6562	-0.108		
29	38	Comb PONDAS	Combination	1.28	16.106	1557.3	-22.633	2.2129	-0.108		
30	39	Comb PONDAS	Combination	-20.34	38.361	1281.9	274.305	273.764	-0.108		
31	40	Comb PONDAS	Combination	-26.4	2.473	1769.6	0.3604	178.911	-0.108		
32	41	Comb PONDAS	Combination	-14.61	-46.35	958.17	-131.95	73.7892	-0.108		
33	42	Comb PONDAS	Combination	0.127	34.693	836.2	-33.845	0.4643	-0.108		

Tabel 4. 1. Output Joint Reaction

Dari data tersebut maka dipilihlah beban terberat, yang berada pada joint 109 dengan hasil beban 1993.711 kN = 199,37 Ton



Gambar 4. 3. Denah Pondasi Gedung Kampus UNWAHAS Semarang



Detail PC 6
SKALA 1:75

Gambar 4. 4. Detail Fondasi Type PC 6

4.3. Analisa Perhitungan Daya Dukung Aksial Tiang Pancang

Dalam melaksanakan perhitungan dan analisa daya dukung aksial fondasi tiang pancang memakai data hasil uji lapangan berupa data *Standard Penetration Test (SPT)*

4.3.1. Daya Dukung Aksial Fondasi Metode *Mayerhoff*

Pada perencanaan proyek pembangunan Gedung Fakultas Farmasi Unwahas, direncanakan menggunakan fondasi tiang pancang dengan dimensi 25x25 cm. Besarnya kapabilitas daya dukung tiang pancang dicari menggunakan data N-SPT. Adapun data tiang pancang seperti berikut :

Data fondasi tiang pancang :

$$\text{Dimensi (S)} = 0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Keliling tiang pancang (P)} &= 4 \times S \\ &= 4 \times 0,25 \\ &= 1 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas tiang pancang (Ap)} &= s \times s \\ &= 0,25^2 \\ &= 0,0625 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Untuk lempengan tanah kedalaman 2m, perhitungan kapabilitas daya dukung ultimit pada ujung tiang pancang kohesif adalah sebagai berikut ini :

Tanah Kohesif

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

Dimana :

$$Q_p = \text{Daya dukung ujung tiang pancang (kN/m}^2\text{)}$$

$$c_u = \text{Cohesi undrained (kN/m}^2\text{)}$$

$$= (N - \text{SPT} \times \frac{2}{3} \times 10)$$

$$A_p = \text{Luas Permukaan Tiang Pancang (m}^2\text{)}$$

❖ Perhitungan nilai *cohesi undrained* (c_u)

$$\begin{aligned} C_u &= (N - \text{SPT} \times \frac{2}{3} \times 10) \\ &= (7 \times \frac{2}{3} \times 10) \\ &= 46,67 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

❖ Daya dukung ultimit fondasi tiangi pancang pada tanah kohesif (Q_p)

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \times c_u \times A_p \\ &= 9 \times 46,67 \times 0,0625 \\ &= 26,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

❖ Untuk tahanan geser kemul tiangi pada tanah kohesif (Q_s)

$$Q_s = \alpha \times c_u \times p \times Li$$

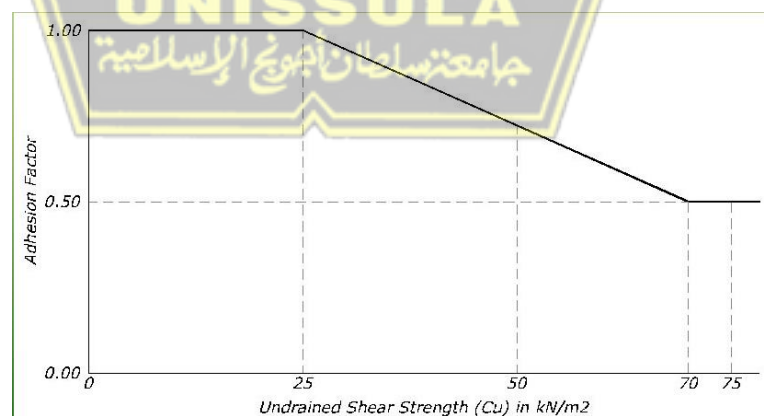
Dimana :

$$\begin{aligned} c_u &= \text{Cohesi undrained (kN/m}^2\text{)} \\ &= (N - \text{SPT} \times \frac{2}{3} \times 10) \end{aligned}$$

α = faktor adhesi

Li = Tebal lempengan tanah, pengujian SPT dilaksanakan setiap interval kedalaman sampling (m)

Menentukan faktor adhesi (α) terhadap Kuat geser (c_u) dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5. Kuat Geser (c_u) dengan Faktor Adhesi (α)

(API, 1987)

Daya dukung kemul tiang pancang

$$\begin{aligned} Q_s &= \alpha \times c_u \times p \times L_i \\ &= 0,759 \times 46.667 \times 1 \times 2,5 \\ &= 88,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

❖ Kapasitas beban ultimit tiang pancang pada tanah kohesif (Q_{ult})

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 26,250 + 88,58 \\ &= 114,8 \text{ kN} \\ &= 11,48 \text{ ton} \end{aligned}$$

❖ Daya dukung tiang yang diijinkan pada tanah kohesif (Q_{ijin})

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

$$\begin{aligned} \text{Nilai faktor keamanan (SF)} &= 2,5 \\ &= 11,48 / 2,5 \\ &= 4,59 \text{ ton} \end{aligned}$$

Untuk lempengan tanah dikedalaman antara 7,5-10 m, perhitungan kapabilitas daya dukung ultimit ujung tiang pancang non kohesif adalah sebagai berikut :

Tanah Non Kohesif

$$Q_p = 40 \times N - Spt \times \frac{L_i}{D} \times A_p \leq 400 \times N - Spt \times A_p$$

Dimana :

Q_p = Daya dukung ujung tiang (kN/m^2)

A_p = Luas Permukaan Tiang Pancang (m^2)

L_i =Tebal lempengan tanah, pengujian SPT dilakukan setiap interval kedalaman sampling (m)

❖ Daya dukungi ujung tiang pancang pada tanah non kohesif / granular (Q_p)

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 \times N - Spt \times \frac{L_i}{D} \times A_p \leq 400 \times N - Spt \times A_p \\ &= 40 \times 18 \times \frac{2,5}{0,25} \times 0,0625 \leq 400 \times 18 \times 0,0625 \\ &= 450 \leq 450 \text{ kN} \end{aligned}$$

❖ Untuk tahanan geser kemul tiangi pada tanah kohesif (Q_s)

$$Q_s = 2 \times N - \text{SPT} \times p \times L_i$$

Dimana :

Q_s = Daya dukung kemul tiang untuk tanah non kohesif/ granular (kN)

P = Keliling Tiang (m)

L_i = Tebal lempengan tanah, pengujian metode SPT dilaksanakan setiap interval kedalaman sampling (m)

Daya dukung kemul tiang pancang

$$\begin{aligned} Q_s &= 2 \times N - \text{SPT} \times p \times L_i \\ &= 2 \times 18 \times 1 \times 2,5 \\ &= 90,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hasil Perhitungan setiap lempengan tanah dengan metode mayerhoff dapat diperhatikan pada Tabel 4.2. sebagai berikut:



Tabel 4. 2. Perhitungan Daya Dukung Aksial Tiang Pncang Berlandaskan Metode Meyerhoff

Kedalaman (m)	Tebal lempengan	Deskripsi		N-SPT	Cu	α	Skin friction		End Bearing (kN)	Qult (ton)	Qijin (ton)
		Jenis tanah	Kohesif/ Non-kohesif				Local (kN)	Cumm (kN)			
0-2.5	2.5	Lempung Berlanau	Kohesif	7	46.67	0.759	88.58	88.58	26.25	11.48	4.59
2.5-5	2.5			12	80.00	0.5	100.00	188.58	45.00	23.36	9.34
5-7.5	2.5			14	93.33	0.5	116.67	305.25	52.50	35.77	14.31
7.5-10	2.5	Pasir Berlanau	Non Kohesif	18			90.00	395.25	450.00	84.52	33.81
10-12.5	2.5			33			165.00	560.25	825.00	138.52	55.41
12.5-15	2.5			39			195.00	755.25	975.00	173.02	69.21
15-17.5	2.5			43			215.00	970.25	1075.00	204.52	81.81
17.5-20	2.5	Batu Berlempung	Non Kohesif	46			230.00	1200.25	1150.00	235.02	94.01

4.4. Perhitungan Penurunan Tiang Pancang Tunggal (*single pile*)

Menurut metode Vesic (1977), kemerosotan elastis tiang pancang tunggal dapat diperkirakan dengan rumus :

$$L = 20 \text{ m}$$

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

$$F_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$A_p = 0.0625 \text{ m}^2$$

$$Q_{wp} = 1150.00 \text{ kN}$$

$$Q_{ws} = 230.00 \text{ kN}$$

- Penurunan tiang tunggal (*single pile*)

Untuk mencari hasil penurunan elastik tiang total digunakan persamaan

$$S_e = S_{e1} + S_{e2} + S_{e3}$$

- Menentukan modulus elastisitas dari bahani tiang :

$$\begin{aligned} E_p &= 4700 \sqrt{f_c} \\ &= 4700 \sqrt{25} \\ &= 2350,00 \text{ MPa} \\ &= 23500000 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

1. Untuk nilai penurunan S_{e1} menggunakan (Persamaan 2.17)

Untuk nilai *factor empiric* $\lambda = 0,67$ dapat dilihat Gambar 2.6.

$$\begin{aligned} S_{e1} &= \frac{(Q_{wp} + \lambda \times Q_{ws}) \times L}{A_p \times E_p} \\ &= \frac{(1150.00 + 0,67 \times 230.00) \times 20}{0.0625 \times 23500000} \\ &= 0,01776 \text{ m} \\ &= 17,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Analisis nilai penurunan Se(2)

Untuk nilai Se(2) menggunakan persamaan (2.18)

Diambil dari tabel 2.1 Nilai Koefisien Empiris (cp)

$$C_p = 0,03$$

$$q_p = \frac{1150.00}{0.0625} = 18400 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} Se_2 &= \frac{150.00 \times 0,3}{25 \times 18400} \\ &= \frac{1150 \times 0,03}{0.25 \times 18400} \\ &= 0,004688 \text{ m} \\ &= 4,6875 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Analisis nilai penurunan Se(3) menggunakan persamaan (2.19).

$$Se_3 = \frac{Q_{wp} C_s}{L q_p}$$

$$\begin{aligned} C_s &= \left(0.93 + 0.16 \sqrt{\frac{20}{0.4}} \right) 0,03 \\ &= 0,0618 \end{aligned}$$

Maka

$$\begin{aligned} Se_3 &= \frac{Q_{ws} C_s}{L q_p} \\ Se_3 &= \frac{230 \times 0,0618}{20 \times 18400} \\ &= 0,00002576 \text{ m} \\ &= 0,026 \text{ mm} \end{aligned}$$

Total penurunan elastis yang terjadi pada tiang yaitu:

$$\begin{aligned} Se &= Se(1) + Se(2) + Se(3) \\ &= 17,76 + 4,6875 + 0,026 \\ &= 22,471 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut metode Terzahgi (1969), penurunan yang diperbolehkan pada persamaan 2.21

$$\begin{aligned} S_{ijin} &= 10\% \times \text{Dimensi} \\ &= 0,1 \times 250 \\ &= 25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, penurunan tiang tunggal total lebih kecil dari syarat yang diijinkan yaitu $22,471 < 25$ mm, dengan hasil tersebut maka syarat terpenuhi.

4.5. Perhitungan Penurunan Tiang Grup (*pile group*)

Metode *Vesic* dapat digunakan untuk perhitungan penurunan tiang kelompok, dengan rumus sebagai berikut :

$$S_e = 22,471 \text{ mm} = 0,02247 \text{ m}$$

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

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

Maka kemerosotan grup tiang dapat diketahui menggunakan persamaan (2.20)

$$S_g = S_e \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

Dimana :

S_g = Penurunan grup tiang (m)

S_e = Penurunan fondasi tiang tunggal (m)

B_g = Lebar grup tiang (m)

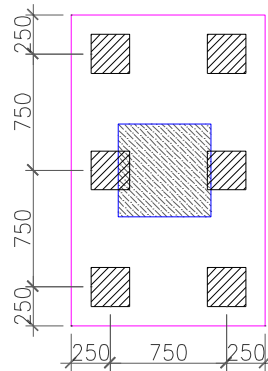
D = Dimensi

$$S_g = 0,02247 \sqrt{\frac{2,00}{0,25}}$$

$$S_g = 0.06356 \text{ m}$$

$$S_g = 63,56 \text{ mm}$$

4.6. Menghitung Efisiensi Tiang Pancang Grup



Gambar 4. 6. Susunan Grup Tiang Pancang

Nilai pengali pada kapabilitas daya dukung ultimit tiang tunggal dengan menilik pengaruh grup tiang disebut efisiensi tiang. Adapun data tiang grup:

$$M = 3$$

$$n = 2$$

$$S = 750 \text{ mm}$$

$$D = 250 \text{ mm}$$

a. Metode *Converse-Labarre*

Mengacu pada persamaan (2.19), efisiensi grup tiang pancang :

$$Eg = 1 - \Theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n}$$

Dimana :

$$Eg = \text{Efisiensi Grup Tiang}$$

$$m = \text{Jumlah tiang dalam satu baris}$$

$$n = \text{Jumlah baris tiang}$$

$$\Theta = \text{Arc tan } (0,25/0,75) = 18,435$$

$$Eg = 1 - (18,435) \left\{ \frac{(2-1)3 + (3-1)2}{90 \times 3 \times 2} \right\} = 0,761$$

b. Metode *Los Angeles*

Mengacu pada persamaan (2.20) maka efisiensi grup tiang adalah :

$$Eg = 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} [m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(n-1)(m-1)}]$$

Dimana :

S = Jarak antar tiang (mm) (as ke as)

$$\begin{aligned}E_g &= 1 - \frac{0,25}{\pi \times 0,75 \times 3 \times 2} [3(2 - 1) + 2(3 - 1) + \sqrt{2}(2 - 1)(3 - 1)] \\&= 1 - 0,159 \\&= 0,841\end{aligned}$$

Berlandaskan kedua efisiensi grup tiang tersebut, kita mengambil nilai paling kecil, yaitu hasil dari metode Converse-Labarre dengan $E_g = 0,761$. Dari data hasil perhitungan, didapati Q_{all} dengan hasil yaitu = 94,01 ton

Maka daya dukung ultimate tiang tekan hidrolik grup yaitu :

$$\begin{aligned}Q_g &= E_g \times n \times Q_{all} \\Q_g &= 0,761 \times 6 \times 94,01 \\&= 429,25 \text{ Ton} > \text{Gaya Aksial Fondasi } 199,37 \text{ Ton}\end{aligned}$$

4.7. Daya Dukung Berlandaskan Bahan

Tiang pancang berupa beton bertulang dengan dimensi 25x25 serta mutu beton $f'_c = 25 \text{ Mpa}$ (kedalaman $D = 20 \text{ m}$)

$$P_1 \text{ tiang} = A \times f'_c - W$$

Dimana:

$$\begin{aligned}A &= \text{Luas permukaan tiang pancang} \\F_c &= \text{Mutu beton} \\W &= \text{Keliling tiang pancang}\end{aligned}$$

Daya dukung tiang

$$\begin{aligned}A_p &= S \times S \\&= 0,25 \times 0,25 \\&= 0,0625 \text{ m}^2 \\F'_c &= 2500 = 7,5 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_1 \text{ Tiang} &= A \times f'_c - W \\&= 0,0625 \times 7500 - 0,0625 \times 20 \times 24 \\&= 438,75 \text{ kN}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat P_1 Tiang 438,75 kN

4.8. Daya Dukung Berlandaskan Data CPT (*Cone Penetration Test*)

$$Q_u = \frac{q_c \cdot A_p}{S_f} + \frac{JHL \cdot k}{S_f}$$

Dimana :

Q_u = Daya dukung tiang pancang tunggal (kN)

q_c = Tahanan ujung sondir (ton/m²)

A_p = Luas permukaan dasar tiang (m²)

JHL = Total *friction* atau jumlah hambatan lekat

K = Keliling tiang (m)

SF = safety Faktor : 3 dan 5

Pada Kedalaman 20 m, Nilai :

$$q_c = 239 \text{ kg/cm}^2 = 23900 \text{ kN/m}^2$$

$$JHP = 690 \text{ kg/cm} = 690 \text{ kN/m}$$

Untuk ukuran Dimensi 25x25

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \cdot A_p}{S_f} + \frac{JHL \cdot k}{S_f}$$

$$Q_{ijin} = \frac{23900 \times 0,0625}{3} + \frac{690 \cdot 4 \times 0,25}{5}$$

$$Q_{ijin} = 635,917 \text{ kN}$$

Beban Maksimum Tiang

Data pembebanan :

$$P_u = 1993,711 \text{ kN}$$

$$M_x = 13,002 \text{ kN}$$

$$M_y = 52,417 \text{ kN}$$

$$P_{\max} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x Y_{\max}}{\sum y^2} + \frac{M_y X_{\max}}{\sum x^2}$$

Dimana :

P_{max} = Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang

ΣP = Jumlah total beban aksial yang bekerja pada tiang (termasuk poer)

M_x = Momen yang terjadi pada arah x

M_y = Momen yang terjadi pada arah y

n = Jumlah tiang dalam grup tiang

X_{max} = Absis terjauh dari titik berat grup tiang

Y_{max} = Ordinat terjauh dari titik berat grup tiang

Σx^2 = Jumlah dari kuadrat absis tiap tiang

Σy^2 = Jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang

Diketahui :

x = 1,25 m

b = 2 m

h = 1 m

S_{min} = 2,5 D
= 2,5 x 0,25
= 0,625 m

S_{renc} = 0,75 m

$m = n_y$ = 2 buah

$n = n_x$ = 3 buah

Pondasi = 1,25 x 2 x 1 = 2,5 m³

Berat Pondasi = 2,5 x 24 = 60 kN

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x Y_{max}}{\Sigma y^2} + \frac{M_y X_{max}}{\Sigma x^2}$$

= 364,60 kN < P1 tiang dalam grup = 429,25 kN (Ok)

4.9. Menghitung *Negative skin friction* Pada Tiang Pancang

Perhitungan *Negative skin Friction* memakai metode terzagi-Perck. Untuk menaksir besaran *negative skin friction*, kita wajib mencari titik netral.

$$\begin{aligned} D &= 0.75 \times D \\ &= 0.75 \times 20 \\ &= 15 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai Q_{neg} dapat dilakukan menggunakan rumus metode Terzagi – Perck

$$Q_{\text{neg}} = \frac{1}{n} [2D(L + B)cu + BLH \gamma]$$

Dengan,

Q_{neg} = gaya gesek dinding negatif antar tiang dalam grup
(kN)

N = jumlah tiang dalam grupnya

D = kedalaman sampai titik netral (m)

L = panjang area grup tiang (m)

B = Lebar area grup tiang (m)

C_u = kohesi tak terdrainase rata-rata pada lempengan D (Kn/m²)

H = tinggi timbunan

γ = berat volume tanah timbunan

Diketahui PC6 dengan beban aksial terbesar

$N = 6$ tiang

Dimensi = 0,25 m

$L = 2$ m

$B = 1,25$ m

$C_u = 11$ kN/m²

$$Q_{\text{neg}} = \frac{1}{n} [2D(L+B)cu + BLH \gamma]$$

$$Q_{\text{neg}} = \frac{1}{6} [2 \times 15(1,25 + 2) 11 + (1,25 \times 2) 1 \times 20]$$

$$Q_{\text{neg}} = 187,083 \text{ kN}$$

- Presentase Qneg terhadap Qijin

$$= 187,083 / 635,917 * 100 = 29,42\%$$

- Presentase Q.ijin tanpa Qneg terhadap

$$Q = (635,917 - 429,25) / 635,917 * 100 = 32,5\%$$

$$Q_{ijin} - Q_{neg} > Q \quad 635,917 - 187,083 > 429,25$$

$$448,833 > 429,25 \text{ AMAN !!!!}$$



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berlandaskan hasil observasi yang telah kami buat serta analisa yang terjadi, maka didapatkan kesimpulan seperti berikut :

1. Hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang berdimensi 25x25 pada kedalaman 20m dengan metode *Mayerhoff* menggunakan data N-Spt (*Standard Penetration Test*) diperoleh nilai daya dukung ultimate (Q_u) sebesar 235,02 ton, serta daya dukung ijin (Q_{all}) sebesar 94,01 ton, dengan penurunan fondasi tiang tunggal sebesar 22,471 mm dan fondasi tiang pancang bergrup pada tipe PC 06 sebesar 63,56 mm.
2. Hasil analisis dampak negative skin friction terhadap tiang yang bertotal enam tiang pancang pada sebuah system pondasi grup tiang pancang pekerjaan konstruksi Gedung Farmasi Unwahas Semarang, menunjukkan hasil Q_{neg} yang bekerja sebesar 187,083 kN.
3. Hasil menunjukkan setelah terjadinya pengaruh gaya gesek negatif pada grup tiang pancang, kekuatan grup tiang pancang tersebut masih berada pada keadaan aman.

5.2 Saran

Saran yang dapat kami rekomendasikan berdasar pembahasan hasil perhitungan dan analisis diatas, antara lain :

1. Kelengkapan data – data yang diperoleh sangat berguna dan dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, disamping itu ketelitian dalam penginputan data juga harus dilakukan secara maksimal.
2. Perencanaan suatu pondasi grup tiang pancang akan lebih baik bila memiliki kondisi tanah yang selaras dengan beban yang ditopang, ukuran tiang dan banyaknya tiang pancang juga bisa disamakan untuk menghindari satu masalah dikeesokan hari.



DAFTAR PUSTAKA

- Fatkhurrohman, T. (2017). *TA Aging Ramadhan & Fatkhurrohman*.
- Fauziyah, N. M. (2020). *Evaluasi Penurunan Daya Dukung Tiang Pancang akibat Negative Skin Friction*.
- Ifandianto, A. (n.d.). *PENGARUH NEGATIVE SKIN FRICTION PADA SISITIM PONDASI TIANG PACANG BERKELOMPOK (Study Kasus Pembangunan Gedung PT . Bahana Line - Surabaya)*. 1–11.
- Muhshin, M. M., & Ika Putra, A. (2021). Pemetaan Penurunan Elastis Fondasi Tiang Berdasarkan Data Sondir Kota Pekanbaru. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 6(1), 34. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v6i1.53689>
- Notohadiprawiro, T. (2006). Tanah dan Lingkungan. *Repro: Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada*, 1–22. <http://faperta.ugm.ac.id>
- UNY. (2018). Pencemaran Tanah. *Hardiatmo*, 6–34. [http://httpprints.uny.ac.id64033403.BAB II.pdf](http://httpprints.uny.ac.id64033403.BAB%20II.pdf)

