

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA DAYA DUKUNG DAN KONSOLIDASI FONDASI  
MICROPILE PADA BANGUNAN CAGAR BUDAYA PASAR  
JOHAR SELATAN**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan  
Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh:**

**Ilma Yahya**  
**NIM : 3.02.018.00087**

**Mahandhika Adi Pramudya**  
**NIM : 3.02.018.00112**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
2022**

**Penelitian Tugas Akhir**

**Analisa Daya Dukung Dan Konsolidasi Fondasi *Micropile* Pada Bangunan  
Cagar Budaya Pasar Johar Selatan**

Yang diajukan oleh:

**Ilma Yahya**

**NIM: 3.02.018.00087**

**Mahandhika Adi Pramudya**


**NIM: 3.02.018.00112**


Telah disetujui oleh:

Tanggal, Januari 2022

Pembimbing I

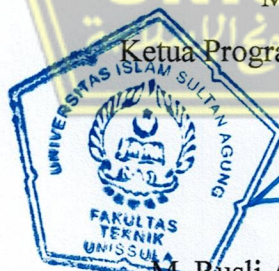
Pembimbing II

  
Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT.

  
Dr. Abdul Rochim, ST., MT.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil



  
M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng.



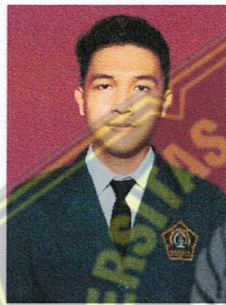
YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp. (024) 6583584 Ext. 507 Semarang 50112

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisa Daya Dukung Dan Konsolidasi Fondasi *Micropile* Pada Bangunan  
Cagar Budaya Pasar Johar Selatan**

Oleh:



Ilma Yahya

NIM: 3.02.018.00087



Mahandhika Adi Pramudya

NIM: 3.02.018.00112

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Januari 2022

Tim Penguji

1. Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT.
2. Dr. Abdul Rochim, ST., MT.
3. Selvia Agustina, ST., M.Eng.

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung Semarang



M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp. (024) 6583584 Ext. 507 Semarang 50112

**BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

No: ..... 18 / A.2 . SA - T / I / 2022 .....

Pada hari ini tanggal ... Januari 2022 berdasarkan surat keputusan Kaprodi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan dosen pembimbing dan asisten dosen pembimbing:

Nama : Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT.

Jabatan Akademik : Asisten Ahli

Nama : Dr. Abdul Rochim, ST., MT.

Jabatan Akademik : Lektor

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir / Skripsi:

Nama : Ilma Yahya Nama : Mahandhika Adi Pramudya

NIM : 3.02.018.00087 NIM : 3.02.018.00112

Judul: Analisa Daya Dukung Dan Konsolidasi Fondasi *Micropile* Pada Bangunan Cagar Budaya Pasar Johar Selatan

Dengan tahapan sebagai berikut:

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing		
2	Proposal		
3	Pengumpulan data		ACC
4	Anallisis data		
5	Penyusunan laporan		
6	Selesai laporan		ACC

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

Pembimbing I

Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT.

Pembimbing II

Dr. Abdul Rochim, ST., MT.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil



M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ilma Yahya (30201800087)

Mahandhika Adi Pramudya (30201800112)

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul: Analisa Daya Dukung Dan Konsolidasi Fondasi *Micropile* Pada Bangunan Cagar Budaya Pasar Johar Selatan.

Benar bebas plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka kami bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

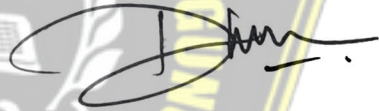
Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Januari 2022

Yang membuat pernyataan,



Ilma Yahya



Mahandhika Adi Pramudya



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ilma Yahya (30201800087)

Mahandhika Adi Pramudya (30201800112)

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul: Analisa Daya Dukung Dan Konsolidasi Fondasi *Micropile* Pada Bangunan Cagar Budaya Pasar Johar Selatan 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 dan benar bebas dari plagiasi, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Januari 2022

Yang membuat pernyataan,

Yang membuat pernyataan,



Ilma Yahya



Mahandhika Adi Pramudya

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”

(Q.S. Al-Mujadalah ayat 11)

“Dan Dia bersama kamu di mana saja kamu berada. Dan Allah Maha Melihat apa yang kamu kerjakan.”

(Q.S Al-Hadid: 4)

"Tanpa tindakan, pengetahuan tidak ada gunanya dan pengetahuan tanpa tindakan itu sia-sia"

(Abu Bakar Ash-Shiddiq)

"Aku tidak menganggapmu berhasil dalam suatu pencapaian tertentu hingga Allah mengujimu dengan cobaan terakhirnya"

(Utsman bin Affan)

"Anda selalu bisa bermimpi, dan impian Anda bisa menjadi kenyataan. Tetapi Anda harus membuatnya menjadi kenyataan"

(Michael Jackson)

“Lakukan yang terbaik, sehingga aku tak akan menyalahkan diriku sendiri atas segalanya”

(Magdalena Neuner)

Orang yang meraih kesuksesan tidak selalu orang yang pintar, tapi orang yang selalu meraih kesuksesan adalah orang yang gigih dan pantang menyerah"

(Susi Pudjiastuti)

## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Suropto dan Ibu saya Sriyanti, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Saudara dan keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan dan do'a sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT. dan Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Partner laporan tugas akhir Mahandhika Adi Pramudya, terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Anissa Salsabila Pramestiwi, terimakasih atas semangat yang telah diberikan.
7. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2018, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

**Ilma Yahya**

**NIM: 30201800087**



## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Nasikhin, ST., MT. dan Ibu saya Tri Nur Kumalaningsih, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Saudara dan keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan dan do'a sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT. dan Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Partner laporan tugas akhir Ilma Yahya, terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2018, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

**Mahandhika Adi Pramudya**

**NIM: 30201800112**

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tentang “Analisa Daya Dukung Dan Konsolidasi Fondasi *Micropile* Pada Bangunan Cagar Budaya Pasar Johar Selatan”. Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Bapak Ir. Rachmat Mudiyono, MT., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
5. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
6. Kedua orang tua kami yang telah memberikan do'a dan motivasi.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya, semoga tugas akhir ini bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembacanya.

Semarang, Januari 2022

Penulis

## ABSTRAK

**Ilma Yahya <sup>1)</sup>, Mahandhika Adi Pramudya <sup>1)</sup>, Rinda Kalinasari <sup>2)</sup>, Abdul Rochim <sup>2)</sup>**

Seiring berjalannya waktu bangunan cagar budaya perlu adanya perkuatan untuk menjaga struktur tersebut. Pada struktur bawah dilakukan perkuatan, dengan penambahan fondasi *micropile* di setiap kolomnya. Fondasi *micropile* adalah struktur yang unik dan jarang digunakan pada bangunan.

Untuk menganalisa daya dukung aksial menggunakan metode Aoki de Alencer, SPT, dan Mayerhoff sedangkan daya dukung lateral menggunakan metode Brooms. Perhitungan konsolidasi menggunakan program *Allpile* dan *Plaxis*.

Didapat hasil dari penelitian tersebut untuk kapasitas daya dukung yang diijinkan sebesar 19,8 ton dengan metode Aoki dan De Alencer dan penurunan sebesar 2,7 mm.

Hasil dari program *Allpile* didapat *settlement* sebesar 0,077 cm. Kapasitas akibat gaya aksial yang diijinkan sebesar 16 ton serta kapasitas akibat gaya lateral sebesar 6,89 ton. Dan dilanjutkan pada program *Plaxis* didapat penurunan akibat konsolidasi sebesar 1,51 cm.

**Kata Kunci:** bangunan cagar budaya, *micropile*, daya dukung, konsolidasi

## DAFTAR ISI

<b>TUGAS AKHIR .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENELITIAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II .....</b>	<b>4</b>
2.1 Fondasi .....	4
2.2 Pengertian Fondasi <i>Micropile</i> .....	5
2.3 Distribusi Beban.....	6
2.4 Pembebanan .....	7
2.4.1 Beban Mati atau <i>Dead Load (DL)</i> .....	8
2.4.2 Beban Hidup atau <i>Live Load (LL)</i> .....	8
2.5 Daya Dukung Aksial .....	8
2.5.1 Kapasitas Daya Dukung <i>Micropile</i> menurut Data Lapangan .....	8
2.5.1.1 Kapasitas Daya Dukung dari Hasil Sondir.....	8
2.5.1.2 Kapasitas Daya Dukung <i>Micropile</i> dari data N-SPT.....	12
2.5.2 Kapasitas Daya Dukung <i>Micropile</i> Berdasarkan Laboratorium .....	13
2.5.2.1 Kapasitas Daya Dukung <i>Micropile</i> Berdasarkan Kuat Geser Tanah..	13
2.5.2.2 Tahanan Ujung Ultimit .....	15
2.6 Daya Dukung Lateral .....	17
2.6.1 Kapasitas Daya Dukung Lateral Metode <i>Brooms</i> .....	17
2.6.2 Mengecek Kekakuan pada Tiang Fondasi Akibat Beban Lateral.....	18
2.6.3 Pengecekan untuk Keruntuhan Tanah Akibat Beban Lateral .....	19
2.6.4 Pengecekan untuk Nilai $H_u$ .....	19
2.7 Penurunan Elastis Tiang Tunggal .....	20
2.8 Penurunan yang Diizinkan .....	21
2.9 Faktor Keamanan .....	22

2.10	Program <i>Plaxis</i> .....	23
2.10.1	Geometri Model .....	23
2.10.2	Kondisi Batas .....	24
2.10.3	Data Elemen .....	24
2.10.4	<i>Mesh Generation</i> .....	25
2.10.5	Kondisi Awal .....	26
2.10.6	Perhitungan .....	27
2.11	Program <i>Allpile</i> .....	28
<b>BAB III</b> .....		<b>29</b>
3.1	Data Umum .....	29
3.2	Data Teknis .....	29
3.3	Metode Pengumpulan Data .....	29
<b>BAB IV</b> .....		<b>31</b>
4.1.	Pendahuluan .....	31
4.2.	Data Perencanaan .....	31
4.3.	Perencanaan Fondasi <i>Micropile</i> .....	32
4.4.	Perhitungan Daya Dukung Aksial Fondasi <i>Micropile</i> .....	34
4.4.1	Perhitungan Kapasitas Daya Dukung <i>Micropile</i> menurut Metode Aoki dan De Alencer .....	35
4.4.2	Perhitungan Kapasitas Daya Dukung <i>Micropile</i> dengan Hasil <i>Standard Penetration Test</i> (SPT) .....	37
4.4.3	Perhitungan Kapasitas Daya Dukung <i>Micropile</i> Menurut Metode Mayerhof (1976) .....	37
4.5.	Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi <i>Micropile</i> .....	40
4.5.1	Daya Dukung Fondasi <i>Micropile</i> Terhadap Gaya Lateral Berdasarkan Data Tanah .....	40
4.5.2	Daya Dukung Fondasi <i>Micropile</i> Terhadap Gaya Lateral Berdasarkan Grafik .....	42
4.6.	Menghitung Penurunan Tiang Tunggal ( <i>Single Pile</i> ) .....	43
4.7.	Menganalisa Pemodelan dengan Program <i>Allpile</i> .....	45
4.8.	Menghitung Konsolidasi Fondasi Menggunakan Program <i>Plaxis 8.2</i> .....	50
<b>BAB V</b> .....		<b>58</b>
5.1	Kesimpulan .....	58
5.2	Saran .....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		<b>60</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....		<b>62</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Faktor empirik $F_b$ dan $F_s$ .....	10
<b>Tabel 2. 2</b> Faktor empirik $a_s$ .....	10
<b>Tabel 2. 3</b> Faktor daya dukung Mayerhoff.....	17
<b>Tabel 2. 4</b> Nilai – nilai $n_h$ untuk tanah granuler ( $c=0$ ).....	18
<b>Tabel 2. 5</b> Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas tanah.....	20
<b>Tabel 2. 6</b> Jenis Tanah dan Nilai Poisson’s Ratio .....	21
<b>Tabel 2. 7</b> Faktor keamanan Reese & O’Neill .....	22
<b>Tabel 4. 1</b> Nilai $q_c$ di dasar tiang.....	36
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil perhitungan daya dukung fondasi micropile metode Aoki dan De Alencer .....	39
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil perhitungan daya dukung fondasi micropile metode SPT .....	39
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil Perhitungan daya dukung fondasi micropile metode Mayerhoff39	
<b>Tabel 4. 5</b> Berat jenis tanah .....	40
<b>Tabel 4. 6</b> Parameter tanah .....	52
<b>Tabel 4. 7</b> Berat jenis fondasi .....	52
<b>Tabel 4. 8</b> Konsolidasi.....	57



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Fondasi micropile .....	6
<b>Gambar 2. 2</b> Tiang gesek (Hardiyatmo, 2008) .....	7
<b>Gambar 2. 3</b> Tiang Dukung Ujung (Hardiyatmo, 2008) .....	7
<b>Gambar 2. 4</b> Faktor $Nq$ * .....	14
<b>Gambar 2. 5</b> Grafik daya dukung tanah Meyerhof .....	16
<b>Gambar 2. 6</b> Grafik Nilai Tahanan Momen Ultimit .....	19
<b>Gambar 2. 7</b> Jendela Penggambaran Model .....	24
<b>Gambar 2. 8</b> Jendela Soil and Interface .....	25
<b>Gambar 2. 9</b> Mesh Generation .....	26
<b>Gambar 2. 10</b> Kondisi Muka Air Tanah .....	26
<b>Gambar 2. 11</b> Perhitungan .....	27
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Pelaksanaan .....	30
<b>Gambar 4. 1</b> Trasfer Beban .....	32
<b>Gambar 4. 2</b> Detail fondasi .....	33
<b>Gambar 4. 3</b> Data Tanah .....	34
<b>Gambar 4. 4</b> Gambar parameter tanah .....	35
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik nilai tahanan momen ultimit .....	42
<b>Gambar 4. 6</b> Pile Type .....	45
<b>Gambar 4. 7</b> Pile Profile .....	45
<b>Gambar 4. 8</b> Pile Properties .....	46
<b>Gambar 4. 9</b> Setting Kedalaman Fondasi .....	46
<b>Gambar 4. 10</b> Load and Group .....	47
<b>Gambar 4. 11</b> Soil Properties .....	47
<b>Gambar 4. 12</b> Advenced Page .....	48
<b>Gambar 4. 13</b> Hasil Analisa Vertikal .....	49
<b>Gambar 4. 14</b> Hasil Analisa Lateral .....	50
<b>Gambar 4. 15</b> Pengaturan Global - Proyek .....	51
<b>Gambar 4. 16</b> Pengaturan Global - Dimensi .....	51
<b>Gambar 4. 17</b> Pemodelan Kontur Tanah .....	52
<b>Gambar 4. 18</b> Input Material Tanah dan Fondasi .....	53
<b>Gambar 4. 19</b> Material Sets .....	53
<b>Gambar 4. 20</b> Nilai Beban .....	54
<b>Gambar 4. 21</b> Susunan Jaring Elemen .....	54
<b>Gambar 4. 22</b> Muka Air Tanah .....	55
<b>Gambar 4. 23</b> Tekanan Air Pori Aktif .....	55
<b>Gambar 4. 24</b> Mengaktifkan Tekanan Air Pori Awal .....	56
<b>Gambar 4. 25</b> Tekanan Efektif Tanah .....	56
<b>Gambar 4. 26</b> Deformasi yang Terjadi .....	57

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pekerjaan pertama pada sebuah konstruksi bangunan adalah struktur bawah seperti fondasi yang berfungsi untuk menopang struktur di atasnya. Fungsi utama fondasi untuk meneruskan *dead load* dan *live load* pada bangunan maupun beban gempa pada suatu daerah tertentu, lalu disalurkan ke tanah melalui fondasi.

Fondasi itu sendiri dibagi dua macam, yaitu fondasi untuk kedalaman tanah dangkal dan fondasi untuk kedalaman tanah dalam/tanah keras. Karakteristik dan beban bangunan menjadi faktor untuk pemakaian fondasi. Jika beban bangunan itu ringan cukup menggunakan fondasi dangkal, tetapi jika beban bangunan cukup berat maka menggunakan fondasi dalam.

Pasar Johar Selatan merupakan salah satu bagian dari Kompleks Bangunan Cagar Budaya Johar Kota Semarang, bangunan tersebut merupakan sebuah konstruksi kuno peninggalan Belanda yang harus dilestarikan. Seiring berjalannya waktu perlu adanya perkuatan untuk menjaga struktur bangunan tersebut. Pada struktur bawah dilakukan perkuatan, dengan penambahan fondasi micropiles di setiap kolomnya. Dari pendahuluan tersebut, penulis memfokuskan pada analisis daya dukung dan konsolidasi pada fondasi *micropile*. Fondasi micropiles dirancang untuk memperkuat struktur lama, selain itu juga untuk menahan gaya vertikal dan gaya lateral yang ditimbulkan angin kencang atau gempa bumi.

Penyelidikan tanah dilakukan untuk mendapatkan hasil daya dukung pada tanah yang benar atau akurat. Menentukan daya dukung pada fondasi *micropile* menggunakan metode statis dan metode dinamis. Tujuan melakukan penyelidikan tanah agar mengetahui jenis, sifat, struktur pelapis dan tingkat kepadatan tanah. Manfaatnya adalah untuk mendapatkan hasil yang akurat, aman, serta hemat/ekonomis.



## 1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang dibahas sebelumnya, penulis dapat merumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Menghitung berapa besar beban maksimal tiap tiang fondasi *micropile* pada bangunan pasar,
2. Menghitung dan mengetahui daya dukung aksial dan lateral yang terjadi tanah dengan indikator N-SPT, sondir, dan parameter kuat geser tanah,
3. Menghitung penurunan tiang tunggal (*Single Pile*),
4. Menganalisa pemodelan fondasi *micropile* pada program *Allpile* dan *Plaxis*,
5. Menghitung konsolidasi pada fondasi *micropile*.

## 1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi pengamatan untuk penelitian tanah berlokasi di Kawasan Pasar Johar Selatan,
2. Struktur fondasi untuk laporan ini menggunakan fondasi *micropile*,
3. Analisa kekuatan daya dukung aksial dan lateral fondasi *micropile*,
4. Metode yang digunakan untuk perhitungan daya dukung aksial yaitu: Metode Aoki de Alencer, *Standard Penetration Test*, Mayerhoff,
5. Metode yang digunakan untuk perhitungan daya dukung lateral yaitu: Metode Brooms
6. Hitungan konsolidasi hanya memperhatikan periode satu tahun dan sepuluh tahun,
7. Rencana pembebanan bangunan mengacu pada Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Pasar,
8. Program yang digunakan untuk analisis daya dukung tanah dan konsolidasi adalah *Allpile* dan *Plaxis*

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Untuk tujuan penelitian tugas akhir ini bisa disimpulkan sebagai berikut:

1. Menghitung beban konstruksi atas pada proyek rehabilitasi Pasar Johar Selatan,
2. Mengetahui nilai daya dukung aksial dan lateral tanah menurut output data N-SPT, sondir, dan parameter kuat geser tanah,
3. Mengetahui hasil settlement tiang tunggal (*Single Pile*),
4. Mengetahui hasil *run analysis* berdasarkan program *Allpile* dan *Plaxis*,
5. Mengetahui konsolidasi pada fondasi *micropile*.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Setelah tujuan diatas, menghasilkan beberapa manfaat antara lain:

1. Menambah pengetahuan, ilmu yang bermanfaat dan untuk pembandingan jika ada pekerjaan yang serupa,
2. Bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang analisis geoteknik, utamanya fondasi *micropile* bagi pihak terkait, dan
3. Sebagai acuan atau contoh bagi mahasiswa yang membaca dan melakukan penelitian dengan mengambil studi kasus sama.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Fondasi**

Sebuah perencanaan konstruksi terdiri atas perencanaan struktur bawah serta struktur atas. Struktur bawah ini mencakup bagian struktur yang berada pada bawah tanah, yaitu fondasi. Struktur atas mencakup bagian struktur yang berada di atas tanah mirip kolom, balok, pelat serta lain-lain. Untuk struktur bawah maupun struktur atas sangatlah penting pada suatu konstruksi.

Fondasi artinya suatu struktur bawah pada bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban dari atas ke bawah yaitu tanah atau batuan yang ada di bawah konstruksi. Pada umumnya fondasi dibagi sebagai dua jenis, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Definisi fondasi dangkal merupakan fondasi yg mampu menerima beban cukup kecil serta secara langsung mendapatkan beban bangunan. Definisi fondasi dalam ialah fondasi yg mampu mendapatkan beban akbar berasal sebuah bangunan dan meneruskan beban tadi ke lapisan tanah keras. Berikut penjelasan mengenai jenis-jenis fondasi :

1. Fondasi dangkal

- a. Fondasi telapak

Fondasi telapak adalah fondasi dangkal tujuannya menahan beban terpusat dari kolom suatu bangunan yang pelaksanaannya sejajar dengan titik kolom bangunan. Fondasi telapak strukturnya terbuat dari beton bertulang berbentuk plat persegi atau persegi panjang. Pengaplikasian fondasi ini terdapat di bangunan rumah tinggal, gedung bertingkat, maupun gudang.

- b. Fondasi memanjang

Fondasi memanjang atau nama lain dari fondasi batu kali yang digunakan untuk mendukung struktur dinding memanjang dan kolom yang relatif berdekatan. Bahan utama fondasi ini menggunakan batu pecah atau batu kali dengan pengerjaannya cor beton tanpa tulangan.

c. Fondasi Rakit

Fondasi rakit dipergunakan di konstruksi yg jika bangunan atau gedung berada diatas tanah lunak atau pada tanah yang memiliki daya dukung tanahnya rendah.

2. Fondasi Dalam

a. Fondasi Sumuran

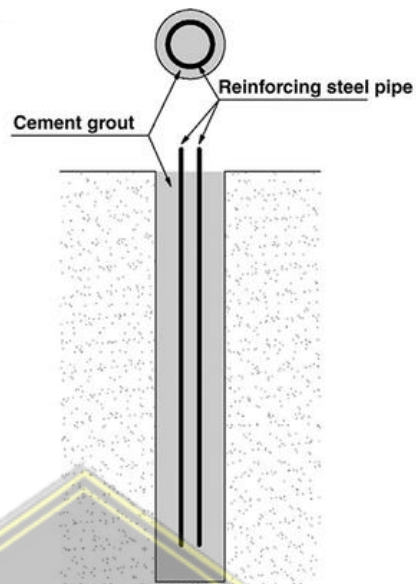
Fondasi sumuran merupakan fondasi yg struktur utamanya pipa beton yang ditanam di dalam tanah membuat sumur. Pekerjaan untuk fondasi ini pelaksanaan menggunakan batu belah serta beton menjadi isinya. Pemakaian fondasi ini diterapkan di lahan konstruksi yg lapisan tanah kerasnya cukup dalam.

b. Fondasi Tiang

Fondasi tiang merupakan fondasi yang digunakan pada bangunan konstruksi jika kedalaman tanah keras dan biasanya terletak di kedalaman yang sangat dalam. Fondasi ini cocok digunakan pada konstruksi bertingkat tinggi yang gayanya dipengaruhi oleh beban horizontal.

**2.2 Pengertian Fondasi *Micropile***

*Micropile* merupakan jenis konstruksi fondasi dangkal dengan diameter relative kecil dan bisa menjadi struktur perkuatan pada tanah. Adanya fondasi *micropile* ini dimaksudkan untuk perkuatan pada sebuah struktur bawah pada bangunan. *Micropile* juga berfungsi untuk menaikkan kuat geser tanah, maka dari itu daya dukung tanah juga ikut meningkat (Syamsud Dhuha,dkk, 2012) seperti pada Gambar 2.1



**Gambar 2. 1** Fondasi *micropile*

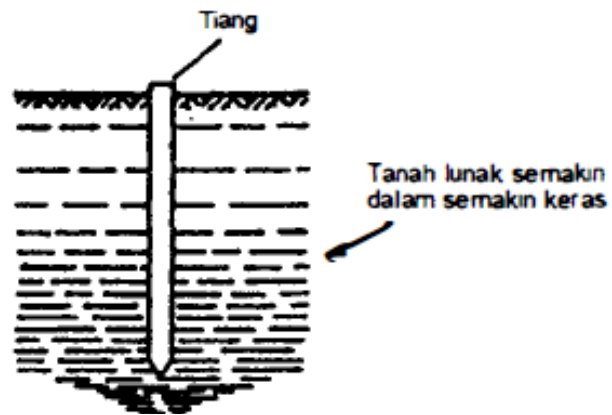
Fondasi micropile ini digunakan untuk perkuatan fondasi pada bangunan cagar budaya. Kekuatan micropile sendiri ditentukan oleh daya dukung sebuah tiang tersebut, dan pada umumnya ditentukan dari reaksi tanah yang dibebani dan kekuatan tiang untuk menahan beban di atasnya.

### 2.3 Distribusi Beban

Menurut penyaluran beban ke tanah, distribusi fondasi dibagi menjadi 2 macam, antara lain :

1. Fondasi tiang dengan gesekan tanah (*Friction Pile*)

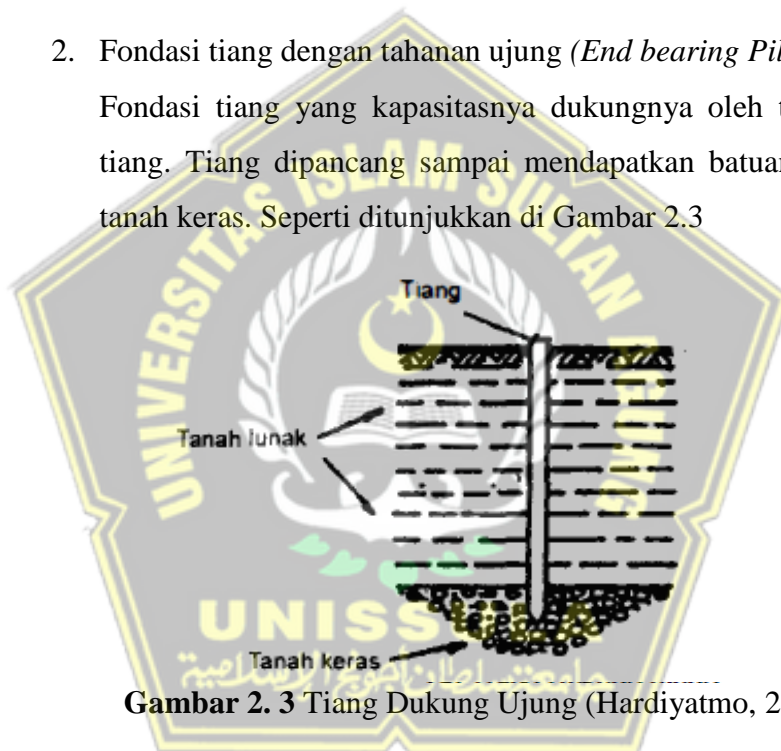
Fondasi tiang yang meneruskan beban yang telah ditentukan oleh gesekan antara dinding tiang dan tanah di sekelilingnya. Seperti pada Gambar 2.2



**Gambar 2. 2** Tiang gesek (Hardiyatmo, 2008)

2. Fondasi tiang dengan tahanan ujung (*End bearing Pile*)

Fondasi tiang yang kapasitasnya dukungnya oleh tahanan ujung tiang. Tiang dipancang sampai mendapatkan batuan atau lapisan tanah keras. Seperti ditunjukkan di Gambar 2.3



**Gambar 2. 3** Tiang Dukung Ujung (Hardiyatmo, 2008)

**2.4 Pembebanan**

Pembebanan adalah salah satu faktor penting dalam merencanakan suatu bangunan. Suatu bangunan dapat dikatakan aman dan stabil jika dapat menahan beban yang sudah direncanakan. Pembebanan pada suatu bangunan dibagi menjadi tiga, yaitu:

#### 2.4.1 Beban Mati atau *Dead Load (DL)*

Komponen struktur yang bersifat tetap dan melekat yang ada di setiap pembangunan bisa disebut sebagai beban mati. Beban mati adalah berat total beban konstruksi yang pada sebuah bangunan, termasuk plafon, plat, balok, kolom, tangga dan finishing (SNI 1727-2020).

#### 2.4.2 Beban Hidup atau *Live Load (LL)*

Semua pergerakan yang dilakukan diatas sebuah bangunan termasuk beban hidup, dan beban hidup untuk ruang tergantung dari fungsi ruang atau bangunan bisa disebut sebagai beban hidup (SNI 1727- 2020).

### 2.5 Daya Dukung Aksial

Daya dukung aksial merupakan kemampuan tanah dibawah fondasi untuk menahan gaya-gaya luar yang bekeja dengan arah tegak lurus terhadap fondasi tersebut. Untuk mendapatkan nilai daya dukung aksial, memerlukan hasil sondir dan N-SPT menurut data lapangan dan juga data laboratorium.

#### 2.5.1 Kapasitas Daya Dukung *Micropile* menurut Data Lapangan

Kapasitas daya dukung menurut data lapangan dapat dibagi dua yaitu dari data sondir dan N-SPT. Berikut hitungan yang digunakan untuk menentukan kapasitas daya dukung menurut data lapangan:

##### 2.5.1.1 Kapasitas Daya Dukung dari Hasil Sondir

Uji lapangan sondir atau disebut juga dengan *cone penetration test* (CPT) terlebih dahulu dilakukan mengakibatkan sebuah perbedaan dari perspektif geoteknik itu sendiri. Pengujian ini pekerjaannya sederhana, dengan lebih cepat mendapatkan hasil serta hemat, dan dapat dilakukan dilapangan dan melakukan pengukuran secara bertahap dari permukaan tanah di bawahnya. Data ini dibutuhkan untuk menghitung rencana *bearing capacity* pada perencanaan fondasi tiang (*pile*). Untuk menentukan kapasitas  $Q_u$  dari tiang, pekerjaan tiang harus belum dimulai. Kapasitas beban dipengaruhi dengan persamaan berikut, yaitu:

$$Q_u = Q_b + Q_s + q_b A_b + f * A_s \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang.

$Q_b$  = Kapasitas tahanan diujung tiang.

$Q_s$  = Kapasitas tahanan kulit.

$q_b$  = Kapasitas daya dukung diujung tiang persatuan luas.

$A_b$  = Luas diujung tiang.

$f$  = Satuan tahanan kulit persatuan luas.

$A_s$  = Luas kulit tiang pancang.

Ada dua metode yang bisa digunakan untuk merencanakan fondasi tiang, diantaranya sebagai berikut:

a. Metode Aoki dan De Alencar

Kapasitas dukung ultimit dari data Sondir, menurut Aoki dan Alencar mempunyai persamaan solusi. Untuk kapasitas dukung ujung persatuan luas  $q_b$  dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_b = \frac{q_{ca}(base)}{F_b} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

$q_{ca}(base)$  = Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D dibawah ujung tiang dan  $F_b$  adalah *empiric* tahanan ujung tergantung tipe tiang.

Tahanan kulit persatuan luas ( $f$ ), memiliki persamaan disebutkan pada persamaan:

$$F = q_c(side) \frac{a_s}{F_s} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

$q_c(side)$  = Perlawanan konus rata-rata pada masing lapisans epanjang tiang.

$F_s$  = Faktor empiric tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang.

$F_b$  = Faktor empiric tahan ujung tiang yang tergantung pada tipe tiang.

Faktor  $F_b$  dan  $F_s$  bisa dilihat di Tabel 2.1 dan nilai faktor



empirik  $a_s$  bisa dilihat di Tabel 2.2

**Tabel 2. 1** Faktor empirik  $F_b$  dan  $F_s$

Tipe Tiang Pancang	$F_b$	$F_s$
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

(Sumber: Titi & Farsakh, 1999)

**Tabel 2. 2** Faktor empirik  $a_s$

Tipe Tanah	$a_s$ (%)	Tipe Tanah	$a_s$ (%)	Tipe Tanah	$a_s$ (%)
Pasir	1.4	Pasir berlanau	2.2	Lempung berpasir	2.4
Pasir Kelanauan	2.0	Pasir dengan lempung	2.8	Lempung berpasir dengan lanau	2.8
Pasir kelanauan dengan lempung	2.4	Lanau	3.0	Lempung berlanau dengan pasir	3.0
Pasir berlempung dengan lanau	2.8	Lanau berlempung dengan pasir	3.0	Lempung berlanau	4.0
Pasir berlempung	3.0	Lanau berlempung	3.4	Lempung	6.0

(Sumber: Titi & Farsakh, 1999)

Untuk nilai  $a_s$  sand = 1,4 persen, nilai  $a_s$  untuk silt = 3,0 persen dan nilai  $a_s$  untuk clay = 1,4 persen.

b. Metode Langsung

Mayerhoff, Tomlinson, dan Begemann mempopulerkan metode langsung ini sebagai pada ahli tanah. Untuk rumus daya dukung fondasi tiang bsai dilihat sebagai berikut:

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times K \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung tiang

$q_c$  = Tahanan ujung sondir

Dapat digunakan faktor koreksi Mayerhoff:

$q_{c1}$  = Rata-rata PPK  $q_c$  8D diatas ujung tiang.

$q_{c2}$  = Rata-rata PPK  $q_c$  4D diatas ujung tiang.

$JHL$  = Jumlah hambatan lekat.

$K$  = Keliling tiang.

$A_p$  = Luas penampang tiang.

Untuk rumus daya dukung ijin pada fondasi tiang bisa dilihat pada persamaan (2.5):

$$Q_u \text{ Ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K_t}{5} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

$Q_u \text{ Ijin}$  = Kapasitas daya dukung ijin tiang pancang.

$q_c$  = Tahanan ujung sondir dengan memakai faktor koreksi Begemann.

$JHL$  = Jumlah hambatan lekat (*total friction*).

$K_t$  = Keliling tiang.

$A_p$  = Luas penampang tiang.

3 = Faktor keamanan untuk daya dukung tiang.

5 = Faktor keamanan untuk gesekan pada selimut tiang.

Untuk harga tekan konus atau nilai tahanan ujung bervariasi sesuai kedalaman merupakan dari hasil pengujian sondir tersebut. Oleh karena itu pemilihan nilai  $q_c$  untuk daya dukung pada ujung tiang kurang tepat. Ada beberapa pertimbangan untuk menentukan daya dukung ujung tiang.

Menurut Meyerhoff:

$q_p = q_c \rightarrow$  Untuk keperluan praktis.

$$q_p = \left(\frac{2}{3} - \frac{3}{2}\right)q_c \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

$q_p$  = Tahanan ujung ultimit

$q_c$  = Nilai tahanan ujung konus dalam daerah 2D  
dibawah ujung tiang.

### 2.5.1.2 Kapasitas Daya Dukung *Micropile* dari data N-SPT

- a. Rumus daya dukung ujung untuk fondasi tiang dari data N-SPT

Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) pada tanah nonkohesif

$$Q_p = 40 \times NSPT \times \frac{L_b}{D} \times A_p < 400 \times NSPT \times A_p \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

$Q_p$  = Tahanan ujung ultimit (kN)

$A_p$  = Luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)

- b. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) untuk tanah kohesif  $c_u$

Pada fondasi tiang pancang dan fondasi tiang bor

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

$A_p$  = Luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)

$c_u$  = Kohesi undrained (kN / m<sup>2</sup>)

$$= N-SPT * 2/3 * 10$$

- c. Kekuatan geser selimut tiang (*skin friction*) untuk tanah non-kohesif

$$Q_s = 2 \times NSPT \times p \times L_i \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

$L_i$  = Panjang lapisan tanah (m)

$p$  = Keliling tiang (m)

- d. Kekuatan geser selimut tiang (*skin friction*) untuk tanah kohesif  $c_u$   
 $Q_s = a \times c_u \times p \times L_i$  ..... (2.10)

Dimana:

- $a$  = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang  
 $c_u$  = Kohesi undrained (kN / m<sup>2</sup>)  
 = N-SPT \* 2/3 \* 10  
 $p$  = Keliling tiang (m)  
 $L_i$  = Panjang lapisan tanah (m)

## 2.5.2 Kapasitas Daya Dukung *Micropile* Berdasarkan Laboratorium

Kapasitas untuk daya dukung sesuai laboratorium dapat dicari dari kuat geser tanah serta tahanan ujung ultimit. Berikut rumus kapasitas daya dukung sesuai laboratorium:

### 2.5.2.1 Kapasitas Daya Dukung *Micropile* Berdasarkan Kuat Geser Tanah

Beberapa percobaan survey tanah di lapangan mendapatkan nilai ( $r$ ), ( $c$ ) dan ( $\phi$ ). Dari nilai yang sudah didapat tersebut maka bisa dilakukan perhitungan. Data parameter kuat geser digunakan rumus untuk menentukan asumsi daya dukung untuk fondasi tiang pada tanah yang berkarakteristik *silt* dapat dilihat dibawah ini, yaitu:

- a. Kekuatan ujung fondasi tiang pancang (*end bearing*).

Untuk tanah kohesif:

$$Q_p = A_p \times c_u \times N_c^* \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

$Q_p$  = Tahanan ujung per satuan luas (ton)

$A_p$  = Luas ujung tiang (m<sup>2</sup>).

$c_u$  = *Undrained cohesive* (ton/m<sup>2</sup>).

$N_c^*$  = Faktor daya dukung tanah, untuk fondasi tiang pancang nilai

$$N_c^* = 9$$

Menghitung nilai  $c_u$  (*Undrained cohesion*), dapat menggunakan rumus (2.12):

$$a^* = 0.21 + 0.25 \frac{P_a}{c_u} \leq 1 \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

$\alpha^*$  = Faktor adhesi = 0.4

$P_a$  = Tekanan atmosfer = 1.058 ton/ft<sup>2</sup> = 101.3 kN/m<sup>2</sup>

Perhitungan tanah nonkohesif:

$$Q_p = A_p \times q'(N_q^* - 1) \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

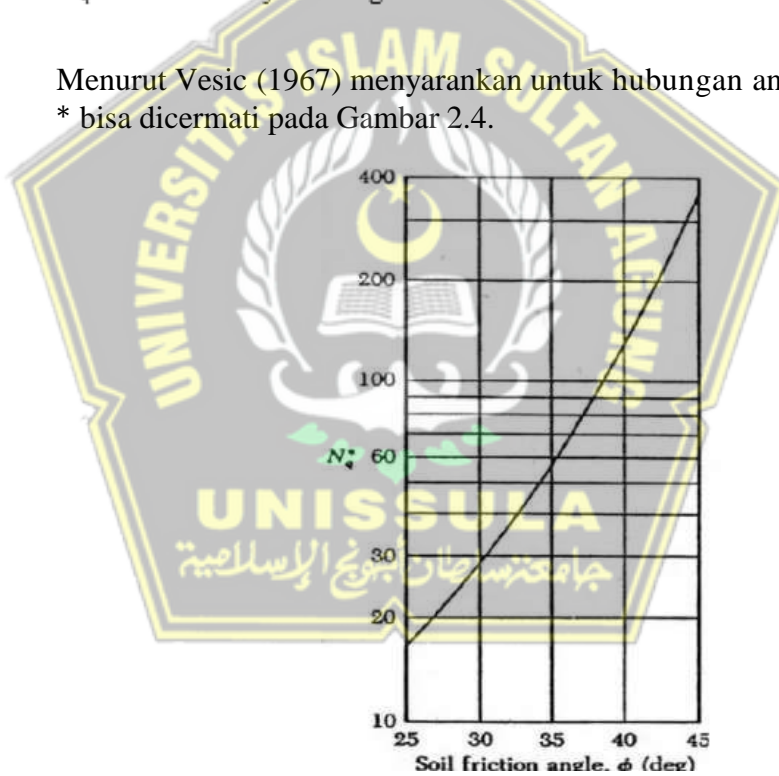
$Q_p$  = Tahanan ujung per satuan luas ton.

$A_p$  = Luas penampang, m<sup>2</sup>.

$q'$  = Tekanan vertical efektif ton/m<sup>2</sup>.

$N_q^*$  = Faktor daya dukung tanah.

Menurut Vesic (1967) menyarankan untuk hubungan antara  $\phi$  dan  $N_q^*$  bisa dicermati pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Faktor  $N_q^*$

b. Kekuatan selimut tiang pancang (*skin friction*)

$$Q_s = f_i \cdot L_i \cdot p \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

$f_i$  = Tahanan satuan *skin friction* (ton/m<sup>2</sup>).

$L_i$  = Panjang lapisan tanah (m).

$p$  = Keliling tiang (m).

$Q_s$  = Daya dukung selimut tiang ton.

Pada tanah kohesif menggunakan persamaan (2.15):

$$f = a_i^* \cdot c_u \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

$a_i^*$  = Faktor adhesi, 0.55

$c_u$  = Undrained cohesion ton/m<sup>2</sup>.

Sedangkan tanah non kohesif menggunakan persamaan (2.16):

$$f = K_0 \cdot \sigma_{v'} \cdot \tan \delta \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

$K_0$  = Koefisien tekanan tanah

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

$\sigma_{v'}$  = Tegangan vertical efektif tanah (ton/m<sup>2</sup>)

$$\sigma_{v'} = \gamma \cdot L'$$

$$L' = 15D$$

D = Diameter

$$\delta = 0.8 \cdot \phi$$

### 2.5.2.2 Tahanan Ujung Ultimit

Menggunakan data uji laboratorium maupun data pengujian penetrasi berfungsi untuk menghitung kapasitas tahanan maksimum ujung tiang. Maka dari itu untuk perhitungan kapasitas ultimit tahanan ujung menurut Meyerhof adalah berikut:

$$P_{pu} = A_p(C \cdot N_c + \eta \cdot q' \cdot N_q) \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

$P_{pu}$  = Kapasitas ultimit tahanan ujung tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

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

$C$  = Kohesi tanah (kg/cm<sup>2</sup>)

$N_c$  = Faktor daya dukung ( $\theta$ )

$N_q$  = Faktor kapasitas daya dukung, tergantung pada harga

$L/B > 1$  dan tergantung sudut geser tanah ( $\theta$ )

$q'$  = Tegangan vertikal efektif pada titik tiang pancang (kg/cm<sup>2</sup>)

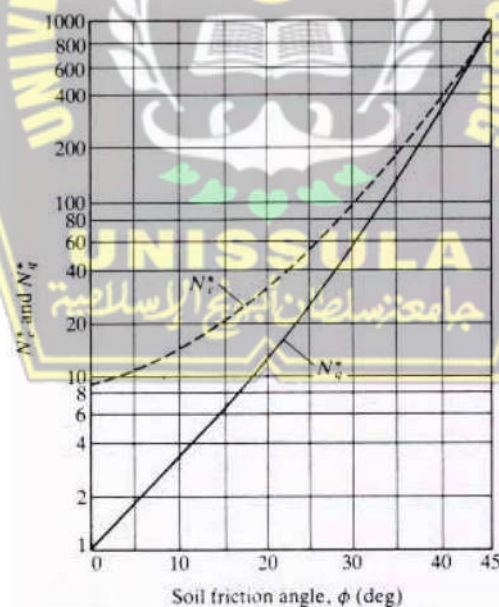
$\eta$  = 1 untuk semua kecuali faktor – faktor dimana

$$\eta = \frac{1+2K_0}{3}$$

$K_0$  = Koefisien tanah dalam keadaan diam

$$K_0 = (1 - \sin \theta) \sqrt{OCR}$$

Nilai faktor – faktor kapasitas daya dukung ( $N_c$  dan  $N_q$ ) dapat dilihat pada Gambar 2.5:



**Gambar 2.** Grafik daya dukung tanah *Meyerhof*

Sesuai grafik diatas untuk nilai faktor daya dukung dapat dilihat di Tabel 2.3:

**Tabel 2. 3** Faktor daya dukung Mayerhoff

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.14	1.00	0.00	17	12.34	4.77	1.66	34	42.16	29.44	31.15
1	5.38	1.09	0.002	18	13.10	5.26	2.00	35	46.12	33.30	37.15
2	5.63	1.20	0.01	19	13.93	5.80	2.40	36	50.59	37.75	44.43
3	5.90	1.31	0.02	20	14.83	6.40	2.87	37	55.63	42.92	53.27
4	6.19	1.43	0.04	21	15.82	7.07	3.42	38	61.35	48.93	64.07
5	6.49	1.57	0.07	22	16.88	7.82	4.07	39	67.87	55.96	77.33
6	6.81	1.72	0.11	23	18.05	8.66	4.82	40	75.31	64.20	93.69
7	7.16	1.88	0.15	24	19.32	9.60	5.72	41	83.86	73.90	113.99
8	7.53	2.06	0.21	25	20.72	10.66	6.77	42	93.71	85.38	139.32
9	7.92	2.25	0.28	26	22.25	11.85	8.00	43	105.11	99.02	171.14
10	8.35	2.47	0.37	27	23.94	13.20	9.46	44	118.37	115.31	211.41
11	8.80	2.71	0.47	28	25.80	14.72	11.19	45	133.88	134.88	262.74
12	9.28	2.97	0.60	29	27.86	16.44	13.24	46	152.10	158.51	328.73
13	9.81	3.26	0.74	30	30.14	18.40	15.67	47	173.64	187.21	414.32
14	10.37	3.59	0.92	31	32.67	20.63	18.56	48	199.26	222.31	526.44
15	10.98	3.94	1.13	32	35.49	23.18	22.02	49	229.93	265.51	674.91
16	11.63	4.34	1.38	33	38.64	26.09	26.17	50	266.89	319.07	873.84

## 2.6 Daya Dukung Lateral

Daya dukung lateral merupakan kemampuan tanah dibawah fondasi untuk menahan gaya-gaya luar yang bekeja dengan arah sejajar terhadap fondasi tersebut. Untuk mendapatkan daya dukung lateral, dapat menggunakan metode Brooms.

### 2.6.1 Kapasitas Daya Dukung Lateral Metode Brooms

Untuk perhitungan kapasitas daya dukung lateral ini menggunakan metode Brooms. Pada penelitian ini menggunakan jenis tanah pasir (ganuler) dan nilai-nilainya dapat dilihat pada Tabel 2.4.



**Tabel 2. 4** Nilai – nilai  $n_h$  untuk tanah granuler ( $c=0$ )

Kerapatan relatif ( $D_v$ )	Tak Padat	Sedang	Padat
Interval nilai A	100 - 300	300 - 1000	1000 – 2000
Nilai A dipakai	200	600	1500
$n_h$ , pasir kering atau lembab (Terzaghi) ( $kN/m^3$ )	2425	7275	19400
$N_h$ , pasir terendam air ( $kN/m^3$ ) Terzaghi	1386	4850	11779
Reese et al	5300	16300	34000

(Sumber: Hary Cristady, 2013)

Tanah	$N_h(kN/m^3)$	Referensi
Lempung terkonsolidasi normal lunak	166 - 3518 277 - 554	Reese dan Matlock (1956) Davisson – Prakash (1963)
Lempung terkonsolidasi Normal organik	111 – 277 111 - 831	Peck dan Davisson (1962) Davisson (1970)
Gambut	55 27,7 - 111	Davisson (1970) Wilson dan Hitls (1967)
Loess	8033-11080	Bowles (1968)

(Sumber: Poulos dan Davis, 1980)

### 2.6.2 Mengecek Kekakuan pada Tiang Fondasi Akibat Beban Lateral

$$E = 4700 \times \sqrt{fc} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$I = \frac{1}{6} \times \pi \times (D)^4 \dots\dots\dots (2.19)$$

Pada persamaan (2.20) dan (2.21) disajikan persamaan untuk Mencari Faktor Kekakuan Tanah (T) :

$$T = \left( \frac{Ep \times p}{nh} \right)^{1/5} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$4T = 4 \times T \dots\dots\dots (2.21)$$

### 2.6.3 Pengecekan untuk Keruntuhan Tanah Akibat Beban Lateral

Momen maks atau maksimum yang dibatasi dari fondasi dapat dihitung untuk menentukan apakah tanah runtuh atau tidak yang disebabkan oleh beban lateral. Jika tanah didesak secara lateral, taruhannya tidak akan longsor

$$M_{max} = B \times \gamma \times L^3 \times K_p \dots\dots\dots (2.22)$$

Jika  $M_{max} > M_y$ , tanah tersebut tidak mengalami kelongsoran maka dari itu  $H_u$  ditetapkan dari kekuatan tiang itu sendiri untuk menahan beban momen tiang.

### 2.6.4 Pengecekan untuk Nilai $H_u$

$$f = 0,82 \frac{H_u}{\sqrt{D_x K_p x v}} \dots\dots\dots (2.23)$$

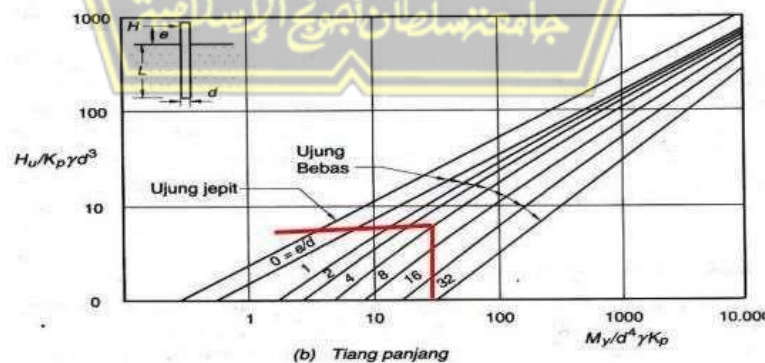
$$H_u = \frac{2 M_y}{e + \frac{2f}{3}} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$H \text{ Ijin} = \frac{H_u}{SF} \dots\dots\dots (2.25)$$

Grafik untuk tahanan momen ultimit disebutkan pada persamaan (2.26):

$$\text{Tahanan Momen Ultimit} = \frac{M_u}{D^4 \times v \times k_p} \dots\dots\dots (2.26)$$

Untuk mencari nilai  $H_u$  atau tahanan momen ultimit bisa memakai grafik pada Gambar 2.5.



**Gambar 2. 5** Grafik Nilai Tahanan Momen Ultimit

Perhitungan pada tahanan lateral izin disajikan pada persamaan (2.27) :

$$5,2 = \frac{H_u}{K_p \times D \times D^2} \dots\dots\dots (2.27)$$

## 2.7 Penurunan Elastis Tiang Tunggal

Metode transfer beban atau *load transfer* dapat digunakan untuk menganalisis penurunan tiang serta distribusi beban pada tiang fondasi tersebut. Untuk penurunan elasis fondasi menurut Vesic (1977) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut dan di Tabel 2.5 dan Tabel 2.6:

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \dots\dots\dots(2.28)$$

Untuk mendapatkan nilai  $S_{e(1)}$  menggunakan persamaan (2.29) dan (2.30) :

$$E_p(\text{beton}) = 4700\sqrt{f'c'} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \epsilon Q_{ws})L}{A_p E_p} \dots\dots\dots(2.30)$$

$\epsilon = 0.67$  (faktor empiric dari tipe variasi tahanan selimut tiang)

**Tabel 2. 5** Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas tanah

Macam Tanah	E (kN/m <sup>2</sup> )
Lempung	
Sangat Lunak	300 – 3000
Lunak	2000 – 4000
Sedang	4500 – 9000
Keras	7000 – 20000
Berpasir	30000 – 42500
Pasir	
Berlanau	5000 – 20000
Tidak Padat	10000 – 25000
Padat	50000 – 100000
Pasir dan Kerikil	
Padat	80000 – 200000
Tidak Padat	50000 – 140000
Lanau	2000 – 20000
Loose	15000 – 60000
Serpih	140000 – 1400000

(Sumber: Hardiyatmo, 2011)

**Tabel 2. 6** Jenis Tanah dan Nilai Poisson's Ratio

Jenis Tanah	Poisson's Ratio
Lempung Jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir	0,1 – 1,0
Batuan	0,1 – 0,4
Umum dipakai untuk Tanah	0,3 – 0,4

(Sumber: Das, 1998)

Dan untuk nilai  $S_{e(3)}$

$$S_{e(3)} = \frac{qp \times D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) / Iws \dots\dots\dots (2.31)$$

$$Iws = 2 + 0,35 \sqrt{L/D} \dots\dots\dots (2.32)$$

Asal persamaan diatas, untuk total *settlement* pada tiang fondasi tunggal bisa diketahui. Pada penurunan fondasi tiang wajib memperhatikan beberapa batasan, supaya *settlement* tidak melebihi dari nilai yang diizinkan. Untuk mengetahui besar nilai *settlement* yang diizinkan, dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$S_{ijin} = 10\% \times D \dots\dots\dots (2.33)$$

Dimana nilai D mengacu pada diameter fondasi. Nilai total *settlement* lebih kecil dari nilai yang diizinkan.

## 2.8 Penurunan yang Diizinkan

Ada beberapa faktor yang bisa ditinjau untuk *settlement* yang diizinkan dari suatu bangunan itu sendiri. Jenis bangunan, tinggi bangunan, dan fungsi pada bangunan, serta seberapa besar bangunan lalu seberapa cepat penurunan yang terjadi dan distribusinya adalah faktor-faktornya. Kemungkinan struktur akan mampu mengatasi penurunan tergantung dengan waktu penurunan itu sendiri, jika semakin lambat penurunan maka semakin besar potensi struktur menahan beban. Oleh karena itu, pada tanah berpasir dan tanah lempung untuk kriterianya bisa berbeda.

Untuk penurunan maksimum bisa diasumsi dengan ketepatan yang sama, dan biasanya berkolaborasi antara penurunan maksimum dengan penurunan yang diizinkan. Untuk penurunan yang aman ada syaratnya sebagai berikut:

$$S_{total} \leq S_{ijin}$$

$$S_{ijin} = 10\% \cdot D \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana:  
D = Diameter tiang

## 2.9 Faktor Keamanan

Faktor keamanan merupakan suatu angka pembagi untuk mendapatkan nilai kapasitas ujung tiang, dengan membagi kapasitas ultimate dengan faktor keamanan tertentu.

Perencanaan fondasi tiang menurut Reese dan O'Neill (1989) memberi saran bahwa faktor keamanan (Fs) mempertimbangkan faktor faktor yang dapat dilihat pada Tabel 2.7:

1. Tipe dan kepentingan dari struktur,
2. Variabilitas tanah (tanah tidak uniform),
3. Ketelitian penyelidikan tanah,
4. Tipe dan jumlah uji tanah yang dilakukan,
5. Ketersediaan tanah ditempat (uji beban tiang),
6. Pengawasan / control kualitas dilapangan,
7. Kemungkinan beban desain aktual yang terjadi selama beban layanan struktur.

**Tabel 2. 7** Faktor keamanan Reese & O'Neill

Klasifikasi struktur	Faktor keamanan (F)			
	Kontrol baik	Kontrol Normal	Kontrol jelek	Kontrol sangat jelek
Monumental	2.3	3	3.5	4
Paramanen	2	2.5	2.8	3.4
Sementara	1.4	2	2.3	2.8

Nilai  $Q_u$  dibagi dengan  $F_s$  yang sesuai merupakan besar beban yang bekerja atau kapasitas tiang izin yang diperbolehkan untuk keamanan terhadap keruntuhan struktur. Jadi faktor pembagi  $F_s$  menjadi tolak ukur keamanan sebuah konstruksi.

Untuk penggunaan  $F_s = 1.5$  untuk  $Q_s$  nilai ini lebih kecil dari  $F_s = 3$ , sebab untuk nilai puncak  $Q_s$  dicapai jika tiang tersebut mengalami penurunan sekitar 2-7 mm. Sedangkan untuk bisa tahanan ujungnya bekerja secara penuh,  $Q_b$  perlu *settlement* yang lebih besar. Oleh karena itu, faktor keamanan sangat penting untuk digunakan agar bisa mendapatkan keamanan struktur bawah yaitu fondasi tiang tersebut terhadap keruntuhan struktur dengan mempertimbangkan *settlement* pada tiang akibat beban fondasi sendiri

## 2.10 Program *Plaxis*

*Plaxis 2D* merupakan suatu program komputer yang memakai metode elemen hingga dan digunakan untuk analisis aneka macam ini dan di populerkan oleh beberapa ahli di luar negeri.

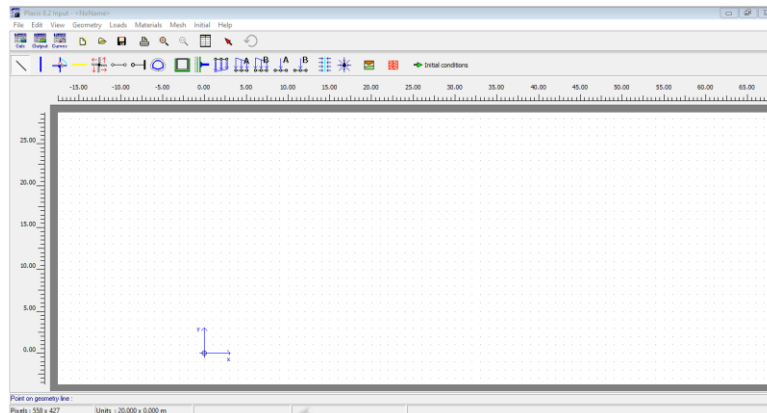
Metode elemen hingga itu sendiri merupakan metode numerik agar mendapatkan jawaban untuk masalah yang ditemui pada analisis teknik. Peningkatan penggunaan komputer ialah sebagai alat desain untuk menghasilkan yang akurat, perlu untuk para pengguna memiliki pengetahuan yang cukup agar dapat menyelesaikan permasalahan di *plaxis* terutama tentang metode elemen hingga.

Penggunaan *Plaxis 2D* dalam analisa ini adalah untuk mendapatkan hasil konsolidasi dalam jangka waktu yang sudah ditentukan, dengan melihat indikator  $\phi/c$ ,  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma_{unsat}$  dan indikator lain. Ouput dari program ini salah satunya *displacement*.

### 2.10.1 Geometri Model

Geometri model sebuah lembar awal dalam aplikasi yang mengilustrasikan kondisi geometri tanah yang akan dihitung dan dianalisis.

Permodelan yang digambarkan dalam *Plaxis* 8.2 adalah model dua dimensi seperti pada Gambar 2.7



**Gambar 2. 6** Jendela Penggambaran Model

### 2.10.2 Kondisi Batas

Suatu batas garis pada *input* geometri dapat disebut juga dengan kondisi batas. *Plaxis* ada banyak pilihan untuk standar batas kondisi yang dapat dipilih. Dalam analisis, batas kondisi standar adalah kondisi batas umum yang sering dipakai (Brinkgreve, 2007).

### 2.10.3 Data Elemen

Program *plaxis* ini adalah program analisis nonlinear yaitu perilaku tanah serta batuan saat adanya pembebanan di atasnya. *Plaxis* dapat memodelkan beberapa jenis sesuai kondisi di lapangan tergantung tegangan serta regangan yang ada. *Soil and Interface* adalah elemen yang sangat diperlukan untuk melakukan analisis. Indikator paling utama pada program ini adalah elemen tanah, maka indikator yang dapat diinput seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8 antara lain:

#### 1. *Material Sets*

Pada *material sets* memperlihatkan nama material, mode material, dan tipe material. Mode material sendiri tersedia dalam pilihan *linear-elastic*, *mohr-coilomb*, *hardening soft soil*, *soft soil*, dan *soft soil creep*. Untuk tipe material ada beberapa pilihan juga seperti *drained*, *undrained*, dan *non-porous*.

2. *General Properties*

*General properties* memuat mengenai  $\gamma_{unsat}$  dan  $\gamma_{sat}$  tanah.

3. *Permeability*

*Permeability* memperlihatkan tanah dari arah x dan y.

4. Kekakuan

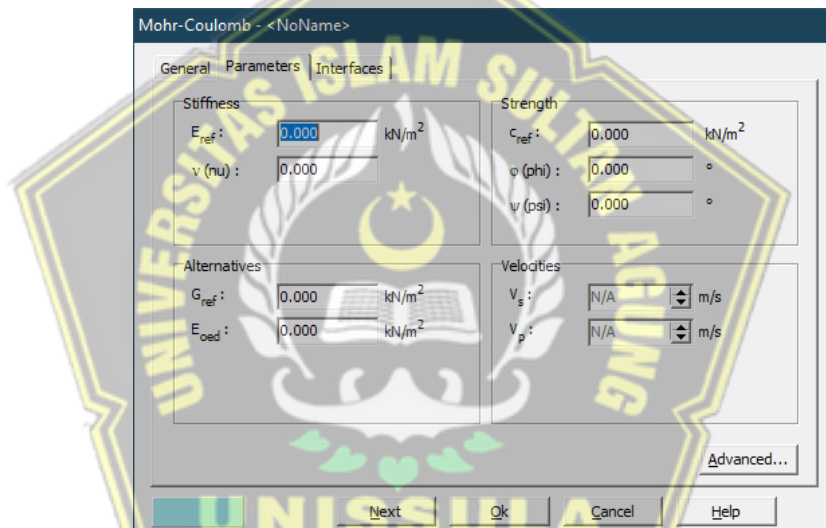
Kekakuan memuat mengenai modulus young dan *poisson ratio*.

5. Kuat Geser

Kuat geser memperlihatkan indikator kohesi (c), sudut geser dalam ( $\theta$ ), dan sudut inklinasi ( $\psi$ ).

6. *Strength*

*Strength* memuat berupa rigid dan *manuals*.



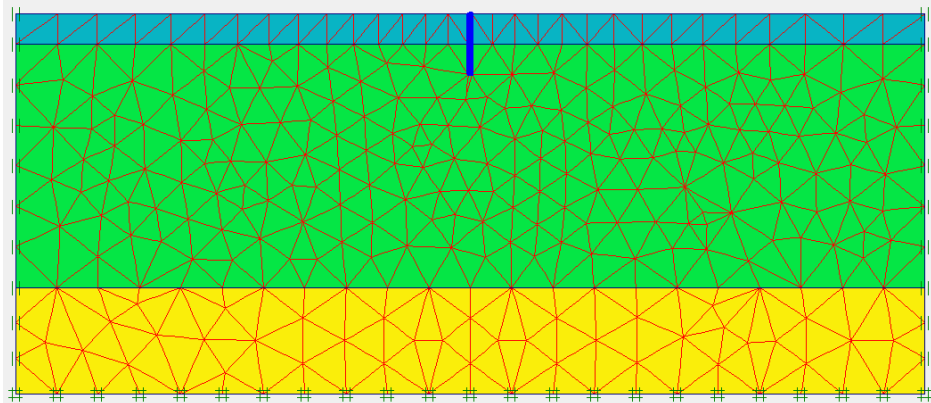
**Gambar 2. 7** *Jendela Soil and Interface*

#### 2.10.4 *Mesh Generation*

*Mesh Generation* sebuah tahapan untuk melakukan sebuah analisis pada program plaxis. Analisis tidak dapat dilanjutkan jika *mesh generation* di plaxis tidak mampu dilakukan. Kasus ini bisa terjadi karena adanya kesalahan pada input data. Elemen-elemen segitiga yang berbentuk jarring atau *mesh* dapat terjadi jika *mesh generation* sudah dilakukan. Jumlah serta besarnya elemen-elemen tadi bisa diatur serta diubah sendiri pada plaxis. Plaxis menyampaikan pilihan buat melakukakn hal tadi antara lain : *very*



*coarse, coarse, medium, fine, dan very fine.* Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9



**Gambar 2. 8** Mesh Generation

### 2.10.5 Kondisi Awal

Pada penentuan kondisi awal pada plaxis bisa diartikan sebagai tahapan awal yang dilakukan sebelum adanya pembebanan serta perkuatan. Nilai koefisien tanah akan mempengaruhi pada tahap ini dan secara otomatis dimasukkan ke dalam program plaxis. Nilai tersebut berfungsi untuk menentukan kondisi awal yang diatur agar memperlihatkan muka air tanah seperti pada Gambar 2.10.



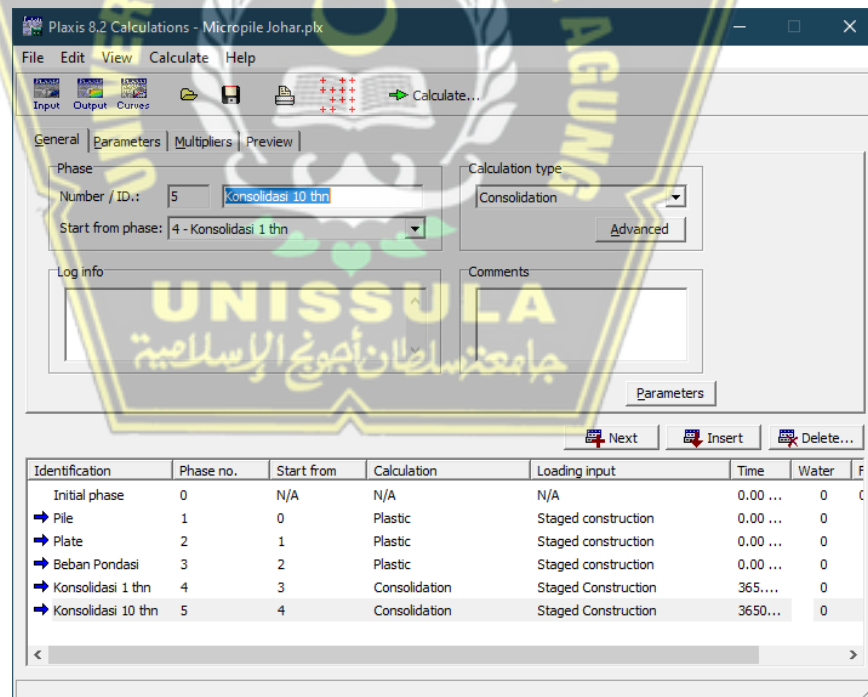
**Gambar 2. 9** Kondisi Muka Air Tanah

### 2.10.6 Perhitungan

Perhitungan aliran air tanah, konsolidasi dan deformasi adalah hasil dari perhitungan program plaxis (Antonius, 2007). Penggunaan faktor pembesaran bertujuan supaya hasil dari perhitungan sesuai dengan kondisi pada lapangan adalah tahap untuk perhitungan plaxis.

Dengan memasukkan pembebanan secara sedikit demi sedikit sampai dengan beban yang direncanakan adalah analisis secara bertahap pada program Plaxis. Bila selama perhitungan terjadi keruntuhan, maka program plaxis akan menghentikan proses perhitungan. Kasus ini bisa disimpulkan bahwa tanah tidak mampu menahan beban yang direncanakan.

Pada analisis konsolidasi bisa gunakan *consolidation* pada *calculation type*. Sebelum ke perhitungan konsolidasi, harus menginstall kan seperti *pile*, *plate*, beban pada *calculation type*. Pengaturan lainnya bisa dipilih pada menu seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 10 Perhitungan

### 2.11 Program *Allpile*

*Allpile* adalah program komputer yang dipakai untuk menganalisa atau merencanakan sebuah fondasi pada suatu bangunan. *Allpile* sering digunakan karena mudah digunakan dan output kalkulasi yang sangat cepat. Penggunaan program *allpile* ini untuk memodelkan pondasi micropile, dengan menginput data fondasi yang direncanakan dan data tanah yang di dapat pada lokasi penelitian.

Dalam input *allpile* ini harus memperhatikan berbagai indikator seperti *soil properties*, beban lateral, beban vertikal dan *ground water level*. Output yang dihasilkan setelah dilakukan *run analysis* mendapatkan *settlement* fondasi yang sesuai dengan perencanaan.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Data Umum

Data umum dari proyek Pasar Johar Selatan Kota Semarang adalah sebagai berikut:

1. Nama Proyek : Rehabilitasi Bangunan Pasar Johar Selatan Kota Semarang
2. Lokasi Proyek : Jl. K.H Agus Salim, Kauman, Kec. Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah
3. Pemilik Proyek : Kementrian PUPR
4. Konsultan MK : PT. Virama Karya (PERSERO)
5. Kontraktor : PT. Sinar Citra Sempurna
6. Konsultan Perencana : PT. Uni Tri Cipta

### 3.2 Data Teknis

Untuk data teknis didapat dari lapangan dan menurut perhitungan dari pihak konsultan, sebagai berikut:

1. Kedalaman *micropiles* :  $\pm 8\text{m}$
2. Diameter *micropiles* : 20 cm
3. Mutu beton *micropiles* :  $f_c'30\text{ Mpa}$

### 3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dipakai untuk mencapai maksud dan tujuan studi menggunakan beberapa metode antara lain:

**Langkah awal** yaitu studi kepustakaan terhadap *textbook* dan referensi jurnal mengenai analisis daya dukung pondasi.

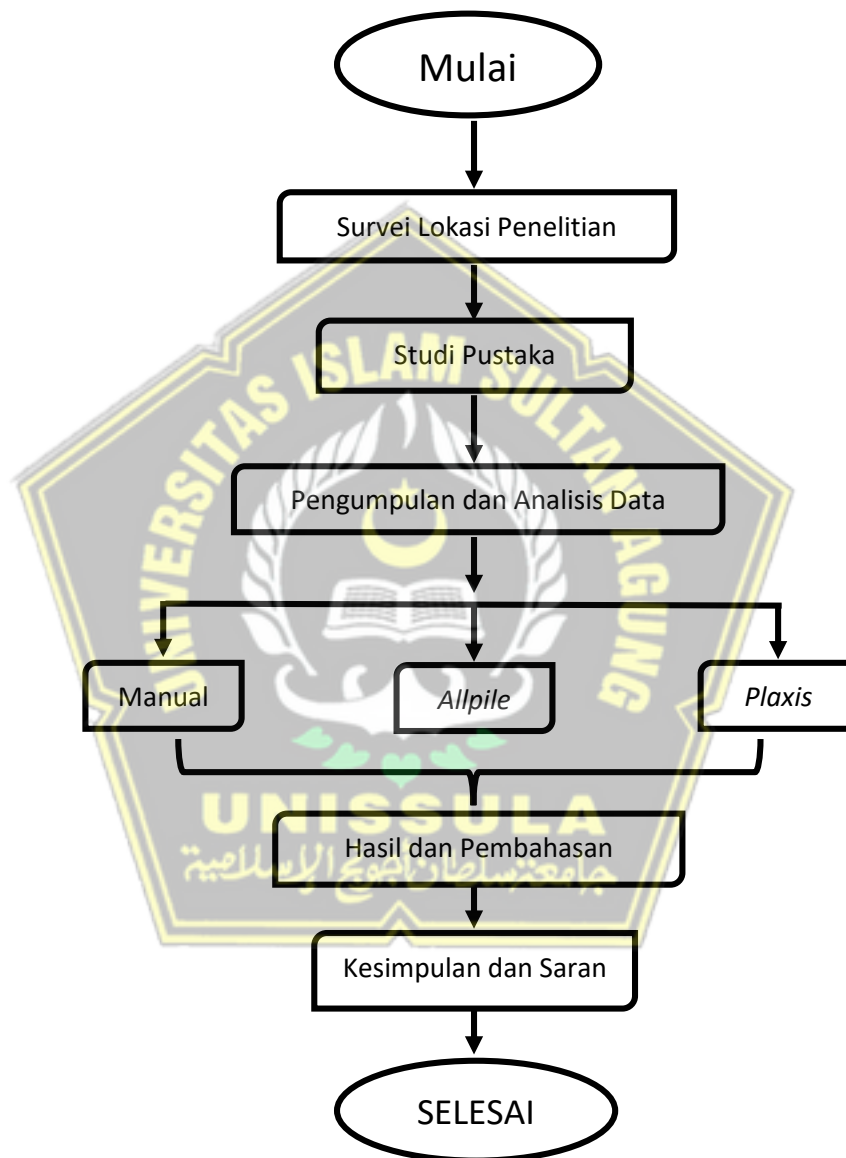
**Langkah kedua** yaitu menentukan lokasi pengambilan data di proyek tersebut.

**Langkah ketiga** yaitu Mengumpulkan data yang diperlukan dari pihak perencana yaitu PT. Uni Tri Cipta.

**Langkah keempat** yaitu diskusi dan analisis mengenai data-data yang didapat dengan dosen pembimbing mengacu teori yang terkait.

**Langkah kelima** yaitu analisis perhitungan, permodelan struktur dan menyimpulkan dari hasil tersebut.

Skema pelaksanaan studi ini dapat dilihat pada Gambar 3.1:



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Pelaksanaan

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pendahuluan

Untuk analisa daya dukung dan konsolidasi, kami mengolah data yang telah didapat dari proyek Rehabilitasi Pasar Johar Selatan yang berada di Jalan K.H. Agus Salim, Kauman, Kec. Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah. Pada struktur sebelumnya, Pasar Johar Selatan menggunakan pondasi tapak dan pada proyek rehabilitasi ini diperkuat dengan pondasi *micropile*. Fondasi *micropile* yang digunakan berdiameter 20 cm. Perhitungan daya dukung tiang memerlukan data hasil sondir dan juga memakai data N-SPT serta perhitungan daya dukung menggunakan perhitungan manual. Dengan data tersebut kami menganalisis daya dukung pada perkuatan struktur pondasi menggunakan pondasi *micropile*.

Perhitungan penurunan dihitung menggunakan dua program yaitu: Allpile dan Plaxis. Dua program tersebut dapat menganalisis hasil dari konsolidasi selama satu tahun dan sepuluh tahun.

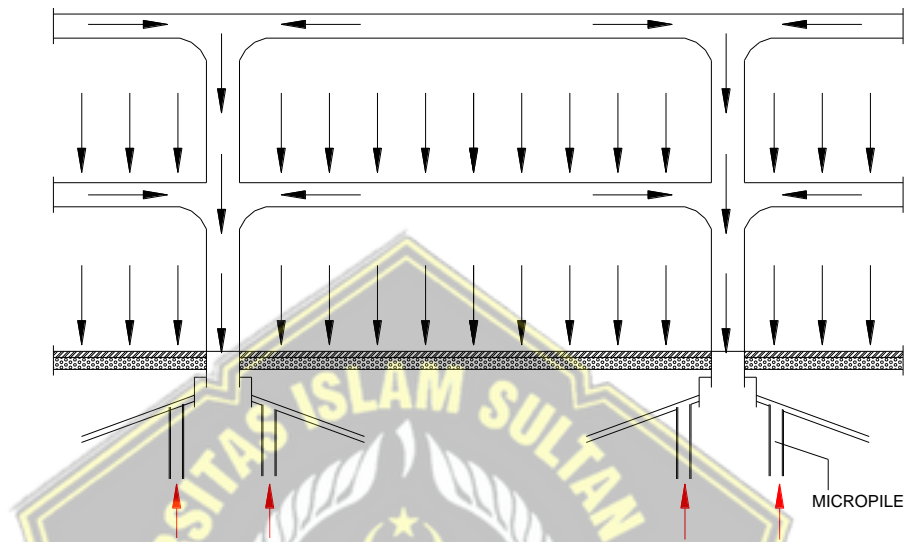
### 4.2. Data Perencanaan

Pada perencanaan didapatkan data spesifikasi umum sebagai berikut:

1. Tinggi bangunan = 6.32 m
2. Jumlah lantai = 2
3. Fungsi bangunan = Pasar
4. Jenis konstruksi = Beton bertulang
5. Konstruksi atap = Dak beton dan baja
6. Struktur bawah = Fondasi tapak dan *micropile*
7. Diameter *micropile* = 20 cm
8. Mutu beton =  $f_c' 30 \text{ Mpa}$

### 4.3. Perencanaan Fondasi *Micropile*

Pada perencanaan fondasi *micropile* perlu adanya perhitungan beban maksimum yang dipikul oleh suatu fondasi. Berikut perhitungan untuk beban maksimum pada fondasi dan dapat dilihat ilustrasinya seperti pada Gambar 4.1:



Gambar 4. 1 Trasfer Beban

$$L = \text{Jarak antar kolom} = 5,7 \text{ m}$$

$$n = \text{Jumlah lantai} = 2$$

$$q = \text{Beban } (qL = 0,6 + qD = 0,3)$$

$$P = L \times L \times n \times q$$

$$P = 5,7 \times 5,7 \times 2 \times (0,6 + 0,3)$$

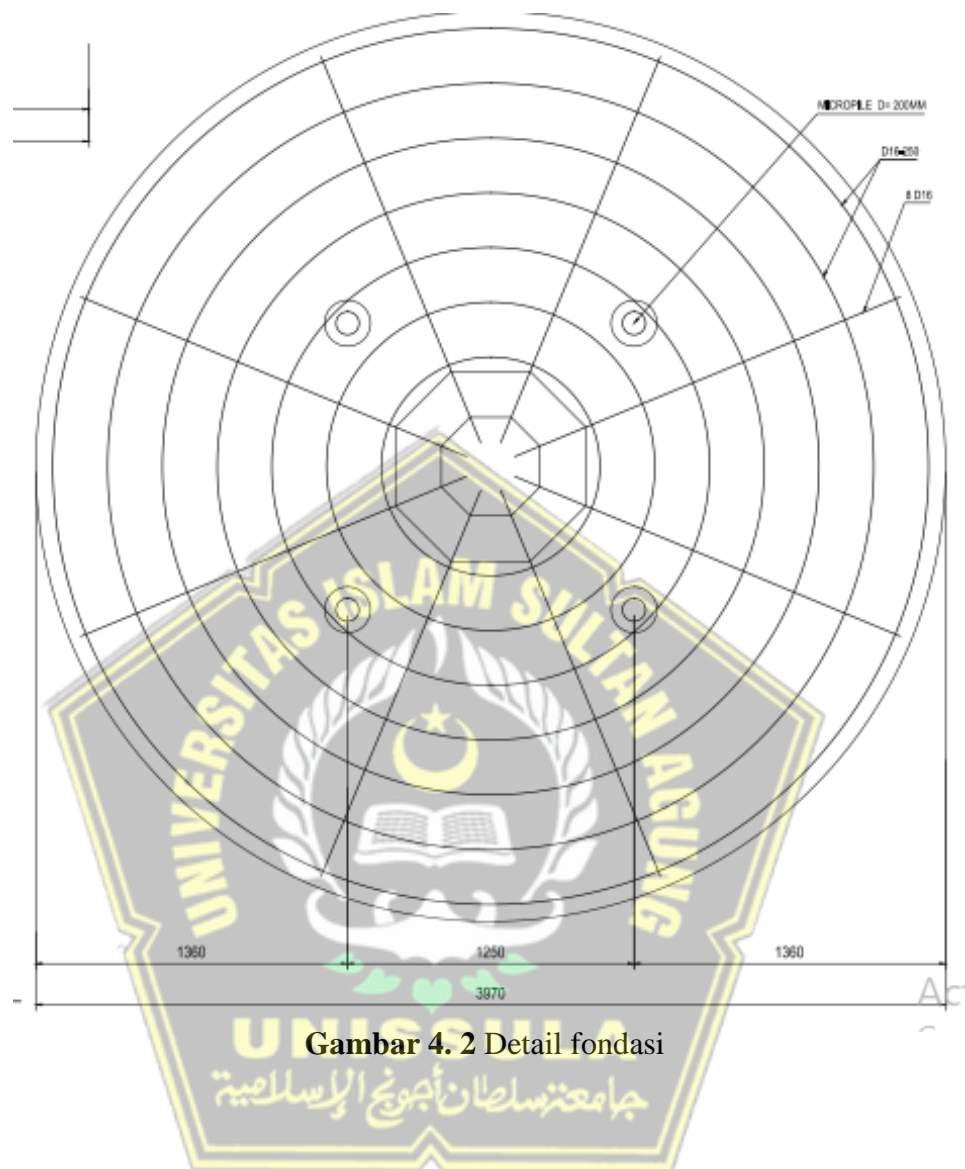
$$P = 58,242 \text{ ton}$$

Jika jumlah *pile* ada empat, jadi:

$$P = \frac{58,242}{4}$$

$$P = 14,621 \text{ ton} \sim 15 \text{ ton atau } 150 \text{ kN}$$

Setelah didapat data beban maksimum tiap tiang maka dapat diperhitungkan daya dukung aksial dan lateral fondasi *micropile* tersebut. Untuk perencanaan ini, fondasi tapak bangunan cagar budaya diperkuat menggunakan fondasi *micropile* dan dapat difungsikan sebagai pilecap. Berikut detail fondasi pada Pasar Johar Selatan seperti pada Gambar 4.2:

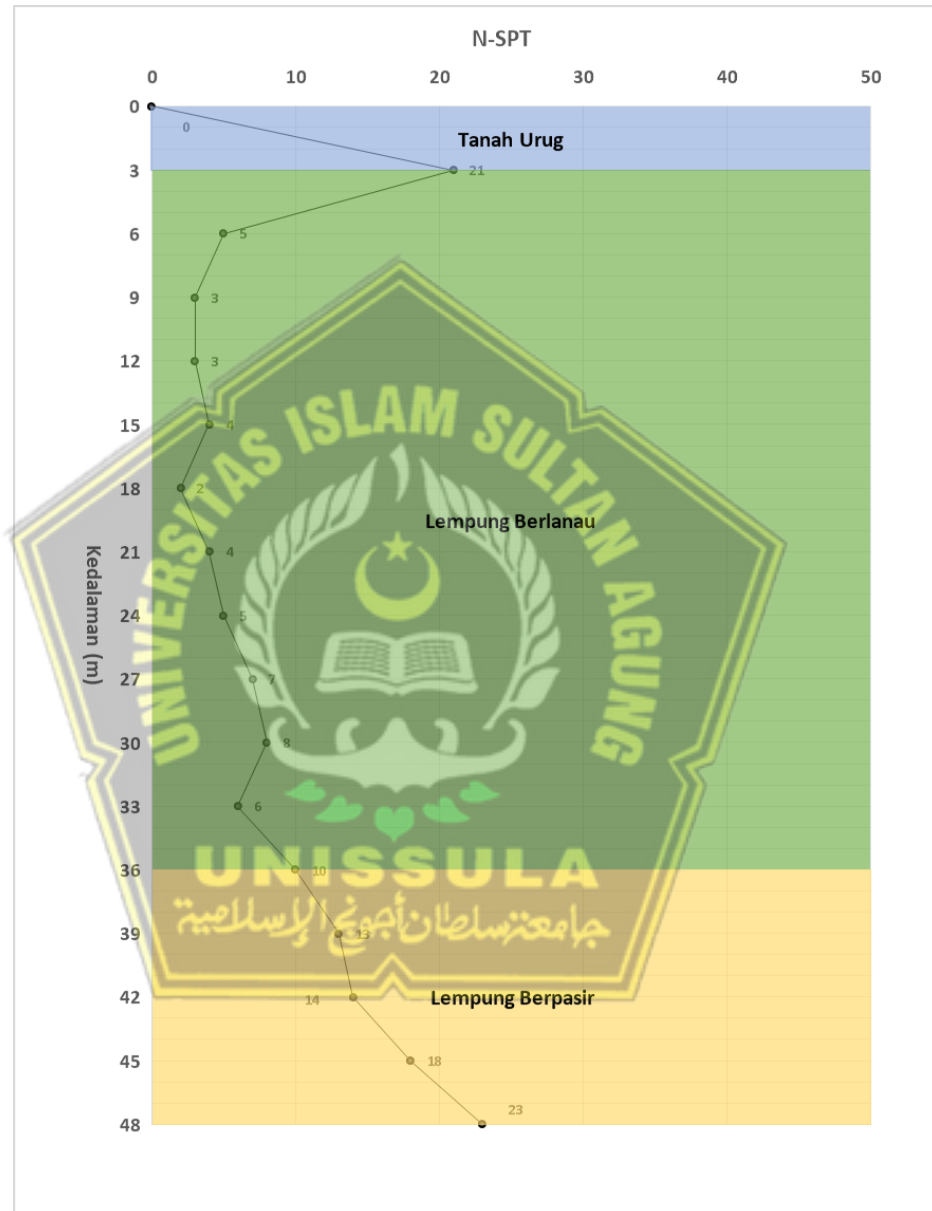


Gambar 4.2 Detail fondasi



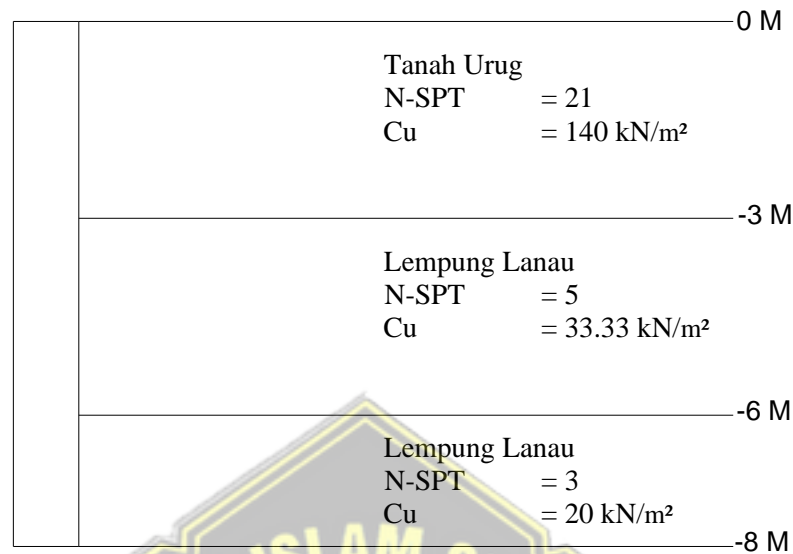
#### 4.4. Perhitungan Daya Dukung Aksial Fondasi *Micropile*

Untuk perhitungan daya dukung fondasi harus memerlukan data tanah asli pada lokasi yang akan ditinjau. Berikut data tanah asli pada proyek Pasar Johar Selatan seperti pada Gambar 4.3



Gambar 4. 3 Data Tanah

Parameter tanah pada proyek Pasar Johar Selatan untuk fondasi *micropile* dapat dilihat seperti pada Gambar 4.4:



Gambar 4. 4 Gambar parameter tanah

#### 4.4.1 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung *Micropile* menurut Metode Aoki dan De Alencer

Data-data untuk fondasi *micropile* sebagai berikut:

1. Diameter = 20 cm
2. Keliling *micropile* ( $A_s$ ) =  $\pi \times 20$  cm  
= 62.8 cm  
= 0.628 m
3. Luas penampang tiang ( $A_p$ ) =  $1/4 \pi d^2$   
= 314 cm<sup>2</sup>  
= 0.0314 m<sup>2</sup>

Pada perhitungan ini dibagi menjadi dua yaitu  $Q_p$  dan  $Q_s$  atau kapasitas dukung ujung tiang dan kapasitas dukung kulit pada tanah kohesif:

- a. Perhitungan kapasitas dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) untuk tanah kohesif  
Perlawanan konus rata-rata 1,5D di atas ujung tiang dan 1,5D di bawah ujung tiang. Berikut nilai  $q_c$  di dasar tiang dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4. 1** Nilai qc di dasar tiang

No.	Kedalaman (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )
1	7.7	29.45
2	7.8	30.3
3	7,9	31.15
4	8	32
5	8,1	32.6
6	8.2	33.2
7	8.3	33.8
Σqc		222.5 (kg/cm <sup>2</sup> )

Maka nilai qc rata-rata adalah:

$$q_{c1} = \frac{\sum q_c}{n} = \frac{222.5}{7} = 31.79 \text{ kg/cm}^2$$

Dari persamaan, kapasitas dukung ujung persatuan luas (qp):

$$q_p = \frac{q_c(\text{base})}{F_b} \text{ (Nilai } F_b \text{ dari Tabel 2.1, tiang bor} = 3.5)$$

$$q_p = \frac{31.79}{3.5} = 9.08 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas dukung ujung tiang (Qp) :

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$Q_p = 9,08 \times 314 = 2851,12 \text{ kg} = 2,851 \text{ ton}$$

- b. Perhitungan kapasitas dukung kulit (Qs) pada tanah kohesif

Dari persamaan (2.5), kapasitas dukung kulit persatuan luas (f) dengan

L = 800 cm:

$$f = qc \text{ (side)} \frac{as}{F_s} \text{ (Nilai } a \text{ dan } F_s \text{ dari Tabel 2.1 dan Tabel 2.2)}$$

$$f = 32 * \frac{0.628}{7} = 2.87 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas dukung kulit (Qs):

$$Q_s = f . As . 800$$

$$Q_s = 2.87 \times 62.8 \times 800$$

$$Q_s = 14.42 \text{ ton}$$

Hasil perhitungan daya dukung fondasi *micropile* menurut metode Aoki dan De Alencar dapat dilihat pada Tabel 4.2.

#### 4.4.2 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung *Micropile* dengan Hasil *Standard Penetration Test* (SPT)

Perhitungan kapasitas daya dukung *micropile* per lapisan dari data SPT.

- a. Kapasitas dukung ujung tiang pada tanah kohesif.

$$Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A_p$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk: } c_u &= N - \text{SPT} \times \frac{2}{3} \times 10 \\ &= 21 \times \frac{2}{3} \times 10 \\ &= 140 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A_p$$

$$Q_p = 9 \times 140 \times 0.0314$$

$$Q_p = 39.564 \text{ kN}$$

- b. Kapasitas tahanan selimut tiang pada tanah kohesif

$$Q_s = \alpha \cdot c_u \cdot A_s \cdot L_i \text{ (Berdasarkan persamaan faktor adhesi } \alpha = 0.55)$$

$$Q_s = 0.55 \times 140 \times 0.628 \times 3$$

$$Q_s = 14.5068 \text{ kN}$$

Untuk hasil perhitungan daya dukung fondasi *micropile* dengan hasil *Standard Penetration Test* (SPT) dilihat pada Tabel 4.3.

#### 4.4.3 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung *Micropile* Menurut Metode Mayerhof (1976)

Pada perhitungan berdasarkan metode Mayerhof (1976) antara lain:

- a. Daya dukung ujung fondasi *micropile* (*end bearing*)

$$Q_p = A_p \times c_u \times N_c$$

(Faktor daya dukung tanah untuk fondasi tiang  $N_c = 9$ )

$$Q_p = 0.0314 \times 140 \times 9$$

$$Q_p = 39.564 \text{ ton}$$

- b. Daya dukung selimut fondasi *micropile* (*skin friction*)

$$Q_s = f_i \times L_i \times A_p$$

Dimana  $f_i = \alpha_i^* \times c_u$  (Berdasarkan persamaan  $\alpha_i^* = 0.55$  )

$$f_i = 0.55 \times 140$$

$$f_i = 77 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_s = 77 \times 3 \times 0.0314$$

$$Q_s = 7.25 \text{ ton}$$

Hasil perhitungan daya dukung fondasi *micropile* menurut metode Mayerhof dilihat pada Tabel 4.4



**Tabel 4. 2** Hasil perhitungan daya dukung fondasi micropile metode Aoki dan De Alencer

Kedalaman	qc1	qc2	F	As (m)	Ap (m <sup>2</sup> )	Qs (ton)	Kumulatif	Qp (ton)	Qu (ton)	Qall (ton)
0	0	0	0	0.628	0.0314	0	0	0	0	0
2	39.79	43	3.858	0.628	0.0314	4.845289	4.845289	3.569731	8.415021	5.610014
4	12.54	11	0.987	0.628	0.0314	2.478985	7.324274	1.125017	8.449291	5.632861
6	15.56	15	1.346	0.628	0.0314	5.070651	12.39493	1.395954	13.79088	9.19392
8	31.79	32	2.871	0.628	0.0314	14.42319	26.81811	2.852017	29.67013	19.78009

**Tabel 4. 3** Hasil perhitungan daya dukung fondasi micropile metode SPT

Kedalaman	NSPT	cu	As (m)	Ap (m)	Qs (ton)	Kumulatif	Qp (ton)	Qu (ton)	Qall (ton)
0	0	0	0.628	0.0314	0	0	0	0	0
3	21	140	0.628	0.0314	14.5068	14.5068	39.564	54.0708	36.0472
6	5	33.33333	0.628	0.0314	6.908	21.4148	9.42	30.8348	20.55653
9	3	20	0.628	0.0314	6.2172	27.632	5.652	33.284	22.18933

**Tabel 4. 4** Hasil Perhitungan daya dukung fondasi micropile metode Mayerhoff

Kedalaman	NSPT	cu	Faktor adhesi	As (m)	Ap (m <sup>2</sup> )	fi	Qs (ton)	Kumulatif	Qp (ton)	Qu (ton)	Qall (ton)
0	0	0	0.55	0.628	0.0314	0	0	0	0	0	0
3	21	140	0.55	0.628	0.0314	77	7.2534	7.2534	39.564	46.8174	46.8174
6	5	33.33333	0.55	0.628	0.0314	18.33333	3.454	10.7074	9.42	20.1274	20.1274
9	3	20	0.55	0.628	0.0314	11	3.1086	13.816	5.652	19.468	19.468

#### 4.5. Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi *Micropile*

Daya dukung lateral pada fondasi *micropile* menggunakan data berat jenis tanah dan berdasarkan grafik. Untuk perhitungannya sebagai berikut:

##### 4.5.1 Daya Dukung Fondasi *Micropile* Terhadap Gaya Lateral Berdasarkan Data Tanah

Untuk daya dukung fondasi terhadap gaya lateral berdasarkan data tanah dilihat pada Tabel 4.5:

**Tabel 4. 5** Berat jenis tanah

Jenis Tanah	$\gamma_{sat}$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{dry}$ (KN/m <sup>3</sup> )
Kerikil	20-22	15-17
Pasir	18-20	13-16
Lanau	18-20	14-18
Lempung	16-22	14-21

(Sumber: Soil Mechanics and Foundation, John Wiley & Sons, 2000)

$$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$K_p = \tan^3\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$K_p = 3.044$$

$$\text{Spesifikasi tiang : } D = 0.2 \text{ m}$$

$$L = 8 \text{ m}$$

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

- a. Cek kekakuan tiang fondasi menggunakan persamaan

$$E = 4700\sqrt{f'_c}$$

$$E = 4700\sqrt{30}$$

$$E = 25742.96 \text{ kN/m}^2$$

Kekakuan tiang fondasi menggunakan persamaan

$$I = \frac{1}{64} \times \pi \times D^4$$

$$I = \frac{1}{64} \times 3.14 \times 0.2^4$$

$$I = 0.0000785 \text{ m}^4$$

Mencari nilai kekakuan fondasi tiang membutuhkan nilai  $\eta_h$  yang diperoleh dari Tabel 2.9 nilai  $\eta_h$  pada tanah kohesif. Nilai  $\eta_h$  didapat  $150 \text{ kN/m}^2$

Untuk faktor kekakuan tanah sebagai berikut:

$$T = \left( \frac{E_p \times L}{\eta_h} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$T = \left( \frac{25742.96 \times 0.0000785}{150} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$T = 0.422559 \text{ m}$$

$$4T = 4 \times T$$

$$4T = 4 \times 0.423$$

$$4T = 1.690 \text{ m}$$

Untuk hasil perhitungan disimpulkan bahwa  $L > 4T$ , jadi fondasi tersebut termasuk jenis fondasi yang elastis.

- b. Cek keruntuhan tanah untuk jenis tiang fondasi jepit menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \gamma \times D \times L^3 \times K_p \\ &= 16 \times 0,2 \times 8^3 \times 3,044 \\ &= 4987.29 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Disebabkan ujung tiang jepit dan tiang fondasi cukup panjang, maka dari itu  $M_u < M_{\max}$ . Jadi asumsi nilai dari  $M_y$  diambil  $500 \text{ kNm}$ .

Nilai  $H_u$  sebagai berikut:

$$f = 0.82 \sqrt{\frac{H_u}{D \times K_p \times \gamma}}$$

$$f = 0.82 \sqrt{\frac{H_u}{0.2 \times 3.044 \times 16}}$$

$$f = 0.26 \sqrt{H_u}$$

$$H_u = \left( \frac{2M_y}{e + \frac{2f}{3}} \right)$$

$$H_u = \left( \frac{2 \times 500}{0 + \frac{2 \times 0.26 \sqrt{H_u}}{3}} \right)$$



$$Hu = \left(\frac{520}{\sqrt{Hu}}\right)$$

$$Hu^{\frac{2}{3}} = 520$$

$$Hu = 64.67 \text{ kN}$$

Dengan nilai FS = 1.5, maka gaya lateral yang diijinkan yaitu:

$$H_s = \frac{H_u}{F}$$

$$H_s = \frac{64.67}{1.5}$$

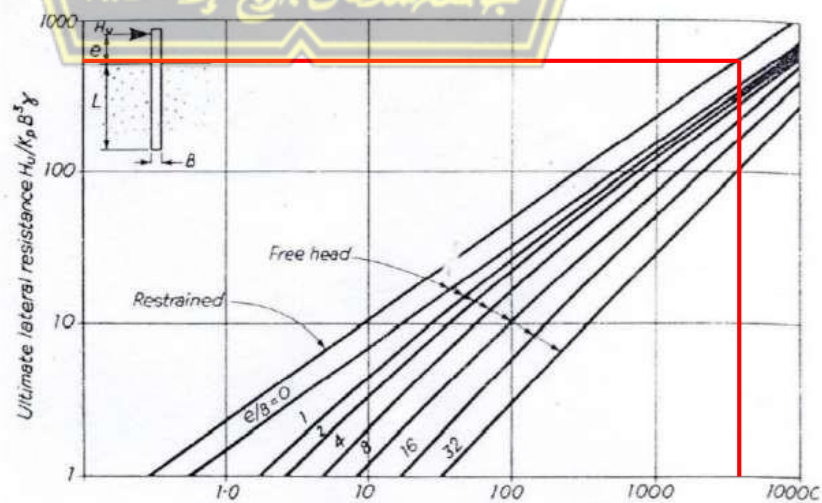
$$H_s = 43.11 \text{ kN}$$

#### 4.5.2 Daya Dukung Fondasi *Micropile* Terhadap Gaya Lateral Berdasarkan Grafik

Perhitungan daya dukung pada fondasi *micropile* terhadap gaya lateral bisa menggunakan grafik. Untuk persamaan rumus tahanan momen ultimit sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tahanan momen ultimit} &= \frac{M_u}{D^4 \times \gamma \times K_p} \\ &= \frac{500}{0.2^4 \times 16 \times 3.044} \\ &= 6416.31 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Nilai tahanan momen ultimit didapat sebesar 6416.31 kNm dan diinput pada grafik agar memperoleh hasil tahanan lateral ultimit. Dapat dilihat pada Gambar 4.5 didapat nilai tahanan lateral ultimit sebesar 800.



Gambar 4.5 Grafik nilai tahanan momen ultimit

#### 4.6. Menghitung Penurunan Tiang Tunggal (*Single Pile*)

Untuk perhitungan penurunan fondasi tiang tunggal menurut Vesic (1977) bisa menggunakan persamaan:

$$L = 8000 \text{ mm}$$

$$D = 200 \text{ mm}$$

$$F_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$A_p = 31400 \text{ mm}^2$$

Menentukan modulus elastisitas tanah disekitar tiang ( $E_s$ ):

$$E_s = 3 \cdot q_c$$

$$E_s = 3 \cdot 31,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 95,37 \text{ kg/cm}^2$$

Menentukan modulus elastisitas tanah di dasar tiang ( $E_b$ ):

$$E_b = 10 \cdot E_s$$

$$E_b = 10 \cdot 95,37 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 953,7 \text{ kg/cm}^2$$

Menentukan modulus elastisitas dari bahan tiang:

Dengan  $f_c' = 30 \text{ MPa}$

$$E_p = 4700\sqrt{f_c}$$

$$E_p = 4700\sqrt{30}$$

$$E_p = 25742,96 \text{ MPa}$$

##### 1. Analisis nilai penurunan $S_{e(1)}$

Untuk nilai faktor empiric pada selimut tiang  $\lambda = 0,67$  (faktor empiric dari tipe variasi tahanan selimut tiang)

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_p + \lambda Q_s) \times L}{A_p \times E_p}$$

$$S_{e(1)} = \frac{(2,85 + 0,67 \cdot 14,42) \times 8000}{31400 \times 25,74}$$

$$S_{e(1)} = 0,124 \text{ mm}$$

2. Analisis nilai penurunan  $S_{e(2)}$ :

Untuk menentukan nilai Poisson's Ratio diambil dari Tabel 2.6 jenis tanah lanau maka nilai  $\mu$  adalah 0,3

$$S_{e(2)} = \frac{q_p \times D}{E_s} \times (1 - \mu^2)$$

$$S_{e(2)} = \frac{0,00006 \times 200}{0,9537} \times (1 - 0,3^2)$$

$$S_{e(2)} = 2,603 \text{ mm}$$

3. Analisis nilai penurunan  $S_{e(3)}$ :

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

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{8000}{200}}$$

$$I_{ws} = 3,26$$

$$S_{e(3)} = \frac{Q_s}{PL} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - \mu^2) I_{ws}$$

$$S_{e(3)} = \frac{14,423}{1099 \times 8000} \times \frac{200}{0,954} \times (1 - 0,3^2) 3,26$$

$$S_{e(3)} = 2,603 \text{ mm}$$

Total dari *settlement* elastis yang terjadi pada fondasi tiang adalah:

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

$$S_e = 0,124 + 0,011 + 2,603$$

$$S_e = 2,738 \text{ mm}$$

Penurunan yang diijinkan menurut Terzaghi (1969):

$$S_e = 10\% \times D$$

$$S_e = 0,1 \times 200$$

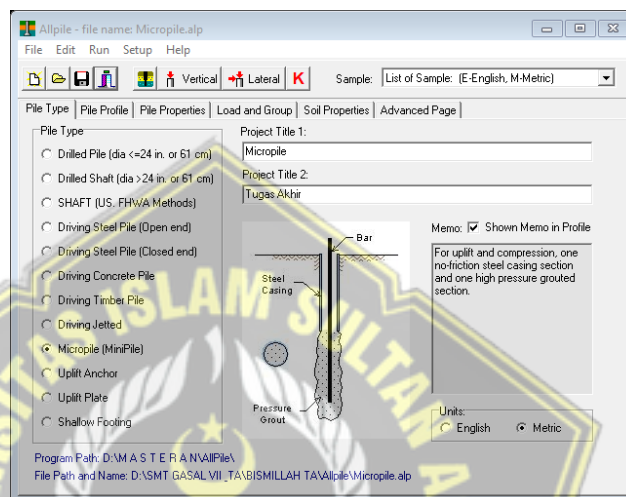
$$S_e = 20 \text{ mm}$$

Untuk hasil penurunan total tiang tunggal didapat hasil lebih kecil dari syarat yang diizinkan yaitu  $2,738 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$ , sehingga penurunan tersebut aman.

#### 4.7. Menganalisa Pemodelan dengan Program *Allpile*

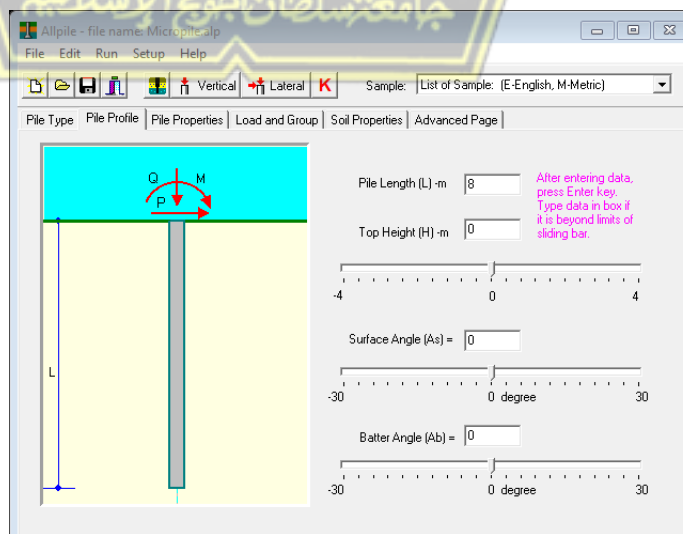
Untuk menganalisa atau merencanakan sebuah fondasi dapat dilakukan dengan program *Allpile*. Pada program *Allpile* ada beberapa jenis fondasi dan salah satunya adalah *micropile*. Berikut adalah tahapan dalam pemodelan fondasi *micropile* menggunakan program *Allpile*:

1. Menentukan *pile type* yang dianalisis serta mengisi *project title* seperti di Gambar 4.6



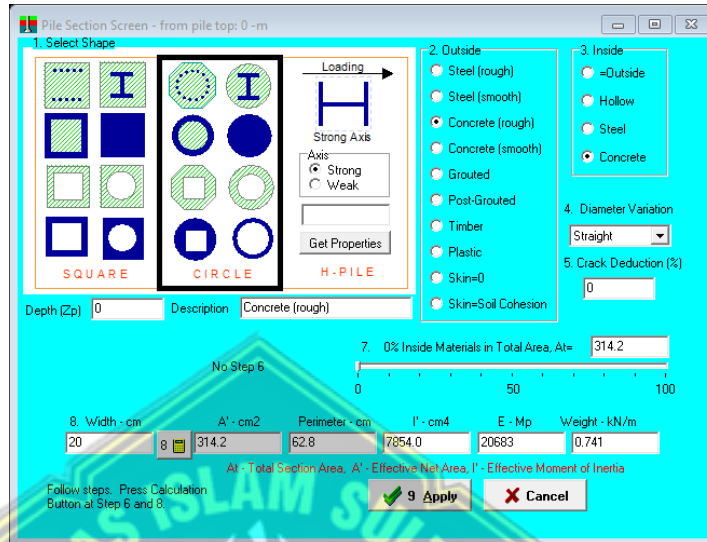
Gambar 4. 6 *Pile Type*

2. Pada *pile profile* diisi dengan rencana fondasi yang akan dianalisis seperti contohnya adalah panjang tiang. Dalam penelitian ini tiang *micropile* menggunakan kedalaman 8 m yang ditunjukkan di Gambar 4.7



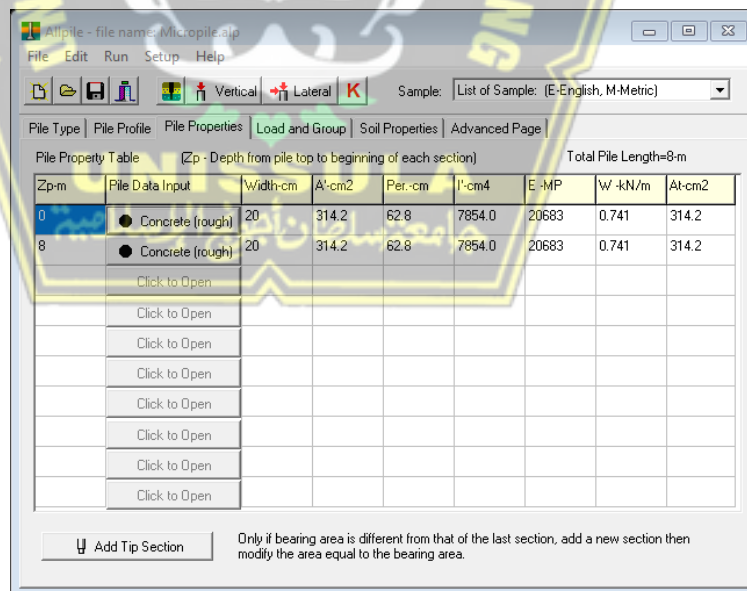
Gambar 4. 7 *Pile Profile*

3. Setelah itu properti fondasi diisi dengan data yang dipakai seperti bentuk, material yang digunakan, tulangan, diameter dan kendala fondasi tersebut seperti di Gambar 4.8



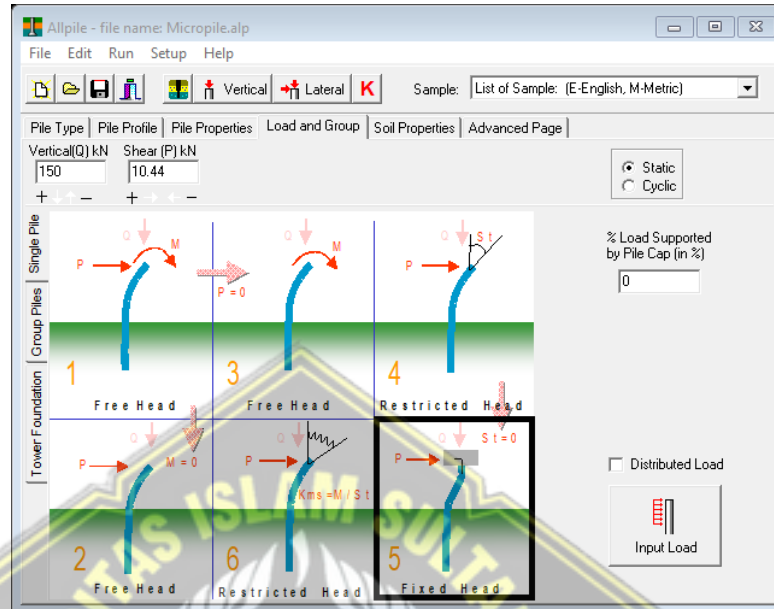
Gambar 4. 8 Pile Properties

Pada kedalaman fondasi sendiri dalam perencanaan yaitu 8 m untuk kedalaman tanah serta karakteristik tiang menyesuaikan lapangan seperti di Gambar 4.9



Gambar 4. 9 Setting Kedalaman Fondasi

4. Menginput beban pada *Load and Group* sesuai yang direncanakan yaitu sebesar 150 kN untuk beban vertical dan 10,44 kN untuk beban horizontal seperti pada Gambar 4.10



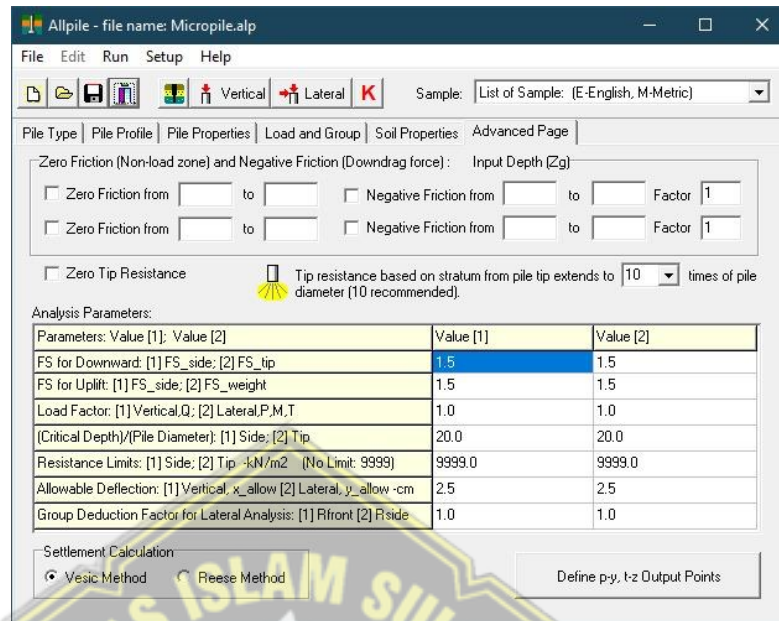
**Gambar 4. 10** *Load and Group*

5. Lalu memasukkan data tanah sesuai pada lokasi yang akan dianalisa pada *Soil Properties*. Data tanah yang digunakan berada di Kawasan Pasar Johar Selatan, Semarang seperti di Gambar 4.11

Zg-m	Soil Data Input	G-kN/m3	Phi	C-kN/m2	k-MN/m3	e50 or Dr	Nspt	Type
0	Silt (Phi + C)	20.9	33.2	62.5	234.1	0.56	21	3
0.5	Silt (Phi + C)[w]	11.1	33.3	62.8	235.5	0.56	21	3
3	Silt (Phi + C)[w]	11.1	33.3	62.8	235.5	0.56	21	3
3	Soft Clay [w]	8.9	0.0	29.9	25.9	1.33	5	1
36	Soft Clay [w]	9.0	0.0	31.1	28.1	1.30	5	1
36	Stiff Clay [w]	10.9	0.0	83.8	136.9	0.71	14	2
48	Stiff Clay [w]	11.1	0.0	137.1	263.6	0.53	23	2
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

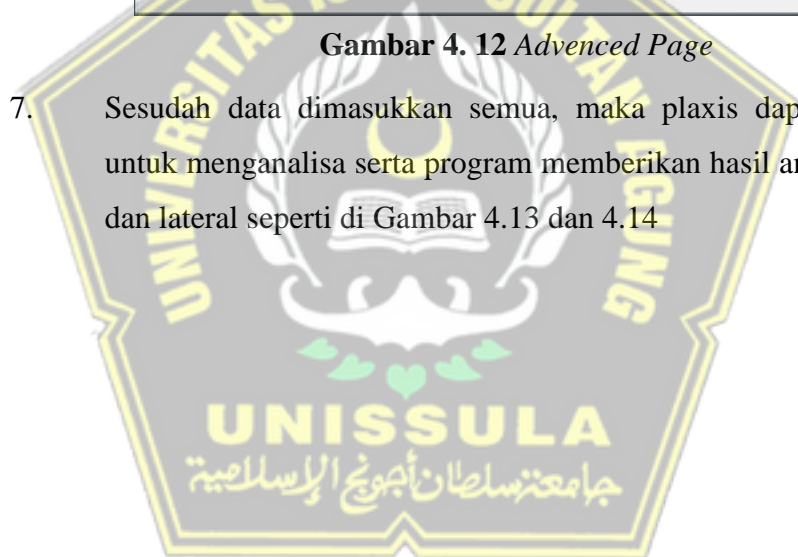
**Gambar 4. 11** *Soil Properties*

6. Mengisi faktor keamanan pada *Advanced Page* sebesar 1,5 seperti pada Gambar 4.12



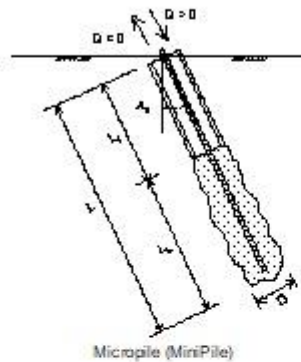
Gambar 4. 12 *Advanced Page*

7. Sesudah data dimasukkan semua, maka plaxis dapat dijalankan untuk menganalisa serta program memberikan hasil analisa vertikal dan lateral seperti di Gambar 4.13 dan 4.14



## VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



**Loads:**  
 Load Factor for Vertical Loads = 1.0  
 Load Factor for Lateral Loads = 1.0  
 Loads Supported by Pile Cap = 0 %  
 Shear Condition: Static

Vertical Load,  $Q = 150.0$  -kN  
 Shear Load,  $P = 0.0$  -kN  
 Slope Resist  $S_t = 0.00$  -cm/cm

**Profile:**  
 Pile Length,  $L = 8.0$  -m  
 Top Height,  $H = 0$  -m  
 Slope Angle,  $A_s = 0$   
 Baser Angle,  $A_b = 0$   
 Fixed Head Condition

Soil Data:							Pile Data:						
Depth m	Gamma kN/m <sup>3</sup>	Phi	C kN/m <sup>2</sup>	K MN/m <sup>3</sup>	e50 or D <sub>r</sub> %	N <sub>sp</sub>	Depth -m	Width -cm	Area -cm <sup>2</sup>	Per. -cm	I -cm <sup>4</sup>	E -MP	Weight -kN/m
0	20.9	33.2	62.5	234.1	0.56	21	0.0	20	314.2	62.8	7854.0	20683	0.741
0.5	11.1	33.3	62.8	235.5	0.56	21	8.0	20	314.2	62.8	7854.0	20683	0.741
3	11.1	33.3	62.8	235.5	0.56	21							
3	8.9	0.0	29.9	25.9	1.33	5							
36	9.0	0.0	31.1	28.1	1.00	5							
36	10.9	0.0	83.8	136.9	0.71	14							
48	11.1	0.0	137.1	263.8	0.53	23							

**Vertical capacity:**  
 Weight above Ground = 0.00 Total Weight = 3.62 kN \*Soil Weight is not included  
 Side Resistance (Down) = 232.704 kN Side Resistance (Up) = 232.704 kN  
 Tip Resistance (Down) = 8.455 kN Tip Resistance (Up) = 0.000 kN  
 Total Ultimate Capacity (Down) = 241.159 kN Total Ultimate Capacity (Up) = 232.704 kN  
 Total Allowable Capacity (Down) = 160.773 kN Total Allowable Capacity (Up) = 157.551 kN  
 OK! Q<sub>allow</sub> > Q

**Settlement Calculation:**  
 At Q = 150.00 kN Settlement = 0.07731 -cm  
 At Q<sub>allow</sub> = 2.50 -cm Q<sub>allow</sub> = 9999.00000 kN

Note: If program can't find result or the result exceeds the up limits. The result shows 9999.

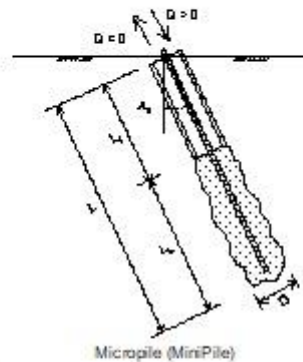
**Gambar 4. 13 Hasil Analisa Vertikal**

**UNISSULA**  
 جامعة سلطان أبوبنوح الإسلامية



## LATERAL ANALYSIS

Figure 2



### Loads:

Load Factor for Vertical Loads = 1.0  
 Load Factor for Lateral Loads = 1.0  
 Loads Supported by Pile Cap = 0 %  
 Shear Condition: Static

Vertical Load, Q = 150.0 kN  
 Shear Load, P = 68.9 kN  
 Slope Restrain St = 0.00 -cm/cm

### Profile:

Pile Length, L = 8.0 -m  
 Top Height, H = 0 -m  
 Slope Angle, As = 0  
 Batter Angle, Ab = 0

Fixed Head Condition

### Soil Data:

Depth -m	Gamma kNm <sup>3</sup>	Phi	C kNm <sup>2</sup>	K MN/m <sup>3</sup>	es0 or Dr %	Nsp1
0	20.9	33.2	62.5	234.1	0.56	21
0.5	11.1	33.3	62.8	235.5	0.56	21
3	11.1	33.3	62.8	235.5	0.56	21
3	8.9	0.0	29.9	25.9	1.33	5
38	9.0	0.0	31.1	28.1	1.30	5

### Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm <sup>2</sup>	Per. -cm	I -cm <sup>4</sup>	E -MP	Weight -kN/m
0.0	20	314.2	62.8	7854.0	20683	0.741
8.0	20	314.2	62.8	7854.0	20683	0.741

### Single Pile Lateral Analysis:

Top Deflection, y = 2.49000 -cm  
 Max. Moment, M = 59.60 kN-m  
 Top Deflection Slope, St = 0.00000  
 OK Top Deflection, 2.4900 -cm is less than the Allowable Deflection = 2.50 -cm

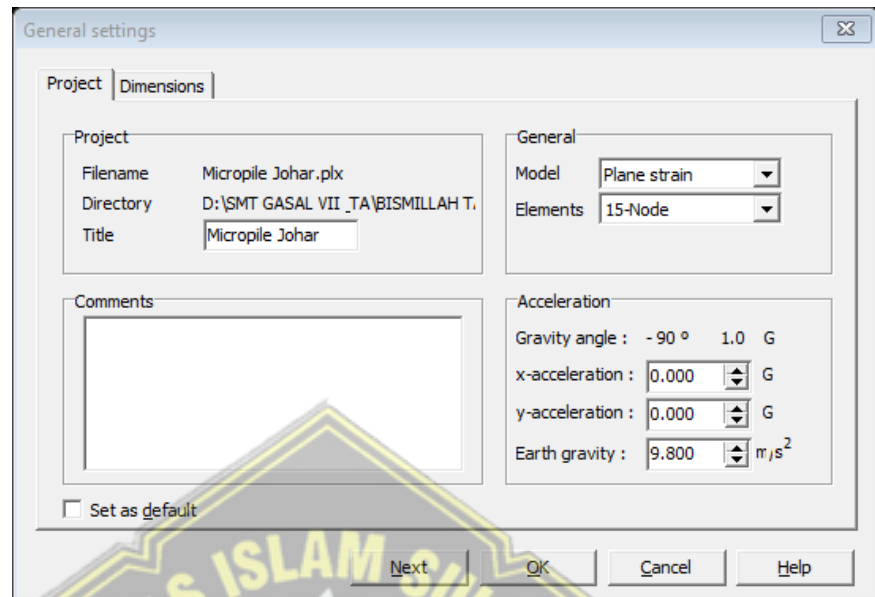
Note: If program can't find result or the result exceeds the user limits, the result shows 9999.  
 The Max. Moment calculated by program is an internal force from the applied load conditions. Structural engineer has to check whether the pile has enough capacity to resist the moment with adequate factor of safety. If not, the pile may fail under the load conditions.

Gambar 4. 14 Hasil Analisa Lateral

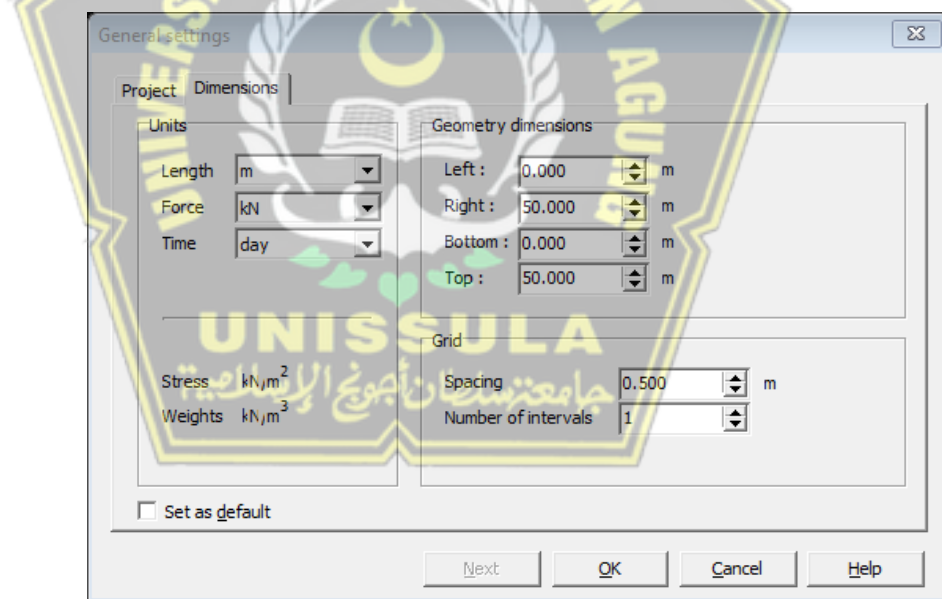
### 4.8. Menghitung Konsolidasi Fondasi Menggunakan Program Plaxis 8.2

Pemodelan fondasi *micropile* menggunakan program *Plaxis 8.2* ini untuk mengetahui konsolidasi pada tanah yang terjadi setelah diberi beban aksial pada fondasi tersebut. Berikut langkah-langkah yang digunakan pada program *Plaxis 8.2* untuk merencanakan fondasi:

1. Menentukan judul, satuan dan dimensi yang akan digunakan untuk pemodelan fondasi *micropile* seperti di Gambar 4.15 dan 4.16

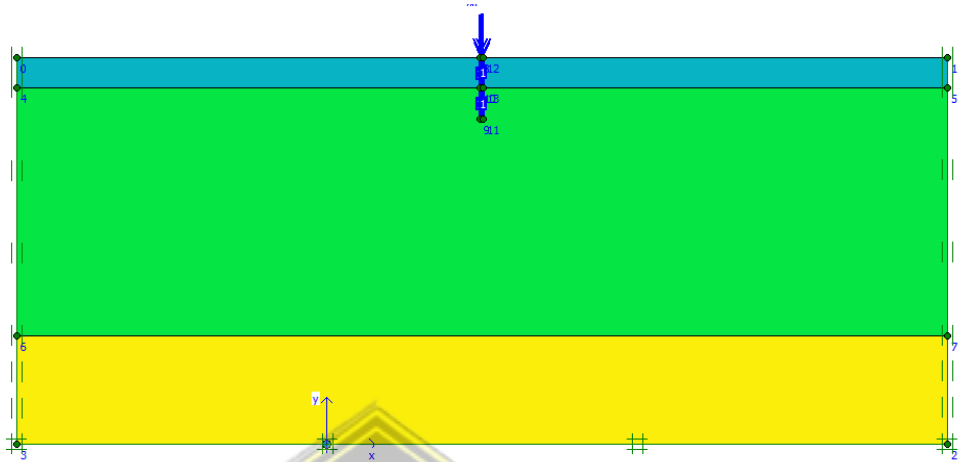


**Gambar 4. 15** Pengaturan Global - Proyek



**Gambar 4. 16** Pengaturan Global - Dimensi

- Membuat pemodelan sesuai data yang digunakan untuk merencanakan fondasi seperti pada Gambar 4.17



**Gambar 4. 17** Pemodelan Kontur Tanah

- Setelah itu, memasukkan data material tanah yang digunakan sesuai data yang akan dipakai untuk merencanakan seperti pada Tabel 4.6

**Tabel 4. 6** Parameter tanah

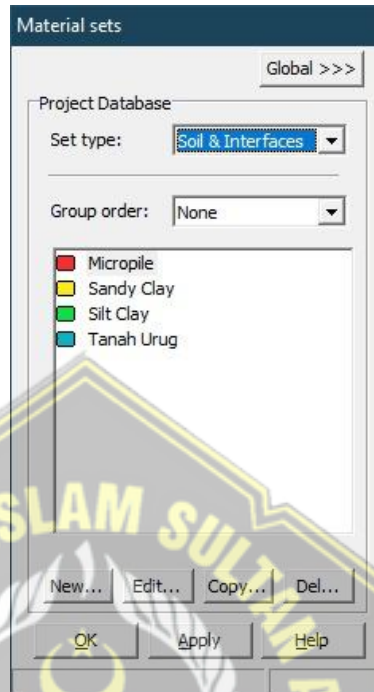
No	Kedalaman (m)		Konsistensi	N-SPT	E	C	phi	Ksat	v
					(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(°)	(m/day)	
1	0 - 3	3	Tanah Urug	21	21000	62.8	33.3	11.76	0.34
2	3 - 36	33	Lempung Berlanau	5	5000	83.3	-	10.97	0.33
3	36 - 48	12	Lempung Berpasir	23	23000	137.1	-	14.15	0.3

- Lalu menginput material data fondasi yang akan digunakan yaitu fondasi *micropile* seperti pada Tabel 4.7

**Tabel 4. 7** Berat jenis fondasi

No	Parameter	E	d (m)	v
1	Micropile	21000000	0.2	0.2

5. Kemudian menginput material tanah dan fondasi *micropile* pada pemodelan yang telah dibuat sebelumnya seperti di Gambar 4.18 serta 4.19

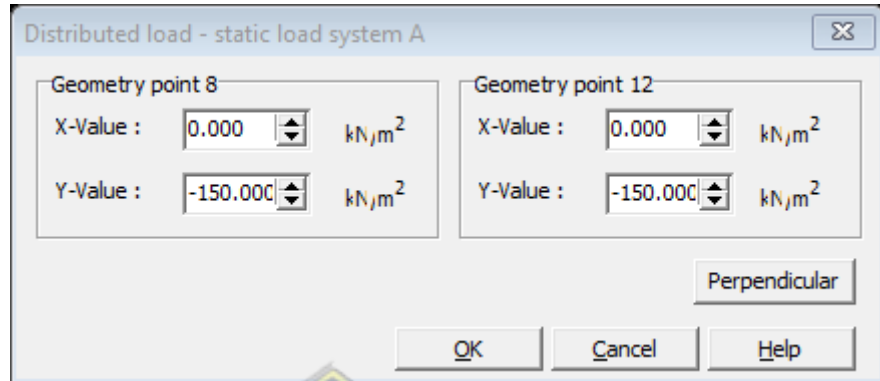


**Gambar 4. 19** *Material Sets*



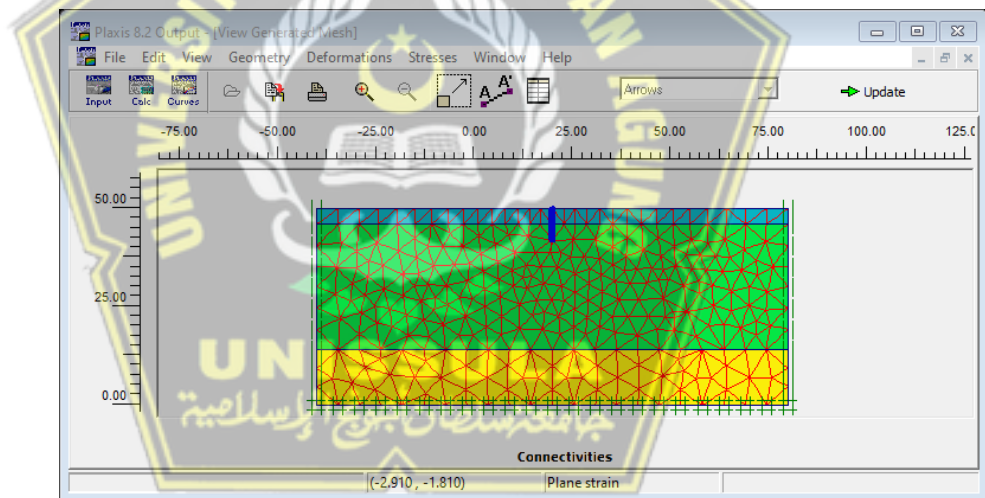
**Gambar 4. 18** Input Material Tanah dan Fondasi

6. Setelah menginput material tanah dan fondasi selanjutnya menginput beban yang bekerja sebesar  $150 \text{ kN/m}^2$  seperti pada Gambar 4.20



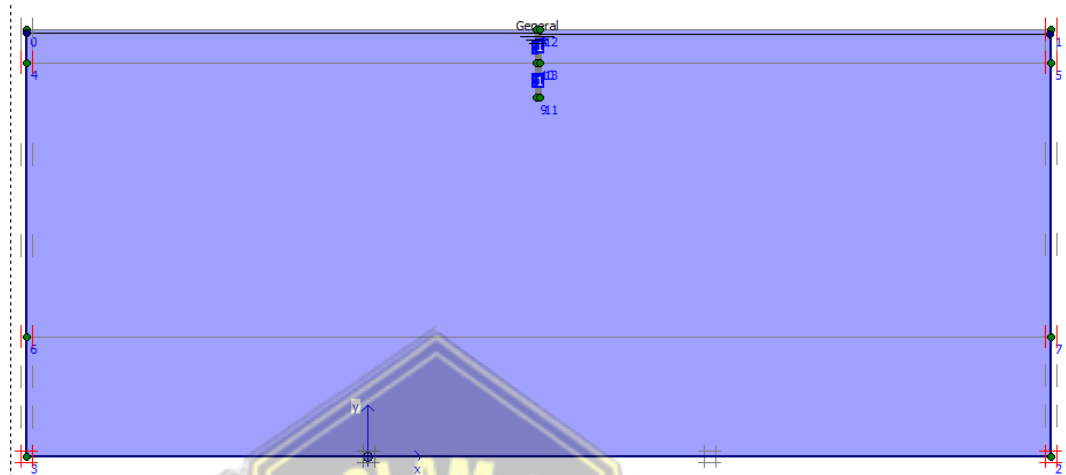
**Gambar 4. 20** Nilai Beban

7. Selanjutnya untuk beban yang sudah diinput, agar mendapatkan susunan jaringan antar elemen tanah dengan klik *generate mesh* seperti pada Gambar 4.21



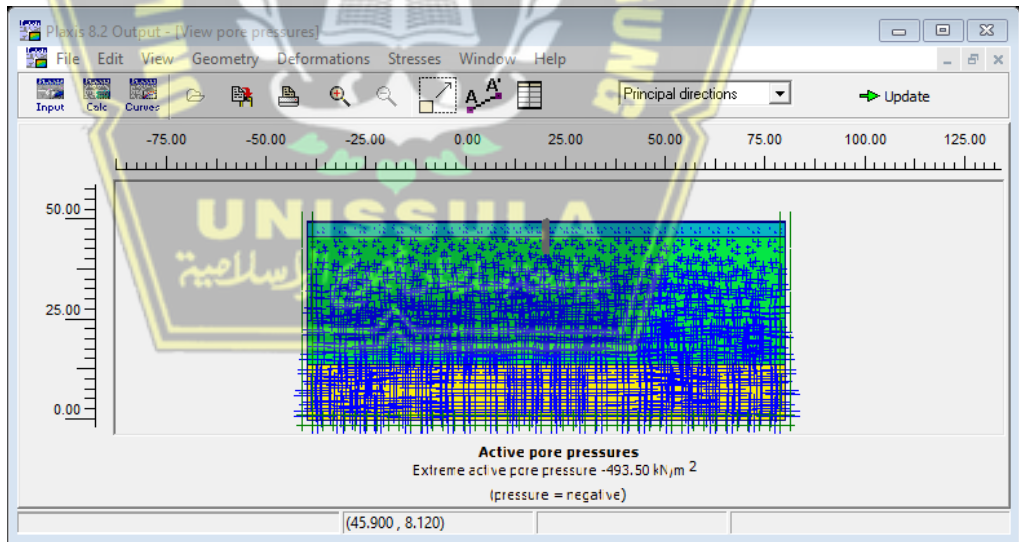
**Gambar 4. 21** Susunan Jaring Elemen

8. Kemudian untuk menentukan muka air tanah dengan klik *initial condition* pada *toolbar*. Pada perencanaan ini, muka air tanah berada di kedalaman 0,5 m seperti terlihat pada Gambar 4. 22



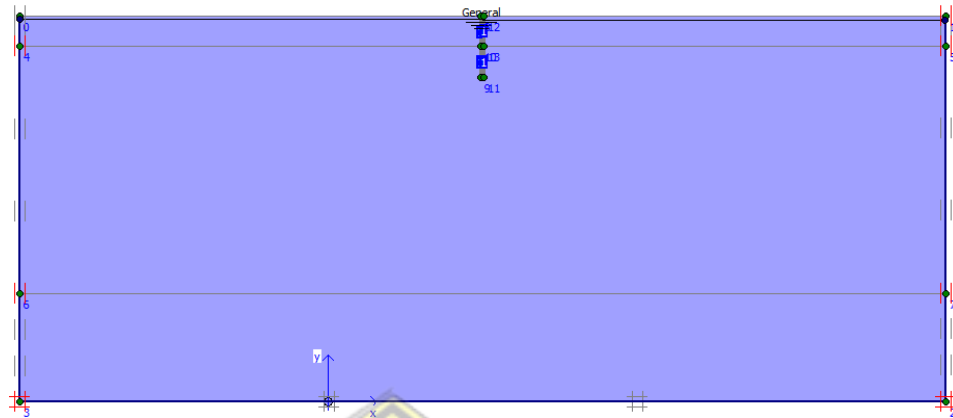
**Gambar 4. 22** Muka Air Tanah

9. Agar tekanan air pori itu aktif maka klik *view pore pressures* pada plaxis seperti pada Gambar 4.23



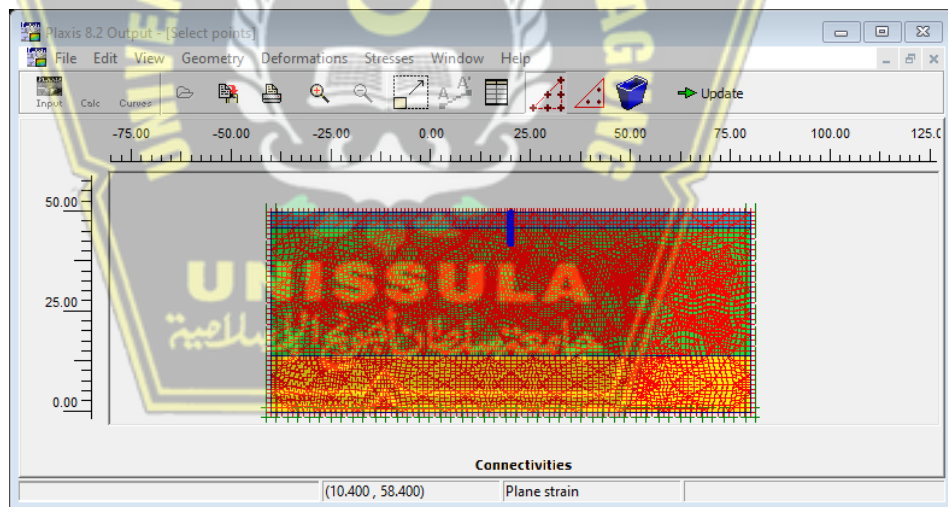
**Gambar 4. 23** Tekanan Air Pori Aktif

10. Lalu klik *on* pada plaxis agar tekanan air pori untuk awal kondisi bisa aktif seperti pada Gambar 4.24



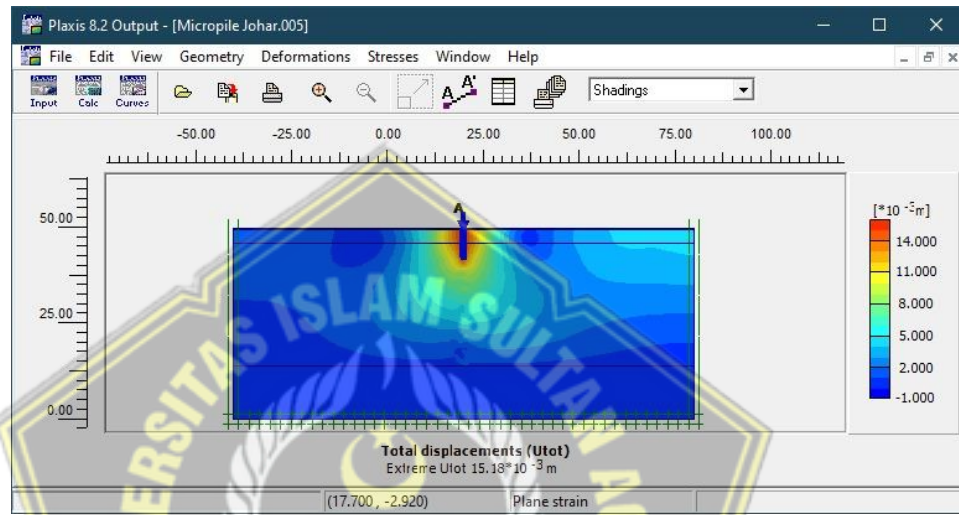
**Gambar 4. 24** Mengaktifkan Tekanan Air Pori Awal

11. Setelah itu mengaktifkan tekanan efektif dan perbarui pemodelan. Lalu klik perhitungan untuk mendapatkan hasil akhirnya pada program *Plaxis 8.2* seperti pada Gambar 4.25



**Gambar 4. 25** Tekanan Efektif Tanah

12. Sesudah pemodelan serta menginput parameternya selesai, lalu melakukan perhitungan diantaranya analisis konsolidasi satu tahun dan sepuluh tahun. Dengan mengaktifkan fondasi, plat dan beban setelah itu menghitung konsolidasi yang terjadi. Deformasi yang terjadi dapat dilihat seperti pada Gambar 4.26 dan untuk besar konsolidasi pada Tabel 4.8



**Gambar 4. 26** Deformasi yang Terjadi

**Tabel 4. 8** Konsolidasi

Tahapan	Hari	Displacemen (cm)
Tahap 1 ( Konsolidasi )	365	-1,51
Tahap 2 ( Konsolidasi )	3650	-1,51



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa data dan diskusi bersama, kesimpulan yang dapat kami ambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

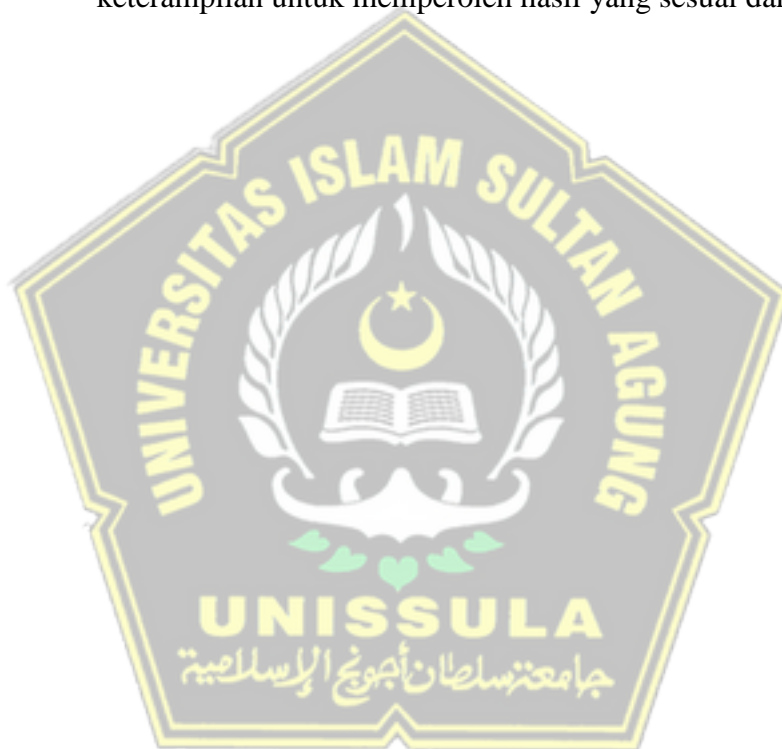
1. Untuk beban maksimal yang dapat dipikul fondasi *micropile* sebesar 14,621 ton atau dibulatkan menjadi 15 ton. Perhitungan beban ini menggunakan standar SNI 1727-2020,
2. Dalam analisis daya dukung ini menggunakan hitungan secara manual. Untuk hasil analisis daya dukung aksial menurut metode Aoki dan De Alencer sebesar 29,7 ton, metode SPT sebesar 33,3 ton, dan metode Mayerhoff sebesar 19,5 ton. Untuk hasil analisis daya dukung lateral dengan metode Brooms sebesar 43,1 ton. Kapasitas yang diijinkan sesuai metode Aoki dan De Alencer sebesar 19,8 ton,
3. Penurunan yang terjadi pada tiang tunggal fondasi *micropile* sebesar 2,7 mm dengan penurunan ijin menurut Terzaghi sebesar 20 mm,
4. Hasil analisis program *Allpile* didapat *settlement* sebesar 0,077 cm dan kapasitas akibat gaya aksial yang diijinkan sebesar 16 ton serta kapasitas akibat gaya lateral yang diijinkan sebesar 6,89 ton. Selanjutnya dilanjutkan pada program *Plaxis* didapat penurunan sebesar 1,51 cm,
5. Untuk hasil konsolidasi dari perhitunghan program *Plaxis* selama setahun sebesar 1,51 cm dan selama sepuluh tahun sebesar 1,51 cm

#### 5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil perhitungan analisa pada laporan ini mendapatkan beberapa saran antara lain:

1. Dalam perhitungan analisa fondasi ini ada banyak evaluasi terutama keterbatasan tentang data yang penulis dapatkan, maka dari itu perhitungan daya dukung dan konsolidasi ini butuh perhitungan ulang,

2. Semua perhitungan manual maupun menggunakan program *Allpile* dan *Plaxis* merupakan prediksi yang harus perlu penyesuaian dengan kondisi fisik lapangan,
3. Perhitungan menggunakan program aplikasi adalah perbandingan antara perhitungan manual daya dukung dan konsolidasi fondasi *micropile*. Oleh karena itu hasil perhitungan dalam laporan ini terdapat perbandingan antara perhitungan manual dengan perhitungan menggunakan program,
4. Oleh karena itu, analisis ini membutuhkan pengalaman dan keterampilan untuk memperoleh hasil yang sesuai dan baik.



## DAFTAR PUSTAKA

Arman, Farrel dan Makarim, Chaidir Anwar, 2020. *Analisis Efektivitas Penggunaan Micropile Sebagai Elemen Perkuatan Stabilitas Tanah*. Jurnal Mitra Teknik Sipil Universitas Tarumanegara Vol. 3, No. 1, Jakarta

Dhuha, Syamsud, 2013. *Perencanaan Konstruksi Perbaikan Tanah Pondasi Reservoar Dengan Metode PVD dan Micropile*, Paduraksa Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa, Bali

Fauzi, Aza Nur, 2012. *Analisis Tegangan-Perpindahan dan Faktor Keamanan Pada Lereng Miring dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Plaxis 8.2*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Hardiyatmo, H.C. 2014. *Analisis dan Perencanaan Fondasi I*. Yogyakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Hardiyatmo, H.C. 2014. *Analisis dan Perencanaan Fondasi II*. Yogyakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Prasetya, Indra Dwi, 2018. *Studi Perencanaan Pondasi Tiang Pancang (Spun Pile) Pada Gedung Kantor Pemerintah Kabupaten Lamongan-Jawa Timur*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

Sunariyono, Isnaniatti, dan Hutama, Dio Alif, 2019. *Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan Hasil Uji Sondir, SPT, dan Laboratorium Pada Proyek Pembangunan Apartemen 88 Avenue Surabaya*, Agregat Universitas Muhammadiyah Surabaya Vol. 4, No. 2, Surabaya

Suntiyanto, Cecep dan Sujarwo, 1998. *Studi Kasus Analisis Daya Dukung Pondasi "Micropiles" Pada Struktur Menara Saluran Transmisi 150 kV Kudus-Pati*

*Propinsi Jawa Tengah, Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta*

Wicaksono, Pratama Sudrajat dan Prabowo, Riko Nandang, 2021. *Analisa Daya Dukung dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Madukoro, Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang*

