

**ANALISIS DEFORMASI TANAH PADA TITIK BOR 1  
HASIL PENGUJIAN SONDIR DI LAPANGAN PADA  
PROYEK PEMBANGUNAN *FLYOVER* DI JALAN  
TUANKU TAMBUSAI – JALAN SOEKARNO HATTA  
KOTA PEKANBARU DENGAN MENGGUNAKAN  
*PLAXIS 2D***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar  
Sarjana Pada Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik  
Universitas Islam Riau  
Pekanbaru



Oleh :

**ANGGUN PRAMESTY**  
**153610586**

**PRODI TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU**

**2019**

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik (Strata Satu), baik di Universitas Islam Riau maupun diperguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan di cantumkan dalam daftar pustaka.
4. Penggunaan “*Software*” komputer bukan menjadi tanggung jawab Universitas Islam Riau.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, 6 Juli 2019

Yang Bersangkutan Pernyataan,

ANGGUN PRAMESTY

NPM : 153610586

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS DEFORMASI TANAH PADA TITIK BOR 1 HASIL PENGUJIAN  
SONDIR DI LAPANGAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN FLYOVER DI  
JALAN TUANKU TAMBUSAI – JALAN SOEKARNO HATTA KOTA  
PEKANBARU DENGAN MENGGUNAKAN PLAXIS 2D**

Disusun oleh :

**ANGGUN PRAMESTY  
153610586**

Telah Diuji di depan Dewan Penguji pada Tanggal  
22 Juli 2019 dan Dinyatakan  
Telah Memenuhi Syarat untuk Diterima

Disetujui Oleh:  
Dosen Pembimbing

  
Dewandra Bagus Eka Putra, B.Sc.(Hons),M.Sc  
NIDN: 1021128902

Disahkan Oleh:

Pekanbaru, 4 Mei 2020  
Ka. Prodi Teknik Geologi

  
Dewandra Bagus Eka Putra, B.Sc.(Hons),M.Sc  
NIDN: 1021128902



## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik (Strata Satu), baik di Universitas Islam Riau maupun diperguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan di cantumkan dalam daftar pustaka.
4. Penggunaan “*Software*” komputer bukan menjadi tanggung jawab Universitas Islam Riau.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, 6 Juli 2019



Anggün Pramesty, Dekan Penyataan,

ANGGÜN PRAMESTY

NPM : 153610586

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat tersusun dengan baik hingga selesai.

Dan harapan penulis semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca, untuk kedepannya dapat memperbaiki bentuk maupun menambah isi Laporan Tugas Akhir ini agar menjadi lebih baik lagi.

Karena keterbatasan pengetahuan maupun pengalaman penulis, penulis yakin masih banyak kekurangan dalam Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih pada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung dalam pembuatan proposal tugas akhir / skripsi ini Adapun pihak-pihak yang telah berjasa dalam pembuatan laporan akhir ini di antaranya :

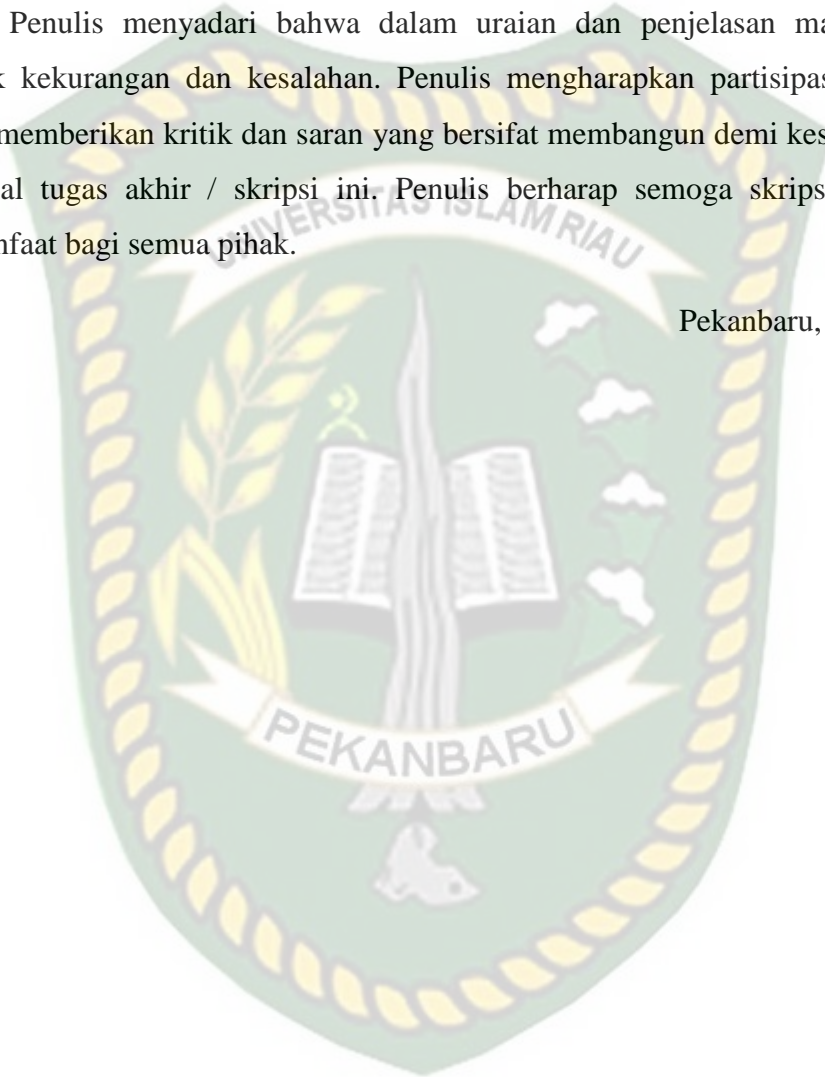
1. Dewandra Bagus Eka Putra, B.Sc.(Hons), M.Sc. sebagai pembimbing 1
2. Firman Syarif, S.T., M.Eng sebagai pembimbing 2
3. Rektor, Dekan, Ka Prodi & Dosen – Dosen Program Studi Teknik Geologi Universitas Islam Riau
4. Orang Tua / Wali yang selalu menyemangati dalam pembuatan skripsi
5. Bapak/Ibu di kantor Pekerjaan Umum (PU) yang telah memberikan izin penelitian di Proyek *Flyover* SKA dan telah melancarkan dalam pembuatan surat izin
6. Bapak Kepala Proyek *Flyover* SKA yang sudah memberikan izin untuk melakukan penelitian di daerah tersebut
7. Rekan tim Tugas Akhir di *Flyover* Simpang SKA Pekanbaru, untuk Hakim dan Kak Ulan

8. Teman-teman seperjuangan yang turut membantu pembuatan Tugas akhir ini, untuk Hito Caesar (Sanjaya), Ibal, Ridwan, Wewen, Taufan, Evan, Dori.

Penulis menyadari bahwa dalam uraian dan penjelasan materi masih banyak kekurangan dan kesalahan. Penulis mengharapkan partisipasi pembaca untuk memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan proposal tugas akhir / skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Pekanbaru, 6 Juli 2019

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Islam Riau, Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anggun Pramesty

NPM : 153610586

Program Studi : Teknik Geologi

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

Menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exsclsive Royalty free Right*) kepada Universitas Islam Riau demi kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS DEFORMASI TANAH PADA TITIK BOR 1 HASIL PENGUJIAN SONDIR DI LAPANGAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN FLYOVER DI JALAN TUANKU TAMBUSAI – JALAN SOEKARNO HATTA KOTA PEKANBARU DENGAN MENGGUNAKAN PLAXIS 2D.**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak tersebut maka Universitas Islam Riau berhak menyimpan, mengalihmediakan/format, mengelola dalam bentuk pangkalan data, merawat dan mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Pekanbaru, 6/Juli/2019

Yang Menyatakan,

(Anggun Pramesty)



**ANALISIS DEFORMASI TANAH PADA TITIK BOR 1 HASIL  
PENGUJIAN SONDIR DI LAPANGAN PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN *FLYOVER* DI JALAN TUANKU TAMBUSAI – JALAN  
SOEKARNO HATTA KOTA PEKANBARU DENGAN MENGGUNAKAN  
*PLAXIS 2D***

Oleh :

**Anggun Pramesty**

**Teknik Geologi**

**ABSTRAK**

Secara administratif, daerah penelitian termasuk ke Jalan Tuanku Tambusai - Jl Arengka, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Sedangkan secara geografis daerah penelitian terletak pada  $0^{\circ}30'0.79''N$   $101^{\circ}24'57.88''E$  -  $0^{\circ}30'0.16''N$   $101^{\circ}24'53.17''E$ . Pondasi merupakan bagian penting suatu system struktur bangunan, dimana pondasi berfungsi sebagai transfer beban dari bangunan atas (*upper structures*) kepada lapisan tanah dibawahnya. Tanah diperlukan baik sebagai bahan konstruksi maupun sebagai pendukung beban. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui deformasi tanah yang terjadi pada *Flyover* Jalan Tuanku Tambusai – Jalan Arengka Kota Pekanbaru dengan Menggunakan Metode *Plaxis 2D*. Metode pengambilan data dilapangan dilakukan dengan uji data sondir dan uji data SPT. Karakteristik tanah dianalisis dengan metode laboratorium yaitu analisis ayakan dan analisis *atterbeg limit*. Dan untuk permodelan pada penelitian ini dibuat dengan metode Software *Plaxis 2D*. Berdasarkan hasil analisis, tanah diklasifikasikan kedalam tanah yang memiliki keseragaman dan ukuran butirnya bergradasi buruk, secara umum lapisan tanah di lokasi tersebut merupakan tanah gambut/organic sampai pasir. Hasil analisis *plaxis 2D*, Deformasi yang dihasilkan relative kecil yaitu 1,382 cm, sehingga untuk deformasi jangka pendek (*short term*), yang terjadi seketika beban diberikan, kemungkinan mengalami penurunan relative kecil dan untuk jangka panjang (*longterm*), kemungkinan besar tidak akan terjadi deformasi, karena pada ujung pondasi sudah berada pada lapisan tanah pasir, dengan konsistensi padat sampai sangat padat.

Kata Kunci : Tanah, *Plaxis 2D*, sondir, SPT, Deformasi



**ANALYSIS OF SOIL DEFORMATION IN BOR POINT 1 RESULTS OF  
SONDIR TESTING IN FIELD FLYOVER DEVELOPMENT PROJECT IN  
Jl. TUANKU TAMBUSAI – Jl. SOEKARNO HATTA, PEKANBARU CITY  
USING *PLAXIS 2D***

**By:**  
**Anggun Pramesty**  
**Geology Engineering**

**ABSTRACT**

Administratively, the research area included Jalan Tuanku Tambusai - Jl Arengka, Pekanbaru city, Riau Province. Geographically the research area is located at  $0^{\circ} 30'0.79''$  N  $101^{\circ} 24'57.88''$  E -  $0^{\circ} 30'0.16''$  N  $101^{\circ} 24'53.17''$  E. The building foundation is an important part of a structure system, where its function as the transfer of loads from upper structures to the subsoil. Soil is important both as a construction material and as a load support. The purpose of this study was to determine the soil deformation that occurred on the Flyover of Tuanku Tambusai – Arengka, flyover Pekanbaru by using 2D Plaxis Method. Data collection in the field was done using sondir and SPT data testing. Soil characteristics were analyzed in the laboratory using, *sieve analysis* and *atterbeg limit analysis*. And 2D Plaxis Software has been used to processed the deformation model soil is classified into uniformity and poorly graded grain size, in general the soil layer in the study is peat / organic soil to soil sand. Plaxis 2D analysis result, shows relatively small deformation value with 1,382 cm. This value indicated small possibility of deformation when the instant load is given in the short period of time. Meanwhile, the structure is stable with almost no deformation occurrence for the long term period. The supporting foundation is well placing into the solid consistency and very dense soil layer.

Keywords: Soil, 2D Plaxis, sondir, SPT, Deformation

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Jadwal Penelitian.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Kondisi Geologi Pekanbaru Secara Regional.....	7
2.2 Analisis Ayakan ( <i>Sieve Analysis</i> ).....	8
2.3 Batas-Batas Atterbeg.....	14
2.4 Deformasi.....	19
2.4.1 Deformasi Vertikal (Penurunan).....	21
2.4.1.1 Penurunan Segera / <i>Immediately Settlement</i> .....	21
2.4.2 Sondir.....	22
2.4.3 Standard Penetrometer Test (SPT).....	24
2.5 <i>Plaxis</i> .....	25
2.5.1 <i>Definisi Plaxis</i> .....	26

2.5.2 Metode Elemen Hingga <i>Plaxis</i> .....	28
2.5.3 Beban Truk “T” (TT) .....	28
2.6 Studi Literatur .....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	31
3.1 Objek Penelitian .....	31
3.2 Langkah-langkah Penelitian.....	31
3.2.1 Tahap Persiapan .....	31
3.2.2 Tahap Lokasi Pekerjaan .....	32
3.2.3 Tahap Penelitian.....	33
3.2.4 Tahap Analisa Data .....	35
3.2.4.1 <i>Shieve Analysis</i> (Analisis Ayakan).....	36
3.2.4.2 <i>Atterbeg Limit Test</i> (Batas-batas Atterbeg).....	36
3.2.4.3 Tahapan Analisis Data Deformasi Tanah dengan Perhitungan Perkiraan Penurunan dengan Menggunakan Hasil Uji Sondir dan SPT .....	38
3.2.5 Tahap Interpretasi .....	39
3.2.6 Tahap Pengumpulan Laporan .....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	42
4.1 Hasil Analisa Laboratorium .....	42
4.1.1 Analisis Ayakan ( <i>Sieve Analysis</i> ) .....	42
4.1.2 Analisis <i>Atterbeg Limit</i> .....	48
4.1.2.1 <i>Liquid Limit</i> (Batas Cair) .....	48
4.1.2.2 <i>Plastic Limit</i> (Batas Plastis) .....	52
4.1.3 Hubungan Nilai <i>Liquid Limit</i> dan <i>Plastic Limit</i> .....	56
4.1.4 Pengaruh Batas-batas Atterbeg terhadap Analisa Deformasi .....	57
4.2 Analisa Deformasi Tanah pada Titik Bor 1 pada <i>Flyover</i> Simpang SKA .....	58
4.2.1 Analisa Hasil Perhitungan menggunakan Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera dengan menggunakan Hasil Uji Sondir dan Uji SPT .....	58
4.2.1.1 <i>Static Cone Penetration Test</i> (Sondir) .....	58
4.2.1.2 Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera Menurut De Beer dan Marten (1957) dengan menggunakan Data Uji Sondir .....	63
4.2.1.3 <i>Standartd Penetrometer Test</i> (SPT) .....	66
4.2.1.4 Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera Menurut Bowles (1996) dengan menggunakan Data Uji SPT .....	69



4.2.1.5 Hubungan Analisis Hasil Perhitungan menggunakan Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera dengan menggunakan Hasil Uji Sondir dan menggunakan Hasil Uji SPT .....	75
4.2.2 Analisis Hasil Perhitungan menggunakan Software <i>Plaxis 2D</i> .....	76
4.2.3 Hubungan dari Analisis Laboratorium dengan uji SPT .....	81
4.3 Kondisi Umum dari Hasil Analisis yang Dilakukan .....	84
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	86
5.1 Kesimpulan .....	86
5.2 Saran.....	88



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Tabel Jadwal Penelitian.....	6
2.1 Simbol pada Klasifikasi tanah Unfield berdasarkan Bowles, 1989 dalam Larasati, 2016 .....	11
2.2 Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah Berdasarkan Braja M Das.....	12
2.3 Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified Soil Clasification System</i> (USCS).....	17
2.4 Hubungan antara Indeks Plastis dengan Tingkat Plastisitas dan Jenis Tanah menurut Atterbeg .....	18
2.5 Batas Maksimum Deformasi Tanah (Sumber : BSNI 8460:2017) .....	20
2.6 Tingkat konsistensi tanah dari sondir (Terzaghi dan Peck, 1948) .....	24
2.7 Korelasi antara Sifat Tanah dengan Nilai SPT untuk Tanah Granuler dan Tanah Kohesif (sumber: Peck, et al, (1974) dalam FHWA NHI, 2006.....	25
2.8 Studi-studi Terdahulu Mengenai Konstruksi Galian dan Permodelan Tanah..	29
4.1 Pengujian Sieve Analisis dan Grafik Sampel kedalaman 14,5-15 m.....	42
4.2 Pengujian Sieve Analisis dan Grafik Sampel kedalaman 24,5-25 m.....	44
4.3 Pengujian Sieve Analisis dan Grafik Sampel kedalaman 34,5-35 m.....	46
4.4 Data Hasil Perhitungan Cu dan Cz Tanah kedalaman 14,50-15,00, 24,50-25,00, 34,50-35,00 m pada BH-01 .....	48
4.5 Data Hasil Perhitungan Liquid Limit Bore Hole 1, kedalaman 4,5-5 m.....	48
4.6 Data Hasil Perhitungan Liquid Limit Bore Hole 1, kedalaman 14,5-15 m .....	50
4.7 Data Hasil Perhitungan Liquid Limit Bore Hole 1, kedalaman 24,5-25 m .....	51
4.8 Data Hasil Perhitungan Liquid Limit Bore Hole 1, kedalaman 34,5-35 m .....	52
4.9 Pengujian Batas Plastis Bore Hole 1, kedalaman 4,5-5 m.....	53
4.10 Pengujian Batas Plastis Bore Hole 1, kedalaman 14,5-15 m .....	54
4.11 Pengujian Batas Plastis Bore Hole 1, kedalaman 24,5-25 m .....	55
4.12 Pengujian Batas Plastis Bore Hole 1, kedalaman 34,5-35 m .....	56
4.13 Tingkat konsistensi tanah dari sondir (Terzaghi dan Peck, 1948) .....	58
4.14 Nilai qc berdasarkan Kedalaman Bor .....	59

<b>4.15</b> Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera Menurut De Beer dan Marten (1957) dengan Menggunakan Data Uji Sondir.....	62
<b>4.16</b> Hasil Analisis Interpretasi Deformasi Tanah .....	65
<b>4.17</b> Korelasi antara Sifat Tanah dengan Nilai SPT untuk Tanah Granuler dan Tanah Kohesif (sumber: Peck, et al, (1974) dalam FHWA NHI, 2006 .....	66
<b>4.18</b> Nilai NSPT berdasarkan Kedalaman Bor .....	67
<b>4.19</b> Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera Menurut Bowles (1996) dengan Menggunakan Data Uji SPT.....	70
<b>4.20</b> Hasil Analisis Interpretasi Penurunan Deformasi Tanah.....	73
<b>4.21</b> Korelasi Analisis Laboratorium dengan Data SPT .....	82





## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1.1 Peta Lokasi Daerah Penelitian .....	4
2.1 Peta Geologi Regional Pekanbaru .....	8
2.2 Saringan Analisis Ayakan .....	10
2.3 Mass Ayakan .....	10
2.4 Alat Laboratorium untuk Analisis Ayakan .....	11
2.5 Kurva Jenis Gradasi Tanah menurut Bowles, 1989 dengan system USCS ...	13
2.6 Contoh Grafik <i>Shieve Analysis</i> .....	14
2.7 Diagram <i>Atterbeg Limit</i> .....	15
2.8 Pengujian Batas Cair .....	15
2.9 Batas-batas Atterbeg .....	16
2.10 Contoh Pengujian Batas Plastis .....	16
2.11 Grafik plastisitas Cassagrande .....	18
2.12 Foto Konus .....	22
2.13 Pengujian Sondir .....	23
2.14 Contoh Model Plane Strain dan Axisymmetric Sumber : Manual Plaxis	
Versi 8 .....	26
2.15 Posisi Nodal dan Stress pada Elemen Tanah Sumber : Manual Plaxis	
Versi 8 .....	27
3.1 Lokasi Pekerjaan .....	32
3.2 Sket Lokasi Titik Bor .....	32
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	41
4.1 Grafik Pengujian Batas Cair Kedalaman 4,50 – 5,00 m .....	49
4.2 Grafik Pengujian Batas Plastis Kedalaman 4,50 – 5,00 m .....	53
4.3 Grafik Tingkat Konsistensi Tanah dari Sondir .....	60
4.4 Grafik Hasil Perhitungan Uji Sondir .....	64
4.5 Grafik Korelasi antara Sifat Tanah dengan Nilai SPT .....	68
4.6 Grafik Hasil Perhitungan Uji SPT .....	72

4.7 Permodelan *Horizontal Displacement* ( $U_x$ ).....77

4.8 Permodelan *Vertical Displacement* ( $U_y$ ) .....78

4.9 Permodelan *Deformed mesh* .....79

4.10 Permodelan *Total Displacement* ( $U_{tot}$ ) .....80



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
<b>Daftar Pustaka</b> .....	L-1
<b>Lampiran 1</b> Analisis Ayakan ( <i>Shieve Analysis</i> ) .....	L-6
<b>Lampiran 2</b> Analisis Atterbeg Limit .....	L-12
<b>Lampiran 3</b> Data Sondir .....	L-17
<b>Lampiran 4</b> Data SPT.....	L-19
<b>Lampiran 5</b> Berat Unit.....	L-20
<b>Lampiran 6</b> Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera Menurut Bowles (1996) dengan Menggunakan Data Uji Sondir .....	L-23
<b>Lampiran 7</b> Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera Menurut De Beer dan Marten (1957) dengan Menggunakan Data Uji SPT.....	L-27
<b>Lampiran 8</b> Tahapan Analisis Data Deformasi tanah dengan Program <i>Plaxis 2D</i> .....	L-38
<b>Lampiran 9</b> Dokumentasi .....	L-41



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian penting suatu system struktur bangunan, dimana pondasi berfungsi sebagai transfer beban dari bangunan atas (*upper structures*) kepada lapisan tanah dibawahnya. Perencanaan pondasi tidak bisa dipisahkan dengan pengetahuan mengenai perilaku tanah, sedangkan perilaku tanah berhubungan dengan jenis tanah. Perilaku tanah lempung berbeda dengan tanah pasir dalam menerima beban suatu struktur.

Tanah diperlukan baik sebagai bahan konstruksi maupun sebagai pendukung beban. Dalam membangun suatu bangunan salah satu yang harus diperhatikan adalah tanah pendukungnya. Jika tanah pendukung bermasalah maka akan mempengaruhi proses pembangunan tersebut. Tanah lempung lunak memiliki sifat antara lain gaya gesernya kecil, kemampatan yang besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah dibandingkan tanah lempung lainnya. Pemberian beban timbunan pada tanah lunak dapat menyebabkan meningkatnya tegangan yang bekerja pada tanah tersebut, sehingga menyebabkan timbulnya tekanan air pori eksese dan terjadinya deformasi pada tanah.

Pembangunan *flyover* memberikan dampak positif yang sangat besar dengan membuat transportasi darat Pekanbaru lebih mudah, tetapi pembangunan *flyover* ini juga menimbulkan risiko terhadap perubahan penggunaan lahan dan kondisi *flyover*, karena tekanan yang diberikan oleh *flyover* itu sendiri dan lalu lintas di atasnya. *Flyover* tersebut terletak di daerah Jalan Tuanku Tambusai - Jalan Soekarno-Hatta Kota Pekanbaru (Husnul Kausarian, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, Dewandra Bagus Eka Putra, Adi Suryadi, Gevisioner, 2018).

Pentingnya Kota Pekanbaru ini berarti tidak terhindarkan lagi membutuhkan infrastruktur pendukung, salah satunya adalah *flyover*. Pembangunan yang akan dilaksanakan di *Flyover* Jalan Tuanku Tambusai - Jalan Soekarno-Hatta Kota Pekanbaru menjadi dasar penelitian ini, karena proyek ini melakukan pengeboran tanah untuk mengetahui karakteristik tanah pada wilayah tersebut untuk dibangun *flyover* di atasnya, sehingga peneliti bisa ikut serta dalam pengambilan sampel tanah yang dilakukan dengan pengeboran dalam, sedalam 40 meter. Peneliti mengambil di lokasi ini karena proyek ini bisa membantu untuk melihat karakteristik stratigrafi tanah yang ada di lokasi tersebut, sehingga peneliti bisa menganalisis dan menginterpretasikan data uji bor yang dilakukan pada proyek ini sebagai penentuan kemungkinan terjadinya deformasi tanah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui deformasi tanah yang terjadi pada *Flyover* Jalan Tuanku Tambusai – Jalan Arengka Kota Pekanbaru dengan Menggunakan Metode *Plaxis 2D*. Pembangunan yang akan dilaksanakan di daerah ini bisa untuk mengetahui bagaimana analisis keseragaman ukuran butir, batas-batas atterberg, dan deformasi tanah dengan menggunakan data titik bor 1 hasil pengujian sondir dan SPT. Oleh sebab itu penyelidikan tanah diperlukan dalam perencanaan pondasi suatu struktur bangunan. Hasil penyelidikan tanah dapat menampilkan sifat fisik maupun sifat teknis tanah. Kedua sifat ini diperlukan untuk mengetahui perilaku tanah dalam menerima beban suatu struktur.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini antara lain adalah :

1. Bagaimana tingkat keseragaman ukuran butir dari sampel tanah di daerah penelitian?
2. Berapa nilai dari batas cair, batas plastis dan plastis indeks dari hasil uji sondir dan uji SPT pada titik bor 1?
3. Bagaimana hubungan nilai dari batas cair, batas plastis dan plastis indeks dari hasil uji sondir dan uji SPT pada titik bor 1?

4. Bagaimana proses terjadinya deformasi tanah di daerah penelitian berdasarkan perhitungan Perkiraa Penurunan Segera dengan Menggunakan Hasil Uji Sondir ?
5. Bagaimana proses terjadinya deformasi tanah di daerah penelitian berdasarkan perhitungan Perkiraa Penurunan Segera dengan Menggunakan Hasil Uji SPT ?
6. Bagaimana proses terjadinya deformasi tanah di daerah penelitian berdasarkan *Plaxis 2D*?
7. Apakah aman atau layak dibangun *flyover* di daerah penelitian berdasarkan hasil deformasi yang terjadi ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian skripsi ini adalah untuk memenuhi kurikulum yang ada pada Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, tahun ajaran 2018/2019 setiap mahasiswa dalam mencapai gelar kesarjanaan program pendidikan Strata 1 (S1) harus melakukan skripsi dengan topik sesuai teori yang didapatkan dalam bangku kuliah serta aplikasinya dilapangan kerja. Selain itu tujuan dari penelitian ini antara lain adalah :

1. Untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah di daerah penelitian hasil uji sondir dan uji SPT pada titik bor 1
2. Untuk mengklasifikasikan tanah butir kasar dengan mendapatkan koefisien keseragaman (Cu), koefisien gradasi (Cz), dan sorting koefisien (So) dari kurva distribusi ukuran butir (gradasi) tanah di daerah penelitian hasil uji sondir dan uji SPT pada titik bor 1
3. Untuk menentukan kadar air suatu tanah pada batas keadaan cair dan untuk klasifikasi tanah butir halus (Liquid limit (WL/LL) di daerah penelitian hasil uji sondir dan uji SPT pada titik bor 1
4. Untuk menentukan kadar air suatu tanah pada batas keadaan plastic di daerah penelitian hasil uji sondir dan uji SPT pada titik bor 1
5. Untuk menjelaskan kemungkinan terjadinya deformasi tanah pada struktur *flyover* di daerah penelitian berdasarkan hitungan teoritis dan *Plaxis 2D*.



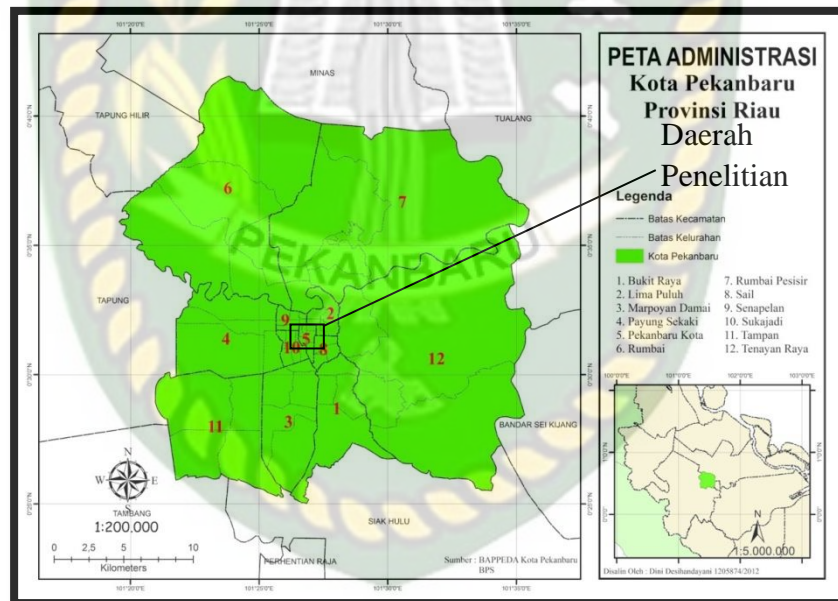
- Untuk menjelaskan deformasi tanah yang terjadi, aman atau layak dibangun *flyover* di daerah penelitian.

#### 1.4 Batasan Penelitian

Secara umum penelitian dibatasi dengan 2 batasan, yaitu batasan lokasi dan batasan pembahasan.

##### 1.4.1 Batasan Lokasi Penelitian

Secara administratif, daerah penelitian termasuk ke Jalan Tuanku Tambusai - Jl Arengka, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Sedangkan secara geografis daerah penelitian terletak pada  $0^{\circ}30'0.79''N$   $101^{\circ}24'57.88''E$  -  $0^{\circ}30'0.16''N$   $101^{\circ}24'53.17''E$ .



**Gambar 1.1** Peta Lokasi Daerah Penelitian (Sumber : Dini Desihandayani 1305874/2012)

##### 1.4.2 Batasan Pembahasan

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

- Mengetahui proses deformasi tanah di proyek pembangunan *Flyover* Jalan Tuanku Tambusai – Jalan Arengka Kota Pekanbaru dengan perhitungan



Perkiraan Penurunan Segera dengan Menggunakan Hasil Uji Sondir dan Hasil Uji SPT.

2. Analisis tanah yang diambil di proyek pembangunan *Flyover* Jalan Tuanku Tambusai – Jalan Arengka Kota Pekanbaru hanya mewakili beberapa lapisan.
3. Mengetahui proses deformasi tanah di proyek pembangunan *Flyover* Jalan Tuanku Tambusai – Jalan Arengka Kota Pekanbaru dengan Aplikasi Software *Plaxis* 2D hanya menggunakan beban mobil truk sebesar 2,5 ton, karena truk termasuk kendaraan yang paling berat dan akan melewati *flyover*.
4. Analisis Perhitungan pada penelitian ini hanya untuk mengetahui berapa besar hasil penurunan yang terjadi apabila diberikan beban di atasnya dengan stratigrafi yang ada pada BH-01, tidak menghitung berapa lama waktu dibutuhkan dari deformasi yang terjadi.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan mengenai studi geologi keteknikan dan khususnya dalam analisis mengetahui deformasi tanah pada proyek pembangunan *flyover*
2. Menambah pengetahuan mengenai analisis laboratorium yang digunakan dalam penelitian, seperti analisis ayakan dan analisis batas-batas aterbeg
3. Memperkuat pemahaman mengenai penerapan aplikasi *plaxis 2D* dalam menganalisa deformasi tanah
4. Memberikan informasi tentang karakteristik tanah di daerah penelitian yang dibangun *flyover* diatas lapisan tanah tersebut.
5. Melengkapi dan menambah hasil studi maupun data-data yang belum terlengkapi dari penelitian terdahulu, khususnya yang terkait dengan daerah penelitian penulis.

**1.6 JADWAL PENELITIAN**

Penelitian akan dilaksanakan mulai Minggu ke 3 Januari hingga bulan Juli 2019 yang terdiri atas persiapan pembuatan proposal, survey lokasi penelitian, persiapan alat untuk penelitian, kegiatan penelitian, pengolahan data dan pembuatan BAB IV dan V dan seminar hasil. (**Tabel 1.1**).

BULAN MINGGU	JANUARI 2019				FEBRUARI 2019				MARET 2019				APRIL 2019				MEI 2019				JUNI 2019				JULI 2019			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Persiapan Pembuatan Proposal																												
Survey Lokasi Penelitian																												
Persiapan Alat Untuk Penelitian																												
Kegiatan Penelitian																												
Pengolahan Data dan Pembuatan Bab IV & V																												
Seminar Hasil																												

**Tabel 1.1** Tabel Jadwal Penelitian

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

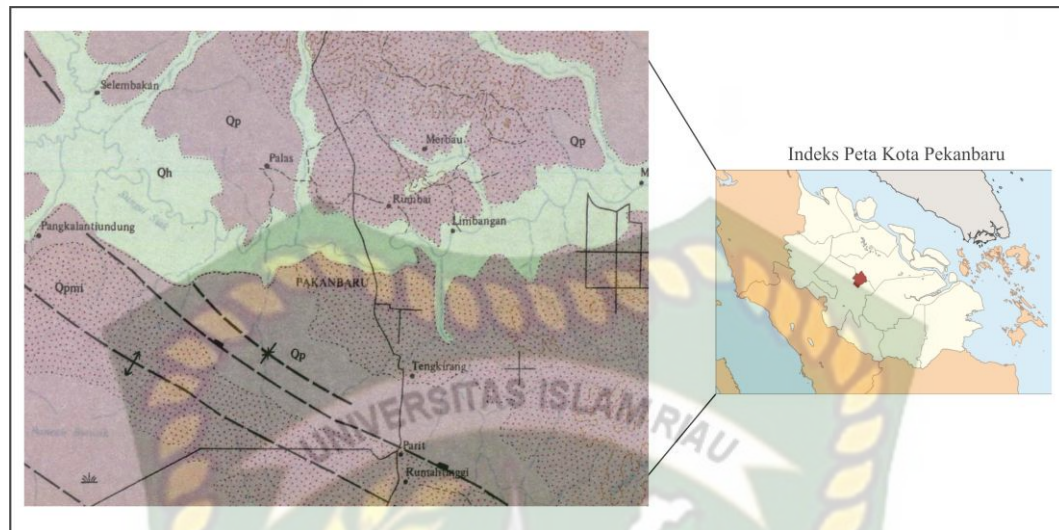
#### 2.1 Kondisi Geologi Pekanbaru Secara Regional

Secara geologi kota Pekanbaru ini terletak diantara dua Sungai besar yaitu Sungai Siak dan Sungai Kampar. Kota Pekanbaru ini terletak diatas batuan yang muda berupa alluvium yang litologinya terdiri dari kerikil, pasir, lempung dan sisi tumbuhan. Dilihat dari morfologinya, daerah Pekanbaru terbagi menjadi dua yaitu daerah yang relatif flat (datar) dan daerah yang relatif tinggi.

Daerah yang relatif flat ini terbentang dari Rimbo Panjang hingga daerah MTQ. Daerah ini dipengaruhi oleh adanya subsidence atau penurunan permukaan tanah yang dipengaruhi oleh struktur yang membentuk tinggian Minas. Sedangkan daerah yang relatif tinggi dimulai dari daerah Bandara hingga ke Selatan Kota Pekanbaru, daerah tinggian ini dipengaruhi oleh adanya struktur Kota Batak.

Daerah penelitian berada pada Formasi Minas. Formasi Minas merupakan endapan Kuartar yang diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Petani. Disusun oleh pasir dan kerikil, pasir kuarsa lepas berukuran halus sampai sedang serta limonit berwarna kuning. Formasi ini berumur Plistosen dan diendapkan pada lingkungan fluvial - alluvial. Pengendapan yang terus berlanjut sampai sekarang menghasilkan endapan alluvium yang berupa campuran kerikil, pasir dan lempung (M.C.G Clarke et al, 1982).





**Gambar 2.1** Peta Geologi Regional Pekanbaru ( Sumber : M.C.G Clarke et al, 1982)

## 2.2 Analisis Ayakan (*Shieve Analysis*)

Analisis ayakan (*sieve analysis*) adalah suatu percobaan menyaring contoh tanah melalui satu set ayakan, dimana lubang-lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan kebawah, cara ini biasanya digunakan untuk menyaring material atau partikel berdiameter  $\geq 0,075$  mm.

Pada dasarnya partikel-partikel pembentuk struktur tanah mempunyai ukuran dan bentuk yang beraneka ragam, baik pada tanah kohesif maupun tanah nonkohesif. Sifat suatu tanah banyak ditentukan oleh ukuran butir dan distribusinya. Sehingga didalam mekanika tanah, analisis ukuran butir banyak dilakukan/dipakai sebagai acuan untuk mengklasifikasikan tanah (Junaidawally,2013).

Penentuan distribusi Ukuran butir:

1. Analisis ayakan - untuk ukuran partikel  $> 0,075$  mm (pasir)
2. Analisis heterometer - untuk ukuran partikel  $< 0,075$  mm (lanau & tanah liat)

Ukuran butiran tanah ditentukan dengan menyaring sejumlah tanah melalui seperangkat saringan yang disusun dengan lubang yang paling besar

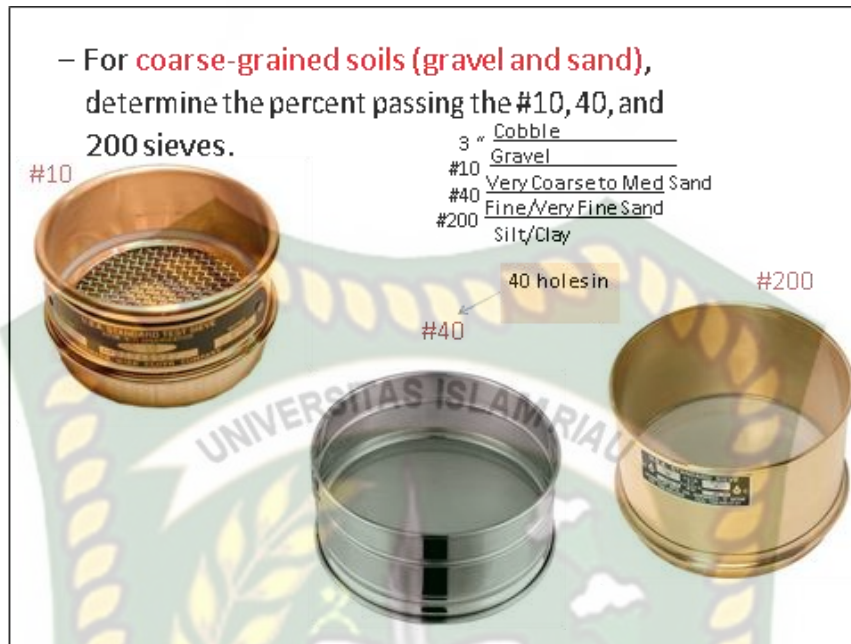


berada paling atas dan makin kebawah makin kecil. Jumlah tanah yang tertahan pada saringan tersebut disebut salah satu dari ukuran butir contoh tanah itu. Pada kenyataannya pekerjaannya hanya mengelompokan sebahagian dari tanah terlekat di antara dua ukuran (Hanafiah,2010).

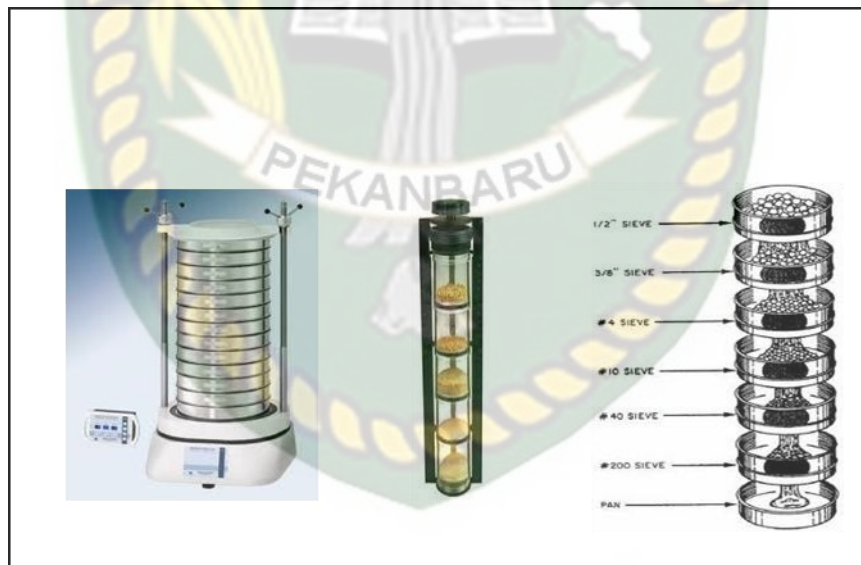
Sistem klasifikasi tanah atau analisis ayakan adalah suatu sistem pengelompokan tanah berdasarkan sifat dan ciri tanah yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaian. Ada beberapa sistem klasifikasi tanah yang pada umumnya digunakan antara lain, yaitu :

A. Sistem *Unifed (Unified Soil Classification System / USCS)* Pada sistem ini dapat dibagi menjadi 2 kelompok besar yaitu :

1. Tanah berbutir kasar adalah yang mempunyai persentase lolos saringan No. 200  $<$  50%. Tanah butir kasar terbagi atas kerikil dengan symbol G (*gravel*), dan pasir dengan symbol S (*sand*).
2. Tanah berbutir halus adalah yang mempunyai presentase lolos saringan No. 200  $>$  50%. Tanah butir halus terbagi atas lanau dengan simbol M (*moun*), lempung dengan simbol C (*clay*), serta lanau dan lempung organik dengan simbol O (*organic*), bergantung pada tanah itu terletak pada grafik plastisitas. Tanda L (*low*) untuk tanah plastisitas rendah dan tanda H (*high*) untuk tanah plastisitas tinggi.



**Gambar 2.2** Saringan Analisis Ayakan (Sumber : (*Unified Soil Classification System / USCS*))



**Gambar 2.3** Mass Ayakan (Sumber : (*Unified Soil Classification System / USCS*))



**Gambar 2.4** Alat Laboratorium untuk analisis ayakan (Sumber : (*Unified Soil Classification System / USCS*))

**Tabel 2.1** Simbol pada klasifikasi tanah *Unified* berdasarkan Bowles, 1989 dalam Larasati, 2016.

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Surfiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	WL<50%	L
Organik	O	WL>50%	H
Gambut	Pt		

Keterangan :

W = *Well Graded* (Bergradasi baik) P = *Poorly Graded* (Bergradasi buruk)

L = *Low Plasticity* (Plastisitas rendah) H = *High Plasticity* (Plastisitas tinggi)

## B. Sistem Klasifikasi berdasarkan ukuran-ukuran partikelnya

Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*) atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut.

Beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah (*soil separate size limits*) berdasarkan ukuran-ukuran partikelnya.

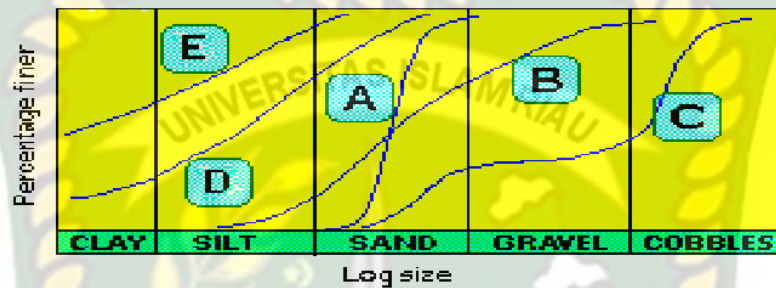
**Tabel 2.2** Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah Berdasarkan Braja M Das

Nama Kelompok Organisasi	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	> 2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	< 0,002
U.S. Departement of Agriculture (USDA)	> 2	2 – 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2 – 2	2 – 0,075	0,075 – 0,002	< 0,002
Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	76,2-4,75	4,75-0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung) < 0,0075	

1. Kerikil (*gravels*) adalah kepingan-kepingan dari batuan yang kadang-kadang juga mengandung partikel-partikel mineral quartz, feldspar dan mineral-mineral lain, Diameter butiran > 5 mm.
2. Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini, Diameter butiran 0,0075 – 5,0 mm.
3. Lanau (*silt*) sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran quartz yang sangat halus, dan sejumlah partikel-partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika, Diameter butiran 0,002 – 0,0075 mm.



4. Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (= 2 mikron).



**Gambar 2.5** kurva jenis gradasi tanah menurut Bowles, 1989 dengan system USCS

Keterangan :

A = Pasir Sedang Bergradasi Buruk (Pada Muara dan Dataran Banjir, Alluvium)

B = Pasir Kerikil Bergradasi Baik ( Jumlah yang sama dari Kerikil dan Pasir)

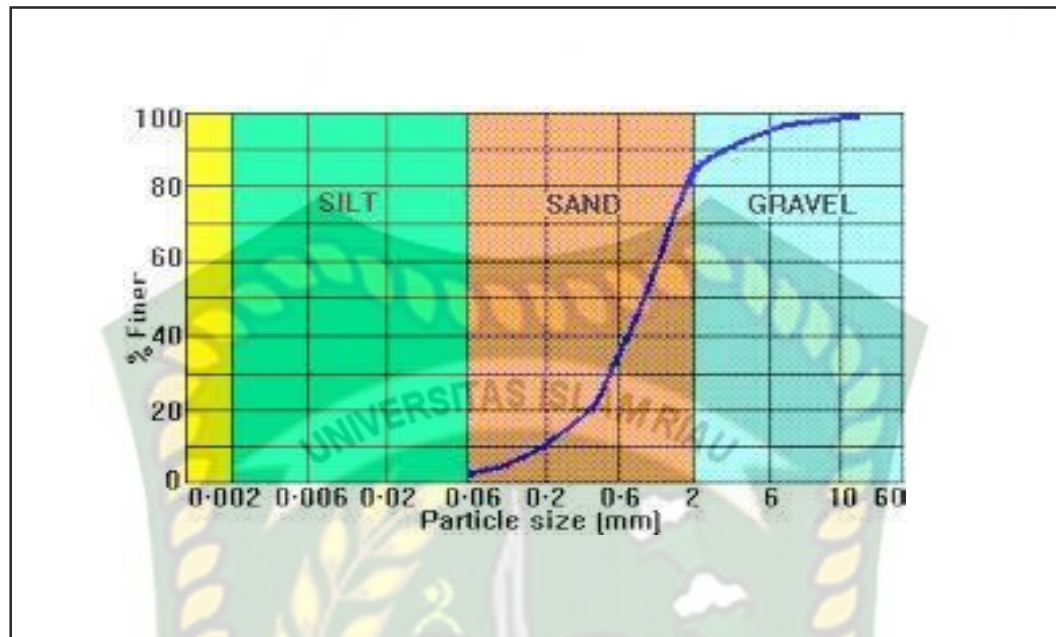
C = Batu Pasir Kerikil

D = Lanau Berpasir ( pada Endapan Delta atau Muara )

E = Tanah Lempung Berlumpur ( misalnya Lempung London dan Lempung Oxford )

Adapun parameter untuk menentukan distribusi ukuran tanah (Bowles, 1989 dengan system USCS), Tanah dikatakan bergradasi baik, jika :

1. Koefisien keseragaman ( $C_u$ ) untuk kerikil lebih besar dari 4,0 dan pasir lebih besar dari 6,0. Jika  $C_u > 15,0$  tanah dikatakan bergradasi sangat baik.
2. Koefisien gradasi ( $C_z$ ) untuk kerikil dan pasir antara 1,0 sampai 3,0

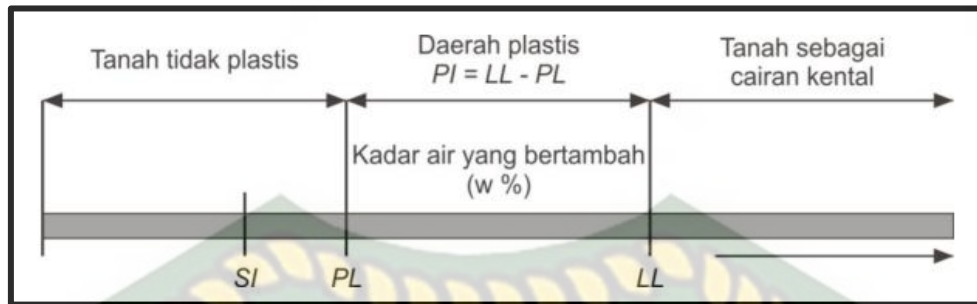


**Gambar 2.6** Contoh Grafik Shieve Analysis (Sumber : Bowles, 1989 dengan system USCS)

### 2.3 Batas-batas Atterberg

Seorang ilmuwan Swedia bernama Albert Atterberg telah mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan “*Sifat Konsistensi Tanah*” berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. *Konsistensi Tanah* merupakan sifat fisika tanah yang menggambarkan ketahanan tanah pada saat memperoleh gaya atau tekanan dari luar yang menggambarkan bekerjanya gaya kohesi (Tarik menarik antar partikel) dan adhesi (Tarik menarik antara partikel dan air) dengan berbagai kadar air yang diberikan. Sifat ini karena adanya air yang terserap disekeliling permukaan dari partikel lempung. Bila mana kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek seperti cairan.

Tanah memiliki beberapa keadaan tertentu, yaitu dari keadaan cair sampai beku, seperti yang digambarkan dalam diagram sebagai berikut :



**Gambar 2.7** Diagram Atterbeg Limit (Sumber : A. Atterbeg, 1911)

Ada beberapa pengujian yang dilakukan dalam menentukan “*Konsistensi tanah*”, yaitu:

**a. *Liquid Limit* ( Batas Cair )**

Batas cair adalah kadar airtanah pada batas cair dan batas plastis atau kadar air maksimum dimana tanah memiliki geser minimum yaitu pada ketukan ke 25.

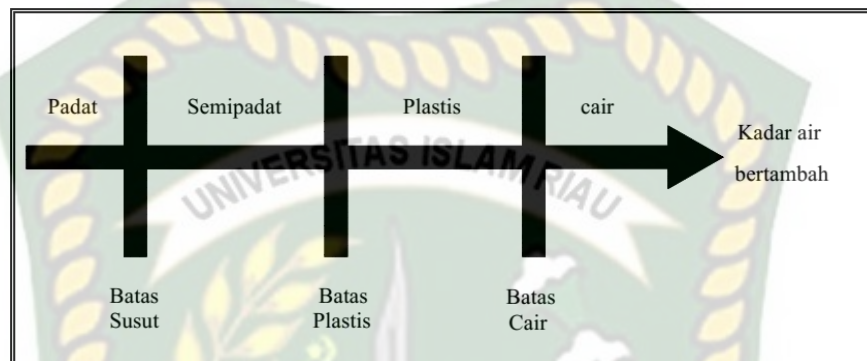


**Gambar 2.8** Pengujian Batas Cair

Batas cair adalah kadar air batas dimana suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis. Jika tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas tanpa menimbulkan retakan.



Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap disekeliling permukaan dari partikel lempung. Menurut Atterberg, tanah dapat dipisahkan dalam empat keadaan dasar yaitu : padat, semi padat, plastis dan cair, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah :



**Gambar 2.9** Batas - batas Atterberg (Sumber : Atterberg, 1911)

**b. Plastic Limit ( Batas Plastis )**

Batas plastis adalah batas antara tanah dengan keadaan semi plastis dan tanah dengan keadaan plastis, yaitu % kadar air. Kadar air contoh tanah yang mana tanah mulai retak – retak didefinisikan sebagai batas plastis.

Batas Plastis (Plastic Limit),  $w_P$  adalah kadar air terendah dimana tanah mulai bersifat plastis. Dalam hal ini sifat plastis ditentukan berdasarkan kondisi di mana tanah yang digulung dengan telapak tangan, di atas kaca mulai retak setelah mencapai diameter 1/8 inci (Albert Atterbeg,1911).



**Gambar 2.10** Contoh Pengujian Batas Plastis (Sumber : Atterberg, 1911)



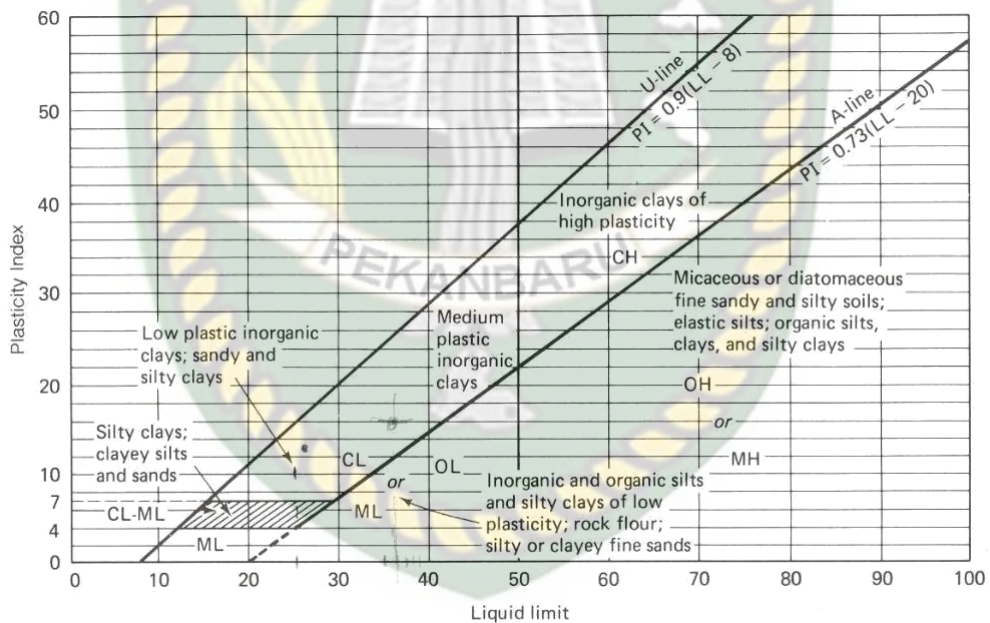
**Tabel 2.3** Sistem Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System (USCS)*

Jenis	Simbol	Nama Kelompok	Kriteria
Lanau dan lempung dengan batas cair, LL < 50%	ML	Lanau inorganic dan pasir sangat halus atau pasir halus berlanau atau berlempung	PI < 4 atau berada dibawah garis -A dalam Grafik Plastisitas
	CL	Lempung inorganic dengan plastisitas rendah hingga sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ( <i>clean clays</i> )	PI > 7 dan berada pada atau dibawah garis -A dalam Grafik Plastisitas
	CL-ML	Lanau berlempung inorganic, dengan pasir halus atau sedikit kerikil	PI berada dalam daerah yang diarsir ( <i>hatched area</i> )
	OL	Lanau organic dan lempung berlanau organic dengan plastisitas rendah	PI berada dalam daerah OL dan $\frac{LL( )}{LL( )} < 0,75$
Lanau dan lempung dengan batas cair, LL > 50%	MH	Lanau inorganic atau pasir halus diatomaee, lanau elastis	PI berada dibawah garis -A dalam Grafik Plastisitas
	CH	Lempung inorganic dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ( <i>fat clays</i> )	PI berada diatas garis -A dalam Grafik Plastisitas
	OH	Lempung organic dengan plastisitas sedang sampai tinggi	PI berada dalam daerah OH dan $\frac{LL( )}{LL( )} < 0,75$
Tanah dengan kadar organic tinggi	Pt	Gambut ( <i>peat</i> ), dan tanah lain kandungan organic tinggi	

Urutan pelaksanaan uji batas plastis diberikan oleh ASTM Test Designation D – 424, dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.4** Hubungan antara indeks plastis dengan tingkat plastisitas dan jenis tanah menurut Atterberg.

PI	TINGKAT PLASTISITAS	JENIS TANAH
0	Tidak Plastis / Non PI	Pasir
$0 < PI < 7$	Plastisitas Rendah	Lanau (Silt)
7-17	Plastisitas Sedang	Lanau-Lempung
$> 17$	Plastisitas Tinggi	Lempung (Clay)



**Gambar 2.11** Grafik plastisitas Cassagrande (Sumber : Holtz and Kovacs, 1981)

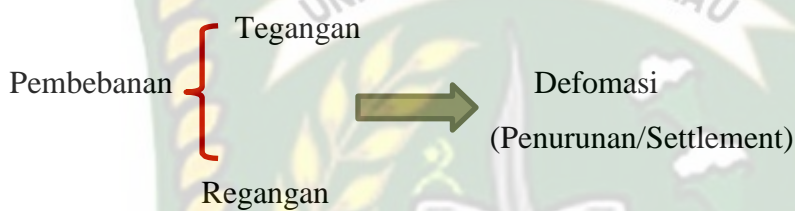
Keterangan :

- Garis A pada umumnya memisahkan material seperti tanah liat (*clay*) dari material tanah gambut (*silty*), dan organik dari non-organik.

- Garis U menyatakan batas teratas untuk tanah pada umumnya. *catatan:* Jika batas pengukuran tanah berada di kiri garis U, maka perlu dilakukan pengecekan ulang. (Holtz and Kovacs, 1981)

#### 2.4 Deformasi

Salah satu hal yang penting dalam ilmu Mekanika Tanah adalah mengetahui besarnya tegangan akibat suatu pembebanan yang akan menghasilkan deformasi yang berlebihan sehingga mengakibatkan keruntuhan.



Pada prinsipnya beban terhadap benda terdeformasi (*Deformable Body*) adalah suatu gaya yang melakukan aksi terhadap benda padat sehingga menyebabkan *Causative Influences* yang menyebabkan terjadinya deformasi.

Dinamika Bumi terbagi menjadi 3 skala, yaitu: skala global, skala regional dan skala lokal. Skala global mencakup gerakan antar benua, skala regional mencakup gerakan antar pulau dan skala lokal mencakup gerakan tanah pada tempat tertentu (Wahyuningtias, D., 1996).

Pada skala lokal inilah terdapat studi analisis deformasi terpadu. Untuk dapat memahami pengertian analisis deformasi terpadu diperlukan pemahaman makna kata dari analisis, deformasi dan terpadu. Hal ini dikarenakan pengertian analisis deformasi berbeda dengan pengertian analisis pengkajian suatu obyek. Analisis adalah penarikan suatu kesimpulan tentang karakteristik dari struktur fenomena secara keseluruhan dari unsur-unsur atau komponen-komponen pembentuk struktur tersebut.

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996). Sehingga berdasarkan definisi tersebut, deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif (Ma'ruf, B., 2001). Sehingga analisis deformasi adalah metodologi (hal-hal yang berkaitan metode) untuk menentukan parameter-

parameter deformasi. Sejarah deformasi bisa ditentukan oleh pengamatan struktur tektonik (Adi Suryadi., 2016).

Deformasi merupakan perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari suatu materi baik dari suatu materi baik merupakan bagian dari alam ataupun buatan manusia dalam skala waktu dan ruang. Deformasi dapat terjadi jika suatu benda atau materi dikenai gaya (Force).

Deformasi adalah regangan yang paling umum ditemukan di litologi berpori dan batupasir sedimen, termasuk endapan kuarsa, gravitasi dan tektonik yang memengaruhi tanah longsor batupasir direservoir hidrokarbon dan akuifer (Tiggi Choanji, Novia Rita, Yuniarti Yuskar, Aulia Pradana., 2018).

Pengukuran deformasi lahan-tanah bisa juga dilakukan dari tegakan jembatan diukur menggunakan pengukuran interferometri diferensial dengan data ALOS PALSAR level 1.1 (Husnul Kausarian, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, Dewandra Bagus Eka Putra, Adi Suryadi, Gevisioner, 2018).

Batasan Deformasi tanah ditentukan oleh kondisi tanah dan kedalaman bor yang besarnya ditentukan dalam rumusan seperti yang tercantum dalam Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Batas Maksimum Deformasi Tanah (Sumber : BSNI 8460:2017)

Batas Izin Maksimum Deformasi	Tanah Tipe A	Tanah Tipe B
( $H \times$ Tipe Tanah)	0,7 %	1.0 %

Keterangan :

- a) H = Kedalaman Bor
- b) Tanah Tipe A meliputi : tanah Lempung dan Lanau (*clays and silts*), tanah residual (*residual soils*), dan tanah pasir dengan kepadatan sedang sampai dengan padat (*medium to dense sands*).
- c) Tanah Tipe B meliputi : tanah lempung dan lanau lunak (*soft clays, silts*), tanah organik (*organic soils*) dan tanah timbunan tidak terpadatkan (*loose fills*).



### 2.4.1 Deformasi Vertikal (Penurunan)

Penurunan tanah merupakan deformasi plastis yang terjadi pada massa tanah apabila massa tanah tersebut diberi beban. Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*). Penurunan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh dua akibat, yaitu berubahnya susunan tanah dan berkurangnya rongga di dalam tanah tersebut. Jumlah dari penurunan di seluruh kedalaman lapisan tanah, merupakan penurunan total tanah (Hardiyatmo,2002).

Secara umum penurunan suatu tanah dapat dibagi menjadi dua yaitu :

- a) Penurunan Segera (*Immediate/Elastic Settlement*),  $S_e$
- b) Penurunan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*),  $S_c$

#### 2.4.1.1 Penurunan Segera / *Immediately Settlement*

Penurunan segera merupakan penurunan yang terjadi pada setelah pembebanan dalam waktu 7 hari (Bowles, 1996).

Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh dua akibat, yaitu berubahnya susunan tanah dan berkurangnya rongga pori dalam tanah tersebut. Jumlah dari regangan di seluruh kedalaman lapisan tanah, merupakan “Deformasi tanah”.

Penurunan yang terjadi pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus kering atau tidak jenuh terjadi dengan segera sesudah beban bekerja. Penurunan pada kondisi ini disebut *penurunan segera (immediate settlement)*. Penurunan segera merupakan bentuk penurunan elastis. Dalam praktek, sangat sulit memperkirakan besarnya penurunan segera. Hal ini, tidak hanya karena tanah dalam kondisi alam tidak homogen dan anisotropis dengan modulus elastisitas yang bertambah dengan kedalaman, tetapi juga akibat kesulitan dalam mengevaluasi kondisi regangan-regangan yang terjadi di lapisan tanah. Penurunan segera banyak diperhatikan pada pondasi bangunan yang terletak pada tanah granuler atau tanah berbutir kasar.

### 2.4.2 Sondir

Berdasarkan SNI 4153-2008, uji sondir digunakan untuk memperoleh parameter-parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan, dengan alat sondir. Parameter tersebut berupa perlawanan konus ( $q_c$ ), perlawanan geser ( $f_s$ ), angka banding geser ( $R_f$ ), dan geseran total tanah ( $T_f$ ), yang dapat digunakan untuk interpretasi pelapisan tanah yang merupakan bagian dari desain pondasi. Peralatan uji penetrasi ini antara lain terdiri atas peralatan penetrasi konus, bidang geser, bahan baja, pipa dorong, batang dalam, mesin pembeban hidraulik, dan perlengkapan lainnya.

Pengujian sondir merupakan suatu pengujian prakiraan yang dapat digunakan untuk menentukan kedalaman suatu lapisan tanah keras (*dense layer level observation*) (Sanglerat,1972).



**Gambar 2.12** Foto konus (Sumber : Sanglerat,1972)

Uji sondir atau dikenal dengan uji penetrasi kerucut statis banyak digunakan di Indonesia. Pada uji sondir, terjadi perubahan yang kompleks dari tegangan tanah saat penetrasi sehingga hal ini mempersulit interpretasi secara teoritis. Dengan demikian meskipun secara teoritis interpretasi hasil uji sondir telah ada, dalam prakteknya uji sondir tetap bersifat empiris (Rahardjo, 2008).

Keuntungan uji sondir :

- a. Cukup ekonomis dan cepat
- b. Dapat dilakukan ulang dengan hasil yang relative hampir sama
- c. Korelasi empiric yang terbukti semakin andal
- d. Perkembangan yang semakin meningkat khususnya dengan adanya penambahan sensor pada sondir listrik.

Kekurangan uji sondir :

- a. Kedalaman penetrasi terbatas
- b. Tidak dapat menembus kerikil atau lapisan pasir yang padat

*Cone Penetration Test* (CPT) adalah peralatan yang tepat untuk digunakan selama pembangunan untuk memutuskan jika galian fondasi sudah selesai dan terdapat keraguan sifat-sifat tanah yang tidak diperoleh saat penyelidikan awal rencana.

Uji *Cone Penetration Test* (CPT) (ASTM D-3441) adalah suatu metode penaksiran stratigrafi lapisan dibawah permukaan (*stratigraphy subsurface*) yang berhubungan dengan material lunak, material organik (*peat*), material – material yang berpotensi mudah mencair (*liquefiable*) seperti : lempung, pasir, dan batuan bulat dan tanah longsor (*landslides*)(Sanglerat, 1972).



**Gambar 2.13** Pengujian Sondir (Sumber : Sitohang, 2009)

Menurut Sitohang (2009), kegunaan uji sondir adalah :

1. Untuk menentukan profil dan karakteristik tanah.
2. Merupakan pelengkap bagi informasi pengeboran tanah.
3. Menentukan daya dukung pondasi.
4. Untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah keras serta daya dukung maupun daya lekat setiap kedalaman.

5. Untuk memberikan gambaran jenis tanah secara kontinu.
6. Untuk mengevaluasi (meninjau kembali) karakteristik teknis tanah.  
Sementara itu adapun tujuan dilakukan pengujian sondir adalah :
  1. Tujuan praktis : untuk mengetahui kedalaman dan kekuatan lapisan-lapisan tanah.
  2. Tujuan teoritis : untuk mengetahui penetrasi konus dan jumlah hambatan lekat tanah.

**Tabel 2.6** Tingkat konsistensi tanah dari sondir (Terzaghi dan Peck, 1948)

$q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Konsistensi
< 5	Tanah Sangat Lunak
5-10	Tanah Lunak
10-35	Tanah Agak Lunak
30-60	Tanah Sedang/Kaku
60-120	Tanah Agak Keras
>120	Tanah Keras

### 2.4.3 Standard Penetrometer Test (SPT)

Salah satu uji lapangan yang paling umum dilakukan adalah SPT. Uji SPT sudah lama dikembangkan dalam Teknik Pondasi, sehingga perumusan perhitungan Deformasi Tanah didasarkan data SPT telah dikenal oleh masyarakat secara luas terutama oleh masyarakat Teknik Sipil dan Teknik Geologi. Nilai SPT adalah jumlah pukulan pada tabung *split barrel* panjang 15 cm, dimana tabung *split barrel* tersebut dibagi menjadi 3 bagian, masing-masing mempunyai panjang 15 cm. Nilai SPT tersebut dinotasikan sebagai N (Meyerhof, G.G., 1976).

Hasil dari pekerjaan Bor dan SPT dituangkan dalam lembaran drilling log yang berisi :

1. Deskripsi tanah meliputi jenis tanah, warna tanah, tingkat plastisitas dan ketebalan lapisan tanah masing-masing.



2. Pengambilan contoh tanah asli / Undisturbed Sample (UDS).
3. Pengujian Standard Penetration Test (SPT).
4. Muka airtanah.
5. Tanggal pekerjaan dan berakhirnya pekerjaan.

Kegunaan hasil penyelidikan tanah :

1. Menentukan kedalaman dan tebal masing-masing lapisan tanah tersebut.
2. Alat dan cara operasinya relative sederhana.
3. Contoh tanah terganggu dapat diperoleh untuk identifikasi jenis tanah, sehingga interpretasi deformasi tanah dapat diperkirakan dengan baik.

**Tabel 2.7** Korelasi antara sifat tanah dengan nilai SPT untuk tanah granuler dan tanah kohesif (sumber : Peck, et al, (1974) dalam FHWA NHI, 2006)

Pasir		Lanau dan Lempung	
N	Tingkat Kepadatan	N	Konsistensi
0-4	Sangat buruk	< 2	Sangat lunak
5-10	Buruk	2-4	Lunak
11-30	Sedang	5-8	Sedang
31-50	Padat	9-15	Kaku
>50	Sangat Padat	16-30	Sangat kaku
		> 30	Keras

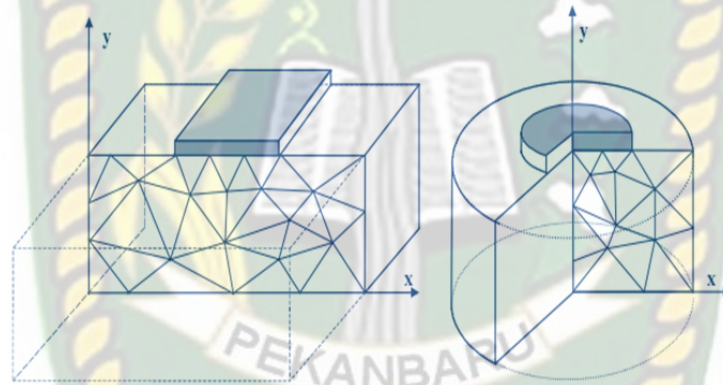
## 2.5 *Plaxis*

Dalam menganalisa kasus-kasus dalam bidang geoteknik, banyak digunakan alat bantu berupa software dalam perhitungan, hal tersebut memberikan kemudahan kepada para perekayasa. Dalam bidang geoteknik

banyak software komputer yang berhubungan dengan bidang geoteknik salah satunya adalah *plaxis*.

### 2.5.1 Definisi *plaxis*

*PLAXIS* merupakan program finite elemen yang digunakan dalam aplikasi geoteknik untuk memodelkan tanah dan simulasi kelakuan tanah. Dalam berbagai kasus geoteknik program *PLAXIS* dapat melakukan analisis deformasi dan stabilitas tanah. Kondisi tanah yang sebenarnya dimodelkan dengan model *plane strain* maupun dengan model *axisymmetric* (Triwahyukuningsih,2012).



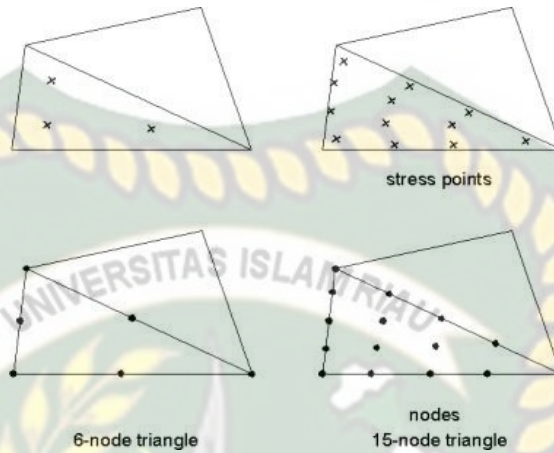
**Gambar 2.14** Contoh Model *Plane Strain* Dan *Axisymmetric* Sumber : Manual *PLAXIS* Versi 8

Permodelan *plane strain* digunakan untuk geometri *cross section* yang (lebih kurang) seragam dimana tegangan maupun beban tegak lurus terhadap *cross section* tersebut (arah z) dianggap seragam. Sehingga *displacement* dan *strain* pada arah ini diasumsikan nol. Akan tetapi, tegangan normal pada arah ini dimasukkan dalam perhitungan.

Permodelan *axisymmetric* digunakan untuk struktur lingkaran dengan radial *cross section* yang seragam dan pembebanan disekitar sumbu tengah, yang mana deformasi dan tegangan diasumsikan sama untuk semua arah radial.

Pada program *PLAXIS* tersedia dua tipe element, yaitu elemen dengan 6 nodal dan element dengan 15 nodal. Pengguna bisa memilih elemen segitiga

dengan 6 nodal dan 15 nodal untuk memodelkan lapisan tanah dan *cluster* lainnya.



**Gambar 2.15** Posisi Nodal Dan *Stress Point* Pada Elemen Tanah Sumber :  
Manual *PLAXIS* Versi 8

Segitiga dengan 15 nodal merupakan elemen yang sangat akurat yang menghasilkan tegangan dengan kualitas yang baik untuk masalah yang kompleks,. Penggunaan segitiga dengan 15 elemen membutuhkan waktu yang lebih lama karena proses kalkulasinya sangat lambat. Oleh karena itu tipe elemen yang lebih sederhana juga tersedia.

Segitiga dengan 6 nodal merupakan elemen yang cukup akurat yang memberikan hasil yang baik dalam analisis deformasi standar, asalkan digunakan jumlah elemen yang cukup. Meskipun demikian, elemen ini kurang sesuai untuk perhitungan pada model *axisymmetric* khususnya pada kalkulasi *phi c reduction* karena faktor keamanan yang dianalisis tidak sesuai dengan kondisi yang sebenarnya (Triwahyukuningsih, 2012).

### 2.5.2 Metode Elemen Hingga *Plaxis*

*Plaxis (Finite Elemen Code for Soil and Rock Analyses)* merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil.

Grafik prosedur-prosedur input data (*soil properties*) yang sederhana mampu menciptakan model-model elemen hingga yang kompleks dan menyediakan *output* tampilan secara detail berupa hasil-hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur- prosedur penulisan angka yang tepat. Konsep ini dapat dikuasai oleh pengguna baru dalam waktu yang relatif singkat setelah melakukan beberapa latihan (*Plaxis, 2012*).

### 2.5.3 Beban Truk “T” (TT)

Beban Truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Hanya satu truk yang diterapkan per lajur lalu lintas rencana (Sanglerat,1972). Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan *Plaxis 2D*, untuk mengetahui nilai Deformasi yang terjadi. Untuk berat truk yang digunakan sebesar 2,5 ton.

## 2.6 Studi Literatur

Berikut adalah studi-studi terdahulu yang berkaitan dengan konstruksi galian tanah dan permodelan tanah :



**Tabel 2.8** Studi-studi terdahulu mengenai deformasi tanah, konstruksi galian dan permodelan tanah

No.	Judul Penelitian	Penulis	Jenis Konstruksi	Tinggi Galian	Model Tanah	Hasil
1.	Pengolahan gambar data satelit alos palsar, unmanned aerial vehicle (UAV), dan pengukuran lapangan deformasi lahan	Husnul Kausarian, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, Dewandra Bagus Eka Putra, Adi Suryadi, Gevisioner	Data Satelit alos palsar	-	unmanned aerial vehicle (UAV), dan pengukuran lapangan deformasi lahan	Hasil pemetaan menggunakan UAV tidak menunjukkan area dengan penurunan signifikan di semua wilayah di sekitar lokasi jembatan Siak. Hasil pemetaan UAV, didukung oleh analisis deformasi tanah, analisis DInSAR untuk Data ALOS PALSAR di Pekanbaru. Dari pengamatan langsung, ditemukan defleksi besar di Jembatan Siak III dan bukan di Jembatan Siak I dan Jembatan Siak II.
2.	Studi perbandingan model tanah Mohr-Coulomb dan Hardening soil pada kasus unloading dengan metode elemen hingga	Dian Paramita I.S. ITB, Indonesia	Galian	4 meter	Mohr-Coulomb dan Hardening Soil	Deformasi total HSM lebih kritis dibanding dengan MCM. Besar Penurunan HSM lebih kritis dibandingkan MC.

No.	Judul Penelitian	Penulis	Jenis Konstruksi	Tinggi Galian	Model Tanah	Hasil
3.	Effects of rarely analyzed soil parameters for FEM analysis of embedded retaining structures	V. Jozsa. Geotechnical Department, Budapest University, Hungary	Galian	10 meter	Mohr-Coulomb dan Hardening Soil	Perhitungan pada model MC sangat cepat dan ideal untuk analisa stabilitas tetapi deformasi yang dihasilkan tidak realistis. Model HS menghasilkan deformasi yang lebih tepat apabila menarikan parameternya benar.
4.	Evaluation of clay constitutive models for analysis of deep excavation under undrained conditions	Aswim Lim, Chang-Yu Ou, Pio-Go Hsieh	Galian	19.7 meter	Mohr-Coulomb, Hardening Soil dan Modified Cam Clay	Pada model HS deformasi yang terjadi sangat dekat dengan hasil pengukuran di lapangan. Pemodelan MCC menghasilkan deformasi yang jauh dari hasil pengukuran sementara MC sedikit lebih dekat dengan HS

Dokumen ini adalah Arsip Miilik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Objek Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini, yang menjadi objek penelitian :

1. Ukuran butir dari tanah
2. Batas cair (*Liquid Limit*) adalah kadar air pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis.
3. Batas plastis (*Plastic Limit*) adalah kadar air pada batas bawah dengan plastis.
4. Deformasi Tanah dengan menggunakan data sondir dan data SPT serta menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*.

#### 3.2 Langkah-langkah Penelitian

##### 3.2.1 Tahap Persiapan

- a. Perizinan

Perizinan dilakukan baik dari pihak Universitas Islam Riau maupun pemerintah daerah di lokasi penelitian.

- b. Studi Pustaka

Studi kepustakaan dilakukan untuk memperoleh gambaran umum keadaan geologi penelitian.

- c. Penentuan Daerah Penelitian

Setelah melakukan perizinan dan studi pustaka kemudian menentukan daerah penelitian.

- d. Pembuatan proposal, surat perizinan penelitian.



### 3.2.2 Tahap Lokasi Pekerjaan

Lokasi rencana pekerjaan kota Pekanbaru di Simpang Mall SKA, Jl. Tuanku Tambusai – Jalan Soekarno-Hatta, seperti tampak pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1** Lokasi Pekerjaan

Penyelidikan tanah pada lokasi *Flyover* Simpang SKA terdiri dari dua tahap pelaksanaan. Salah satunya adalah tahap pekerjaan dilapangan. Pekerjaan lapangan yang berkaitan dengan pekerjaan bor dalam adalah pengambilan uji SPT dan pengambilan sampel tanah. Sket lokasi lokasi titik bor dapat dilihat pada Gambar 3.2



**Gambar 3.2** Sket lokasi titik bor



### 3.2.3 Tahap Penelitian

Pekerjaan penyelidikan tanah ini berupa bor dalam sebanyak 1 titik bor. Pekerjaan penyelidikan tanah ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap pekerjaan lapangan dan tahap pekerjaan di laboratorium. Tahap pekerjaan lapangan dimulai tanggal 13-20 Februari 2019. Tahap selanjutnya adalah pekerjaan laboratorium.

#### Metode Pengujian Tanah Dilapangan

Ruang Lingkup pekerjaan tanah terdiri dari pekerjaan lapangan dan pengujian sampel tanah di Lab. Meknika Tanah Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Adapun kegiatan yang harus dilakukan antara lain ini meliputi :

#### 1) Pekerjaan Lapangan data uji sondir

- a) Pekerjaan Bor Dalam sebanyak 1 titik bor dengan kedalaman bor 14,40 meter
- b) Pengujian *Cone Penetration Test* (Sondir), dimana nilai diambil per 0,20 meter

#### 2) Pekerjaan Lapangan data uji SPT

- a) Pekerjaan Bor Dalam sebanyak 1 titik bor dengan kedalaman bor 40,00 meter.
- b) Pengujian *Standart Penetration Test* (SPT), dimana nilai SPT diambil per 2 meter.
- c) Pengambilan sampel (*sampling*), dimana *sampling* direncanakan dilakukan sebanyak 4 kali, pada kedalaman 5,00; 15,00; 25,00; dan 35,00 meter.

Adapun langkah – langkah yang harus dilakukan sebagai berikut :

#### 3) Pekerjaan Bor Dalam

##### a) Uji Sondir (*Cone Penetration Test*)

Konus yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut. Alat sondir yang umum digunakan dan telah diterima secara luas tercantum dalam ASTM D 3441-75T yaitu sondir yang mempunyai luas proyeksi ujung konus sebesar 10 cm<sup>2</sup> dan luas selimutnya sebesar 150 cm<sup>2</sup>, penetrasi yang dilakukan dengan manual atau hidrolik dengan kecepatan tidak lebih dari 2 cm/detik. Alat

sondir terdiri dari konus atau bikonus yang dihubungkan dengan batang dalam penyanggah (*casting*). Kemudian alat sondir ini ditekan kedalam tanah dengan bantuan mesin sondir hidraulik yang digerakkan secara manual (Sihotang, Sulastri. 2009).

Terdapat 2 tipe ujung konus pada sondir mekanis yaitu :

1. Konus biasa, yang diukur adalah perlawanan ujung konus dan biasanya digunakan pada tanah berbutir kasar, dimana besar perlawanan lekatnya kecil.
2. Bikonus, yang diukur adalah perlawanan ujung konus dan hambatan lekatnya yang biasanya digunakan pada tanah yang berbutir halus.

#### **b) Standard Penetrometer Test (SPT)**

Peralatan bor dalam terdiri dari mesin bor merk YBM 001, dilengkapi dua unit mesin pompa merk SANSCHIN C 15. Pengeboran digunakan pipa dengan diameter luar 73 mm dan pipa casing dia 89 mm. Pekerjaan bor sebanyak 1 titik, dimana titik tersebut berlokasi di area tapak pondasi *Flyover*.

Standard Penetration Test dilakukan dengan mengacu pada standard ASTM D-1586. Pengujian ini terdiri dari memancang *split spoon sampler* pada dasar tanah bor pada kedalaman yang dikehendaki. Sebuah *donut hammer* dengan berat 63.50 kg yang dijatuhkan dengan cathead setinggi 75 cm digunakan untuk memukul *split spoon sampler* ke dalam tanah di dasar lubang bor. Jumlah pukulan (*hammer blows*) pada 150 mm kedua dan ketiga dihitung, jumlah pukulan ini disebut dengan *Standard Penetration Resistance*, N, dimana harga N ini sesuai dengan jumlah pukulan (*hammer blows*) per 300 mm penetrasi *split spoon sampler*. *Standard Penetration Test* dilakukan pada setiap kedalaman dengan interval 2.00 meter sampai mencapai kedalaman tanah keras (Meyerhof, G.G., 1976).

#### **c) Sampling**

Sampel tak terganggu diambil pada tanah cohesive dengan interval pengambilan setiap kedalaman 5.00 meter. Pengambilan sampel jenis tersebut

digunakan tabung dengan diameter 76 mm, yang biasa disebut dengan *Shelby tube*.

Tabung tersebut dipertajam pada ujung bawahnya dan ujung atasnya dihubungkan dengan rod bor dan ditekan secara hidrolis ke dalam dasar lubang bor. Apabila diperkirakan tabung telah penuh maka selanjutnya tabung ditarik ke atas dan diberi lapisan paraffin cair pada kedua ujung tabung untuk dianalisis di Laboratorium Mekanika Tanah (SIHITE, AS (2015)).

#### 4) Pekerjaan di Laboratorium Mekanika Tanah

- a) Pengujian sampel tanah di Laboratorium Mekanika Tanah. Pengujian ini dilakukan terhadap sampel terganggu (*disturbed samples*) dan sampel tak terganggu (*undisturbed samples*) tergantung pada jenis pengujiannya.
- b) Melakukan analisa dan rekomendasi yang diperlukan untuk perencanaan deformasi tanah.

Adapun langkah – langkah yang harus dilakukan sebagai berikut :

##### a) Pekerjaan Laboratorium

Pengujian laboratorium dilaksanakan terhadap sampel yang diambil dari lapangan, sampel terganggu (*disturbed sampel*) maupun terhadap sampel tak terganggu sampel (*undisturbed sampel*). Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data-data parameter tanah berupa sifat fisik tanah (*index properties soil*) dan sifat teknik (*engineering properties soil*). Adapun jenis pengujian sampel terganggu yaitu :

- a. Sampel terganggu (*Disturbed Sampel*)

Sampel ini digunakan untuk mencari/ mendapatkan sifat-sifat tanah seperti : klasifikasi tanah, *Specific gravity* (berat jenis) tanah, analisa butiran, dan uji konsistensi tanah (*Atterbeg Limit*).

Sumari hasil pengujian laboratorium diatas disajikan pada **Lampiran**.

#### 3.2.4 Tahap Analisis Data

Laporan hasil penyelidikan tanah sebagai media penyajian hasil penyelidikan tanah berisi informasi mengenai jenis tanah dan analisa pondasi.

Pembuatan laporan dilakukan setelah tahap pekerjaan laboratorium selesai dilaksanakan.

Setelah sampel diambil, dilakukan analisis di laboratorium. Adapun analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut :

**3.2.4.1 Shieve Analysis (Analisis Ayakan)**

Analisis ayakan dilakukan untuk menentukan persebaran ukuran butir halus dan ukuran butir kasar dengan menggunakan ayakan (*Unified Soil Classification System / USCS*).

A. Rumus yang digunakan pada Tabel *Shieve Analysis* untuk Perhitungan Sampel :

No ayakan	Ukuran ayakan (mm)	Berat ayakan $W_s$ (gr)	Berat ayakan + berat tanah yang tertinggal $W_{sr}$ (gr)	Berat tertahan $W_n = W_{sr} - W_s$ (gr)	Persentase $W_n$ $R_n = W_n/W_t$ (%)	Persentase kumulatif $\sum R_n$ (%)	% Finer $100 - \sum R_n$ (%)
-----------	--------------------	-------------------------	--	--	--------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------

$$\sum W_n = W_t - W_1$$

Berat yang hilang selama analisis ayakan =  $[(W_t - W_1)/W_t \times 100 = \%$  (OK jika kecil dari 2%

B. Rumus yang digunakan untuk Perhitungan grafik *sieve analysis* :

- $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots\dots\dots (1)$

- $C_z = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \dots\dots\dots (2)$

- $S_o = \sqrt{\frac{D_{75}}{D_{25}}} \dots\dots\dots (3)$

**3.2.4.2 Atterbeg Limit Test (Batas-Batas Atterbeg)**

*Atterbeg Limit Test* merupakan metode yang digunakan untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi.



### A. *Liquid Limit* ( Batas Cair )

Batas cair adalah kadar airtanah pada batas cair dan batas plastis atau kadar air maksimum dimana tanah memiliki geser minimum yaitu pada ketukan ke 25. Nilai batas cair tanah (LL) dapat dilihat dari besaran kadar air dalam persen yang ditentukan dari 25 pukulan pada pengujian batas cair. Albert Atterbeg (1911) mengajukan suatu persamaan empiris untuk menentukan batas cair.

Adapun rumus dari Kadar Air :

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat contoh kering}} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Semakin banyak jumlah pukulan yang terjadi pada sample maka semakin kecil pula kadar air yang terkandung.

### B. *Plastic Limit* ( Batas Plastis )

Maksud dari pemeriksaan batas plastis ialah untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas plastis. Batas plastis ialah kadar air minimum dimana suatu tanah masih dalam keadaan plastis. Batas ini merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan tanah. Indeks plastisitas merupakan perbedaan antara batas cair ( LL ) dan batas plastis ( PL ), atau Batas plastis dapat ditentukan dengan pengujian yang sederhana dengan cara menggulung sejumlah tanah dengan menggunakan tanah secara berulang menjadi bentuk ellipsoidal dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak – retak ketika digulung (Albert Atterbeg,1911).

Dari pengujian ini dapat ditentukan *Plastic Indeks* ( PI ) :

$$\text{PI} = \text{LL} - \text{PL} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

IP = Indeks Plastis

LL = *Liquid Limit* (Batas Cair)

PL = *Plastic Limit* (Batas Plastis)

### 3.2.4.3 Tahapan Analisis Data Deformasi Tanah dengan perhitungan Perkiraan Penurunan dengan Menggunakan Hasil Uji Sondir dan SPT

#### A. Penurunan Segera / *Immediately Settlement* Menggunakan Hasil Uji Penetrasi Kerucut Statis (Sondir)

Penurunan fondasi pada tanah granuler dapat dihitung dari hasil uji kerucut statis (*static cone penetration test*). De Beer dan Marten (1957) mengusulkan persamaan angka kompresi (  $C$  ) yang dikaitkan dengan persamaan Buismann, sebagai berikut :

$$C = \frac{1.5q_c}{P_o'} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan,

$C$  = angka pemampatan (angka kompresibilitas)

$q_c$  = tahanan kerucut statis (sondir)

$P_o'$  = tekanan *overburden* efektif

Satuan  $q_c$  dan  $P_o'$  harus sama. Nilai  $C$  ini, kemudian disubsitusikan ke dalam persamaan Terzaghi untuk penurunan pada lapisan tanah yang ditinjau, yaitu :

$$S_i = \frac{H}{C} \ln \frac{P_o' + \Delta p}{P_o'} \dots\dots\dots (7)$$

Dengan,

$S_i$  = penurunan akhir (cm) dari lapisan setebal  $H$

$P_o'$  = tekanan *overburden* efektif awal, yaitu tegangan efektif sebelum beban bekerja

$\Delta p$  = tambahan tegangan vertical di tengah tengah lapisan oleh tegangan akibat beban fondasi neto

## B. Penurunan Segera / *Immediately Settlement* Menggunakan Hasil Uji SPT

Bowles (1996) menyatakan analisa penurunan segera dilakukan pada jenis tanah yang mempunyai koef. Permeabilitas  $> 10^{-3}$  m/detik, pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus kering atau tidak jenuh.

Penurunan Segera dapat ditentukan nilainya dengan menggunakan perumusan Bowles (1977) sebagai berikut :

$$S_i = \frac{2.5q}{10 \times N} \text{ untuk } B \leq 1.2\text{m} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan,

$S_i$  = Penurunan segera dalam  $\text{kg/cm}^2$

$q$  = Intensitas beban yang diterapkan dalam  $\text{ton/ft}^2$  atau  $\text{kg/cm}^2$

$B$  = lebar fondasi dalam inci

$N$  = Jumlah pukulan pada uji SPT

### 3.2.5 Tahap Interpretasi

Kegiatan perencanaan pembangunan *Flyover* dilakukan di kota Pekanbaru di Simpang Mall SKA, Jl. Tuanku Tambusai – Jalan Soekarno-Hatta. Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah sample tanah dilapangan yang diambil lalu di uji di laboratorium, sehingga bisa diinterpretasikan bagaimana kondisi dan situasi bawah tanah tersebut.

Ada dua analisis laboratorium yang dilakukan seperti : a) analisis ayakan (*shieve analisis*) yang bisa digunakan untuk interprtasi ukuran butir dari litologi-litologi yang ada pada BH-01 tersebut, b) analisis *atterbeg limit* yang bisa digunakan untuk interpretasi litologi yang memiliki batas cair dan batas plastis, berguna untuk menentukan konsistensi dan ketahanan lapisan tanah tersebut.

Selanjutnya analisis perhitungan perkiraan penurunan yang akan terjadi apabila diberikan beban diatas lapisan tersebut. Ada tiga analisis yang dilakukan, diantaranya adalah dua analisis perhitungan teoritis dan satu perhitungan software.

Perhitungan teoritis diantaranya adalah : a) analisis uji sondir yang bisa digunakan untuk interpretasi perhitungan hasil-hasil penurunan yang didapatkan, dan mengetahui seberapa besar terjadi penurunan pada litologi-litologi tersebut berdasarkan data sondir dan rumus yang dikemukakan oleh De Beer dan Marten (1957), b) analisis uji SPT yang bisa digunakan untuk interpretasi perhitungan hasil-hasil penurunan yang didapatkan, dan mengetahui seberapa besar terjadi penurunan pada litologi-litologi tersebut berdasarkan data SPT dan rumus yang dikemukakan oleh Bowles (1977).

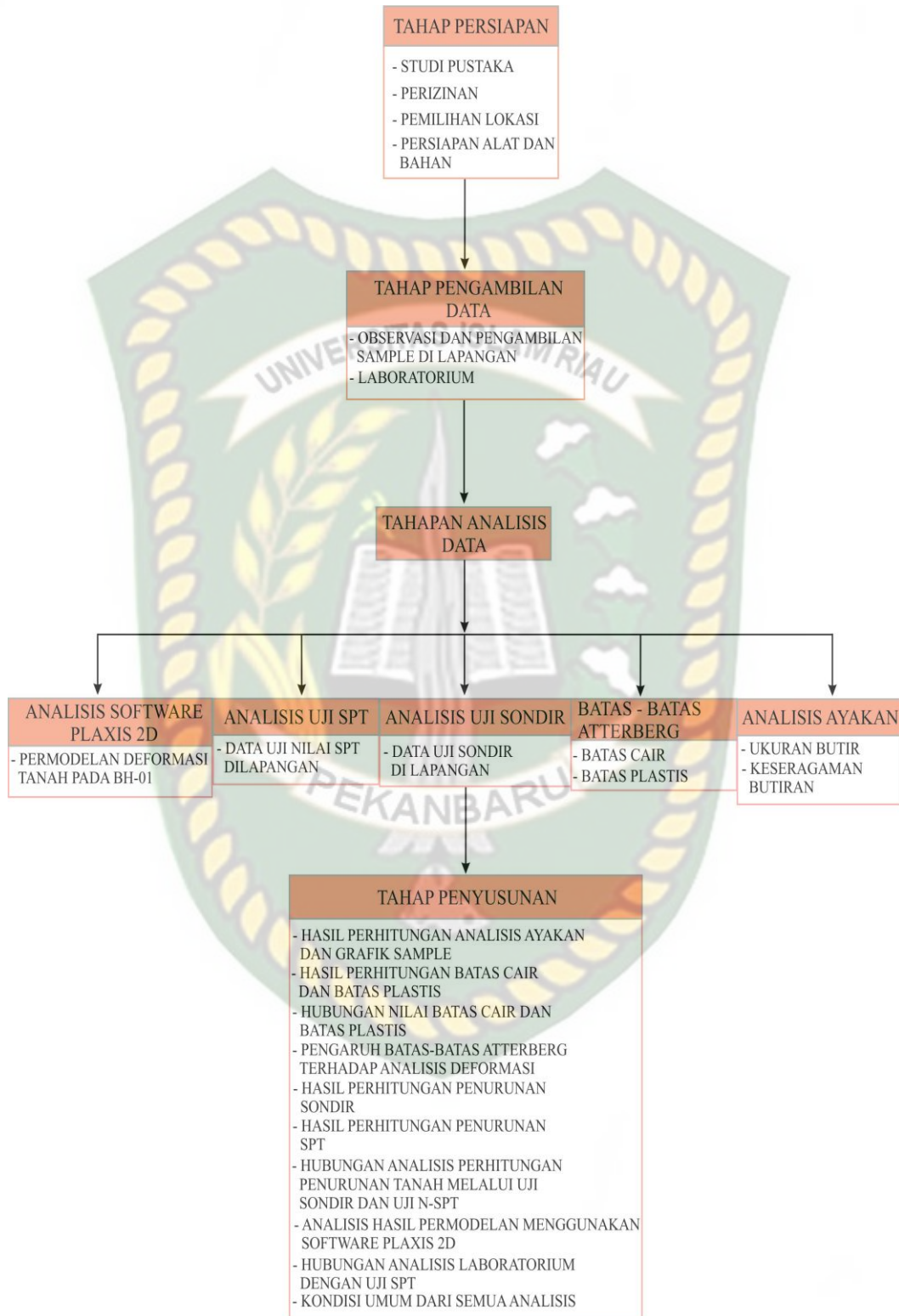
Selanjutnya ialah analisis perhitungan software dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, yang berguna sebagai permodelan pada lapisan BH-01 dan mengetahui seberapa besar terjadi deformasi tanah apabila diberikan suatu beban diatas lapisan tersebut. Maka dari semua analisis yang dilakukan didapatkanlah hasil akhirnya ialah apakah tanah pada lapisan BH-01 tersebut akan mengalami deformasi yang relative kecil atau relative besar.

### 3.2.6 Tahap Pengumpulan Laporan

Setelah semua data dianalisis dan diinterpretasikan, seperti data lapangan dan data laboratorium, maka bisa ditarik kesimpulan dari semua analisa tersebut untuk mengetahui seberapa besar deformasi tanah yang terjadi, sehingga analisis dan interpretasi tersebut bisa disajikan dalam bentuk tulisan karya ilmiah.



**DIAGRAM ALIR PENELITIAN**



**Gambar 3.3** Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

## HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Hasil Analisa Laboratorium

Pada sub-bab ini dilakukan analisis laboratorium yaitu analisis ayakan dan analisis *atterbeg limit*. Analisis ayakan dilakukan untuk penentuan distribusi ukuran butir. Selanjutnya dilakukan juga analisis terhadap sifat-sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi yang disebut dengan analisis *atterbeg limit*.

4.1.1 Analisis Ayakan (*Shieve Analysis*)

Tabel 4.1 – 4.3 menunjukkan hasil pengujian analisis ayakan yang telah dilakukan dari sampel tanah yang telah diuji untuk menentukan keseragaman dan ukuran butir tanah tersebut. Terdapat 3 kedalaman yang dianalisis, diantaranya yaitu kedalaman 14,40-15,00 m, 24,50-25,00 m dan 34,50-35,00 m yang berlitologi pasir.

Tabel 4.1 Pengujian Sieve Analysis dan Grafik Sampel

ANALISA AYAKAN					
Proyek : Pembangunan Flyover Simpang SKA			Bor No : 01		
Lokasi : Simpang SKA, Pekanbaru			Kedalaman : 14,50 - 15,00 m		
Deskripsi Tanah : Pasir					
Klien : Ciptamarga, Semangat KSO					
Tanggal : 13 Februari 2019					
ANALISA GRADASI - METODE MEKANIK					
Berat Tanah = 498,63 gram					
Ayakan	f (mm)	Berat Tertahan Gram	% Tertahan	% Lolos	
1	25,00	0,00	0,00	100,00	
1/2	12,50	0,00	0,00	100,00	
3/8	9,50	0,00	0,00	100,00	
4	4,750	0,00	0,00	100,00	
10	2,000	0,00	0,00	100,00	
20	0,050	12,38	2,48	97,52	
40	0,425	97,58	19,57	77,95	
60	0,250	145,12	29,10	48,84	
100	0,150	179,69	36,04	12,81	
200	0,075	56,68	11,36	1,44	
pan	0,001	7,20	1,44	0,00	
Proportion					
Clay + Silt	1,44 %	Gravel	0,00 %	Liquid Larut, LL	- %
		Sand	98,56 %	Plastis Larut, PL	- %
				Plasticity Index, PI	- %
Pass 4	100,00 %	D10	0,13 mm		
Pass 10	100,00 %	D15	0,15 mm	Cu	2,39
Pass 100	12,81 %	D30	0,19 mm	Cz	0,90
Pass 200	1,44 %	D60	0,31 mm	So	1,50

**Analisa Gradasi Butiran :**

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 10% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical kearah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.13 mm . Ini berarti  $D_{10} = 0.13$  mm.

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 15% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical kearah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.15 mm . Ini berarti  $D_{15} = 0.15$  mm.

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 30% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical kearah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.19 mm . Ini berarti  $D_{30} = 0.19$  mm.

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 60% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical kearah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.31 mm . Ini berarti  $D_{60} = 0.31$  mm.

Standard  $C_u > 4$  dan  $C_z$  antara 1,0 sampai 3,0, namun pada analisis yang dilakukan, hasil yang didapat  $C_u < 4$  yaitu 2,39 dan  $C_z < 1$  yaitu 0,90, ini mungkin dikarenakan pada saat pengayakan tanah tidak sempurna karena masih ada material – material yang belum sepenuhnya terayakan sehingga hasil pengukuran tanah pada masing-masing *screen* dengan *sieve size* yang berbeda akan berpengaruh pada berat tanah. Maka tanah bergradasi Buruk.

Dari hasil pengujian gradasi yang dilakukan dengan analisa ayakan diperoleh hasil tanah tersebut kurang dari 50 % lolos saringan No. 200 yaitu 1,44 %. Tanah tersebut merupakan tanah Berbutir Kasar. Hal ini menunjukkan persentase butiran kasarnya cukup dominan. Menurut Sistem *Unified (Unified Soil Classification System / USCS)* tanah ini termasuk dalam jenis tanah pasir. (Data bisa dilihat pada Tabel 4.1)



Tabel 4.2 Pengujian Sieve Analysis dan Grafik Sampel

ANALISA AYAKAN									
Proyek : Pembangunan Flyover Simpang SKA Lokasi : Simpang SKA, Pekanbaru Deskripsi Tanah : Pasir Klien : Ciptamarga, Semangat KSO Tanggal : 13 Februari 2019		Bor No : 01 Kedalaman : 24,50 - 25,00 m							
ANALISA GRADASI - METODE MEKANIK									
Berat Tanah = 499,41 gram									
Ayakan	f (mm)	Berat Tertahan Gram	% Tertahan	% Lolos	Gravel	Sand	Liquid Larut, LL	Plastic Larut, PL	Plasticity Index, PI
1	25,00	0,00	0,00	100,00			0,00 %	- %	- %
1/2	12,50	0,00	0,00	100,00					
3/8	9,50	0,00	0,00	100,00					
4	4,750	0,00	0,00	100,00					
10	2,000	0,00	0,00	100,00					
20	0,850	102,40	20,50	79,50					
40	0,425	257,84	51,63	27,87					
60	0,250	111,83	22,39	5,47					
100	0,150	18,80	3,76	1,71					
200	0,075	7,08	1,42	0,29					
pan	0,001	1,46	0,29	0,00					
Proportion									
Clay + Silt		0,29 %	Gravel	0,00 %					
			Sand	99,71 %					
Pass 4	100,00 %		D10	0,28 mm					
Pass 10	100,00 %		D15	0,31 mm	Cu	2,33			
Pass 100	1,71 %		D30	0,44 mm	Cz	1,06			
Pass 200	0,29 %		D60	0,65 mm	So	1,40			



**Analisa Gradasi Butiran :**

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 10% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical ke arah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.28 mm . Ini berarti  $D_{10} = 0.28$  mm.

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 15% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical ke arah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.31 mm . Ini berarti  $D_{15} = 0.31$  mm.

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 30% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical ke arah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.44 mm . Ini berarti  $D_{30} = 0.44$  mm.

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 60% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical ke arah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.65 mm . Ini berarti  $D_{60} = 0.65$  mm.

Standard  $C_u > 4$  dan  $C_z$  antara 1,0 sampai 3,0, namun pada analisis yang dilakukan, hasil yang didapat  $C_u < 4$  yaitu 2,33 dan  $C_z$  antara 1,0 sampai 3,0 yaitu 1,06, ini mungkin dikarenakan pada saat pengayakan tanah tidak sempurna karena masih ada material – material yang belum sepenuhnya terayakan sehingga hasil pengukuran tanah pada masing-masing *screen* dengan *sieve size* yang berbeda akan berpengaruh pada berat tanah. Maka tanah bergradasi Buruk.

Dari hasil pengujian gradasi yang dilakukan dengan analisa ayakan diperoleh hasil tanah tersebut kurang dari 50 % lolos saringan No. 200 yaitu 0,29 %. Tanah tersebut merupakan tanah Berbutir Kasar. Hal ini menunjukkan persentase butiran kasarnya cukup dominan. Menurut Sistem *Unified (Unified Soil Classification System / USCS )* tanah ini termasuk dalam jenis tanah pasir (Data bisa dilihat pada Tabel 4.2)

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

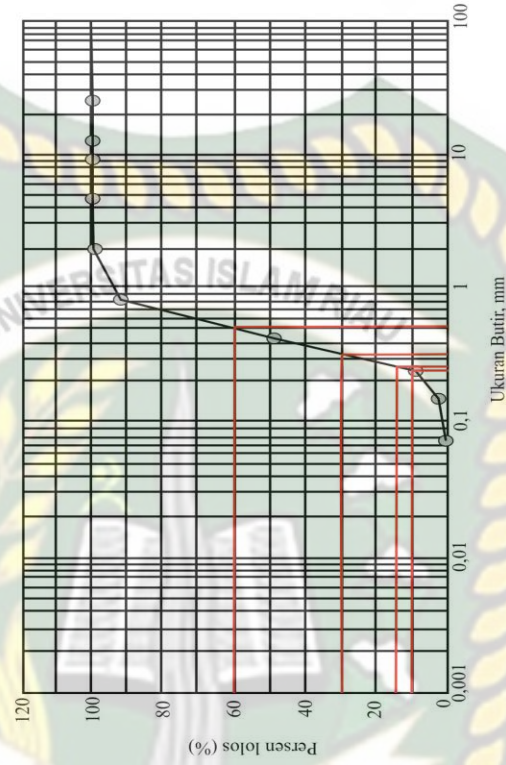
ANALISA AYAKAN

Proyek : Pembangunan Flyover Simpang SKA  
 Lokasi : Simpang SKA, Pekanbaru  
 Deskripsi Tanah : Pasir  
 Klien : Ciptamarga, Semangat KSO  
 Tanggal : 13 Februari 2019  
 Bor No : 01  
 Kedalaman : 34,50 - 35,00 m

ANALISA GRADASI - METODE MEKANIK

Berat Tanah = 499,50 gram

Ayakan	f (mm)	Berat Tertahan Gram	% Tertahan	% Lolos
1	25,00	0,00	0,00	100,00
1/2	12,50	0,00	0,00	100,00
3/8	9,50	0,00	0,00	100,00
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	100,00
20	0,050	43,39	8,69	91,31
40	0,425	216,09	43,42	47,89
60	0,250	195,42	39,12	8,77
100	0,150	34,37	6,88	1,89
200	0,075	0,17	1,64	0,25
pan	0,001	1,26	0,25	0,00



Proportion

Clay + Silt	0,25 %	Gravel	0,00 %	Liquid Limit, LL	- %
		Sand	99,75 %	Plastic Limit, PL	- %
				Plasticity Index, PI	- %
Pass 4	100,00 %	D10	0,25 mm		
Pass 10	100,00 %	D15	0,27 mm	Cu	2,08
Pass 100	1,89 %	D30	0,33 mm	Cz	0,84
Pass 200	0,25 %	D60	0,52 mm	So	1,47

**Analisa Gradasi Butiran :**

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 10% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical ke arah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.25 mm . Ini berarti  $D_{10} = 0.25$  mm.

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 15% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical ke arah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.27 mm . Ini berarti  $D_{15} = 0.27$  mm.

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 30% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical ke arah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.33 mm . Ini berarti  $D_{30} = 0.33$  mm.

Pada sumbu vertical (persen lolos) di plot angka 60% dan ditarik garis horizontal yang memotong grafik tipe tanah Well graded tersebut. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertical ke arah sumbu horizontal (Diameter butir dalam mm) dan ternyata didapat angka 0.52 mm . Ini berarti  $D_{60} = 0.52$  mm.

Standard  $C_u > 4$  dan  $C_z$  antara 1,0 sampai 3,0, namun pada analisis yang dilakukan, hasil yang didapat  $C_u < 4$  yaitu 2,08 dan  $C_z < 1,0$  yaitu 0,84, ini mungkin dikarenakan pada saat pengayakan tanah tidak sempurna karena masih ada material – material yang belum sepenuhnya terayakan sehingga hasil pengukuran tanah pada masing-masing *screen* dengan *sieve size* yang berbeda akan berpengaruh pada berat tanah. Maka tanah bergradasi Buruk.

Dari hasil pengujian gradasi yang dilakukan dengan analisa ayakan diperoleh hasil tanah tersebut kurang dari 50 % lolos saringan No. 200 yaitu 0,25 %. Tanah tersebut merupakan tanah Berbutir Kasar. Hal ini menunjukkan persentase butiran kasarnya cukup dominan. Menurut Sistem *Unified (Unified Soil Classification System / USC S )* tanah ini termasuk dalam jenis tanah pasir (Data bisa dilihat pada Tabel 4.3).



**Tabel 4.4** Data Hasil Perhitungan Cu dan Cz Tanah kedalaman 14,50-15,00, 24,50-25,00, 34,50-35,00 m pada BH-01.

Kedalaman Tanah (m)	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	Cu	Cz	Kesimpulan
14,50-15,00	0,13	0,19	0,31	2,39	0,90	Bergradasi Buruk
24,50-25,00	0,28	0,44	0,65	2,33	1,06	Bergradasi Buruk
34,50-35,00	0,25	0,33	0,52	2,08	0,84	Bergradasi Buruk

#### 4.1.2 Analisis Atterberg Limit

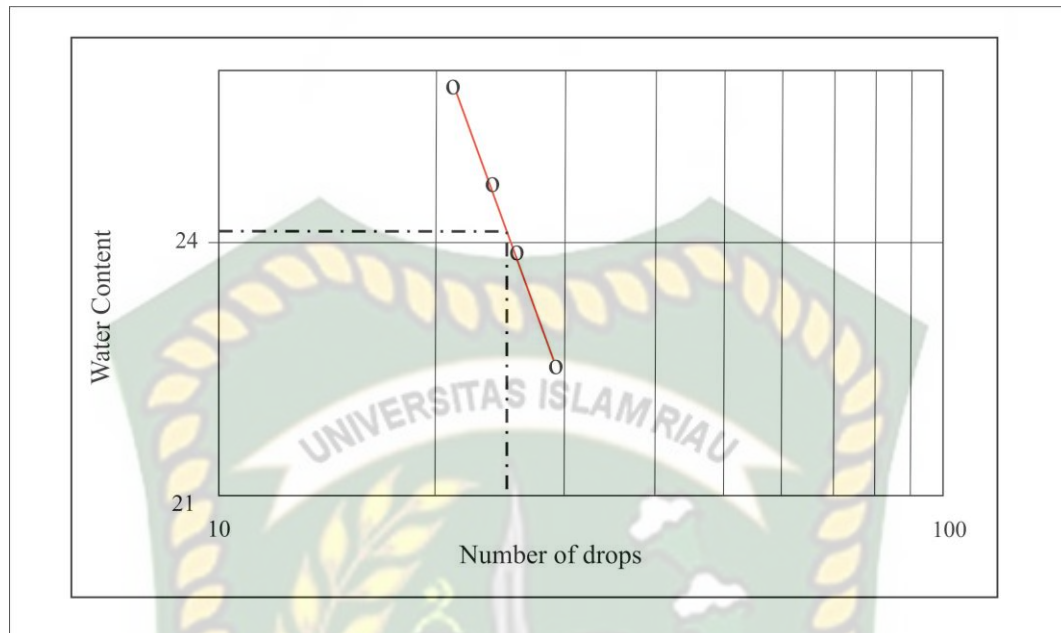
##### 4.1.2.1 Liquid Limit (Batas Cair)

Tabel 4.4 – 4.7 menunjukkan hasil pengujian analisis batas cair yang telah dilakukan dari sampel tanah yang telah diuji untuk menentukan kadar airtanah pada batas cair dan batas plastis atau kadar air maksimum dimana tanah memiliki geser minimum yaitu pada ketukan ke 25.

**Tabel 4.5** Data Hasil Perhitungan Batas Cair Bore Hole 1, kedalaman 4,5 – 5 m

Atterberg Limit					
Proyek	: Pembangunan Flyover Simpang SKA	Bor No.	: 01		
Lokasi	: Simpang SKA Pekanbaru	Kedalaman	: 4.50 – 5.00		
Deskripsi Tanah:	Lempung Berpasir	Tanggal	: 13 Februari 2019		
Klien	: Ciptamarga – Semangat KSO				
A. Uji Batas Cair					
Nomor cawan		1	2	3	4
Berat Cawan	Gram	4,04	4,02	4,07	4,06
Berat Cawan + Sampel Basah	Gram	25,79	27,79	24,07	24,28
Berat Cawan + Sampel Kering	Gram	21,33	23,09	20,22	20,56
Berat Contoh Basah	Gram	21,73	23,77	20,00	20,22
Berat Contoh Kering	Gram	17,29	19,07	16,15	16,50
Berat Air	Gram	4,46	4,70	3,83	3,72
Kadar Air	Gram	25,80	24,65	23,84	22,55
Banyak Pukulan	Pukulan	21	24	26	29





**Gambar 4.1** Grafik Pengujian Batas Cair

#### **Pembahasan Penelitian Pada Titik Bor 1 Kedalaman 4.50 – 5.00**

Dari hasil analisis liquid limit yang telah dilakukan di dapatkan nilai kadar air yang berbeda-beda dimana :

- Cawan 1(P1) Kadar air 25,80% jumlah pukulan 21 kali < 25 pukulan, yang menandakan memiliki batas cair yang ideal. Nilai kadar air tersebut didapatkan dari perhitungan rumus kadar air yaitu berat air dibagi berat contoh kering kali 100%. ( Hasil bisa dilihat pada Tabel 4.4 )
- Cawan 2(P2) Kadar air 24,65%, jumlah pukulan 24 kali < 25 pukulan, yang menandakan memiliki batas cair yang ideal Nilai kadar air tersebut didapatkan dari perhitungan rumus kadar air yaitu berat air dibagi berat contoh kering kali 100%. ( Hasil bisa dilihat pada Tabel 4.4 )
- Cawan 3 (P3) Kadar air 23,84%, jumlah pukulan 26 kali > 25 pukulan, yang menandakan memiliki batas cair yang sedikit. Nilai kadar air tersebut didapatkan dari perhitungan rumus kadar air yaitu berat air dibagi berat contoh kering kali 100%. ( Hasil bisa dilihat pada Tabel 4.4 )

- d. Cawan 4 (P4) Kadar air 22,55%, jumlah pukulan 29 kali > 25 pukulan, yang menandakan memiliki batas cair yang sedikit. Nilai kadar air tersebut didapatkan dari perhitungan rumus kadar air yaitu berat air dibagi berat contoh kering kali 100%. ( Hasil bisa dilihat pada Tabel 4.4 )

**Tabel 4.6** Data Hasil Perhitungan Batas Cair Bore Hole 1, kedalaman 14,5 – 15 m

Atterberg Limit					
Proyek	: Pembangunan Flyover Simpang SKA	Bor No.	: 01		
Lokasi	: Simpang SKA Pekanbaru	Kedalaman	: 14.50 – 15.00		
Deskripsi Tanah	: Pasir	Tanggal	: 13 Februari 2019		
Klien	: Ciptamarga – Semangat KSO				
A. Uji Batas Cair					
Nomor Cawan		1	2	3	4
Berat Cawan	Gram	<b>Non Plastis</b>			
Berat Cawan + Sampel Basah	Gram				
Berat Cawan + Berat Kering	Gram				
Berat Contoh Basah	Gram				
Berat Contoh Kering	Gram				
Berat Air	Gram				
Kadar Air	Gram				
Banyak Pukulan	Pukulan				

#### **Pembahasan Penelitian Pada Titik Bor 1 Kedalaman 14.50 – 15.00**

Pada Kedalaman 14.50 – 15.00 tidak dilakukan analisis, karena pada lapisan ini, terdapat litologi pasir, yang memiliki sifat non plastis. Litologi pasir bersifat non plastis karena Pasir tidak kompak dan susunan partikelnya tidak padat, sehingga Pasir tidak mampu menahan tarikan (kohesif) antar partikel dan tidak bisa menyerap air, sehingga tidak bisa dipisahkan dalam keadaan padat, semi padat, plastis dan cair.

**Tabel 4.7** Data Hasil Perhitungan Batas Cair Bore Hole 1, kedalaman 24,5 – 25 m

Atterberg Limit					
Proyek	: Pembangunan Flyover Simpang SKA	Bor No.	: 01		
Lokasi	: Simpang SKA Pekanbaru	Kedalaman	: 24.50 – 25.00		
Deskripsi Tanah	: Pasir	Tanggal	: 13 Februari 2019		
Klien	: Ciptamarga – Semangat KSO				
A. Uji Batas Cair					
Nomor Cawan		1	2	3	4
Berat Cawan	Gram	<b>Non Plastis</b>			
Berat Cawan + Sampel Basah	Gram				
Berat Cawan + Berat Kering	Gram				
Berat Contoh Basah	Gram				
Berat Contoh Kering	Gram				
Berat Air	Gram				
Kadar Air	Gram				
Banyak Pukulan	Pukulan				

#### **Pembahasan Penelitian Pada Titik Bor 1 Kedalaman 24.50 – 25.00**

Pada Kedalaman 24.50 – 25.00 tidak dilakukan analisis, karena pada lapisan ini, terdapat litologi pasir, yang memiliki sifat non plastis. Litologi pasir bersifat non plastis karena Pasir tidak kompak dan susunan partikelnya tidak padat, sehingga Pasir tidak mampu menahan tarikan (kohesif) antar partikel dan tidak bisa menyerap air, sehingga tidak bisa dipisahkan dalam keadaan padat, semi padat, plastis dan cair.

**Tabel 4.8** Data Hasil Perhitungan Batas Cair Bore Hole 1, kedalaman 34,5 – 35 m

Atterberg Limit					
Proyek	: Pembangunan Flyover Simpang SKA	Bor No.	: 01		
Lokasi	: Simpang SKA Pekanbaru	Kedalaman	: 34.50 – 35.00		
Deskripsi Tanah	: Pasir	Tanggal	: 13 Februari 2019		
Klien	: Ciptamarga – Semangat KSO				
A. Uji Batas Cair					
Nomor Cawan		1	2	3	4
Berat Cawan	Gram	<b>Non Plastis</b>			
Berat Cawan + Sampel Basah	Gram				
Berat Cawan + Berat Kering	Gram				
Berat Contoh Basah	Gram				
Berat Contoh Kering	Gram				
Berat Air	Gram				
Kadar Air	Gram				
Banyak Pukulan	Pukulan				

#### **Pembahasan Penelitian Pada Titik Bor 1 Kedalaman 34.50 – 35.00**

Pada Kedalaman 34.50 – 35.00 tidak dilakukan analisis, karena pada lapisan ini, terdapat litologi pasir, yang memiliki sifat non plastis. Litologi pasir bersifat non plastis karena Pasir tidak kompak dan susunan partikelnya tidak padat, sehingga Pasir tidak mampu menahan tarikan (kohesif) antar partikel dan tidak bisa menyerap air, sehingga tidak bisa dipisahkan dalam keadaan padat, semi padat, plastis dan cair.

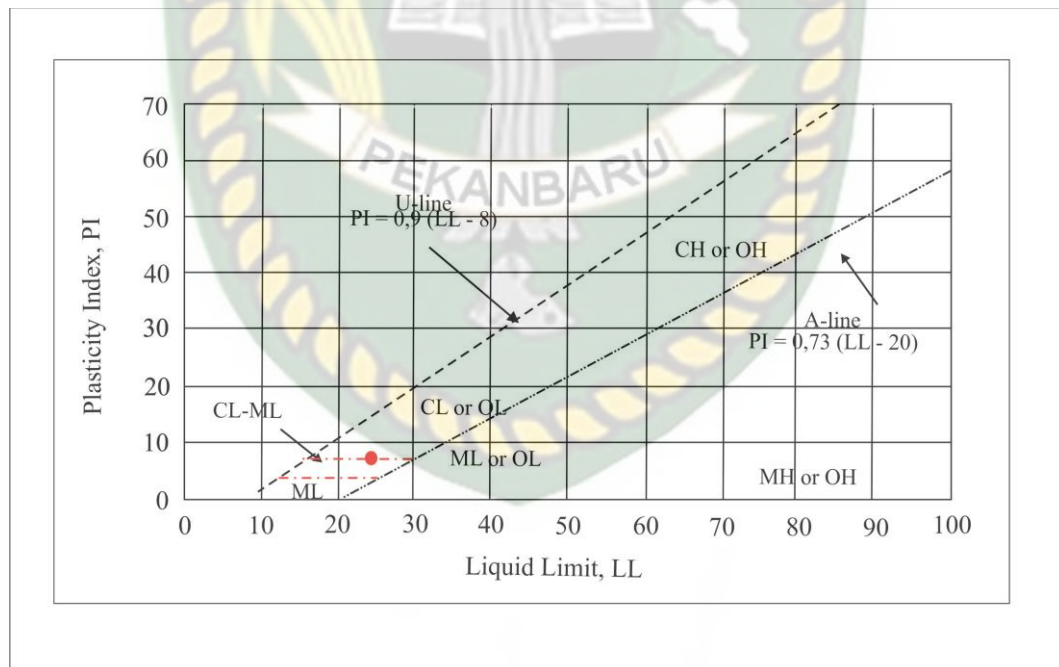
#### **4.1.2.2 Plastic Limit (Batas Plastis)**

Tabel 4.8 – 4.11 menunjukkan hasil pengujian analisis batas plastis yang telah dilakukan dari sampel tanah yang telah diuji untuk menentukan batas antara tanah dengan keadaan semi plastis dan tanah dengan keadaan plastis, yaitu % kadar air contoh tanah, yang mana tanah mulai retak – retak.



**Tabel 4.9** Pengujian Batas Plastis Bore Hole 1, kedalaman 4,5 – 5 m

Atterberg Limit				
Proyek	: Pembangunan Flyover Simpang SKA	Bor No.	: 01	
Lokasi	: Simpang SKA Pekanbaru	Kedalaman	: 4.50 – 5.00	
Deskripsi Tanah	: Lempung Berpasir	Tanggal	: 13 Februari 2019	
Klien	: Ciptamarga – Semangat KSO			
B. Uji Batas Cair				
Nomor Cawan		1	2	3
Berat Cawan	Gram	4,2	4,3	4,2
Berat Cawan + Sampel Basah	Gram	21,9	22,0	21,9
Berat Cawan + Sampel Kering	Gram	19,4	19,4	19,4
Berat Contoh Basah	Gram	17,7	17,7	17,7
Berat Contoh Kering	Gram	15,2	15,2	15,2
Berat Air	Gram	2,5	2,5	2,5
Kadar Air	%	16,7	16,7	16,7
Plastic Limit, PL			16,7	



**Gambar 4.2** Grafik Pengujian Batas Plastis

Liquid limit (LL)	24,21 %
Plastic Limit (PL)	16,7 %
Plasticity index (PI)	7,5 %

### Pembahasan Penelitian Pada Titik Bor 1 Kedalaman 4.50 – 5.00

Dari diagram batas cair dan batas plastis di peroleh rentan tanah sampel berkisar antara ML dan CL, yang menandakan bahwasannya sampel terdiri dari lanau dan lempung yang memiliki kadar air (LL) < 50. ML menandakan lanau inorganic dan pasir sangat halus atau pasir halus berlanau atau berlempung terdiri dari batuan asal awal lanau dan lempung. Sampel tanah ini memiliki kadar lanau dan lempung dengan plastisitas tinggi. CL menandakan Lempung inorganic dengan plastisitas rendah hingga sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (*clean clays*). Dari *indeks plasticity* berkisar antara 9,1 – 7,14 berdasarkan parameter atterberg limit menurut Atterberg dan USCS, jika nilai > 7 menandakan tanah berasal dari lanau dan lempung dengan plastisitas Sedang.

**Tabel 4.10** Pengujian Batas Plastis Bore Hole 1, kedalaman 14,5 – 15 m

Atterberg Limit				
Proyek	: Pembangunan Flyover Simpang SKA	Bor No.	: 01	
Lokasi	: Simpang SKA Pekanbaru	Kedalaman	: 14.50 – 15.00	
Deskripsi Tanah:	Pasir	Tanggal	: 13 Februari 2019	
Klien	: Ciptamarga – Semangat KSO			
B. Uji Batas Cair				
Nomor Cawan		1	2	3
Berat Cawan	Gram	<b>Non Plastis</b>		
Berat Cawan + Sampel Basah	Gram			
Berat Cawan + Sampel Kering	Gram			
Berat Contoh Basah	Gram			
Berat Contoh Kering	Gram			
Berat Air	Gram			
Kadar Air	%			
Plastic Limit, PL				

### Pembahasan Penelitian Pada Titik Bor 1 Kedalaman 14.50 – 15.00

Pada Kedalaman 14.50 – 15.00 tidak dilakukan analisis, karena pada lapisan ini, terdapat litologi pasir, yang memiliki sifat non plastis. Litologi pasir bersifat

non plastis karena Pasir tidak kompak dan susunan partikelnya tidak padat, sehingga Pasir tidak mampu menahan tarikan (kohesif) antar partikel dan tidak bisa menyerap air, sehingga tidak bisa dipisahkan dalam keadaan padat, semi padat, plastis dan cair.

**Tabel 4.11** Pengujian Batas Plastis Bore Hole 1, kedalaman 24,5 – 25 m

Atterberg Limit				
Proyek	: Pembangunan Flyover Simpang SKA	Bor No.	: 01	
Lokasi	: Simpang SKA Pekanbaru	Kedalaman	: 24.50 – 25.00	
Deskripsi Tanah:	Pasir	Tanggal	: 13 Februari 2019	
Klien	: Ciptamarga – Semangat KSO			
B. Uji Batas Cair				
Nomor Cawan		1	2	3
Berat Cawan	Gram	<b>Non Plastis</b>		
Berat Cawan + Sampel Basah	Gram			
Berat Cawan + Sampel Kering	Gram			
Berat Contoh Basah	Gram			
Berat Contoh Kering	Gram			
Berat Air	Gram			
Kadar Air	%			
Plastic Limit, PL				

#### **Pembahasan Penelitian Pada Titik Bor 1 Kedalaman 24.50 – 25.00**

Pada Kedalaman 24.50 – 25.00 tidak dilakukan analisis, karena pada lapisan ini, terdapat litologi pasir, yang memiliki sifat non plastis. Litologi pasir bersifat non plastis karena Pasir tidak kompak dan susunan partikelnya tidak padat, sehingga Pasir tidak mampu menahan tarikan (kohesif) antar partikel dan tidak bisa menyerap air, sehingga tidak bisa dipisahkan dalam keadaan padat, semi padat, plastis dan cair.

**Tabel 4.12** Pengujian Batas Plastis Bore Hole 1, kedalaman 34,5 – 35 m

Atterberg Limit				
Proyek : Pembangunan Flyover Simpang SKA	Bor No. : 01			
Lokasi : Simpang SKA Pekanbaru	Kedalaman : 34.50 – 35.00			
Deskripsi Tanah: Pasir	Tanggal : 13 Februari 2019			
Klien : Ciptamarga – Semangat KSO				
B. Uji Batas Cair				
Nomor Cawan		1	2	3
Berat Cawan	Gram	<b>Non Plastis</b>		
Berat Cawan + Sampel Basah	Gram			
Berat Cawan + Sampel Kering	Gram			
Berat Contoh Basah	Gram			
Berat Contoh Kering	Gram			
Berat Air	Gram			
Kadar Air	%			
Plastic Limit, PL				

#### **Pembahasan Penelitian Pada Titik Bor 1 Kedalaman 34.50 – 35.00**

Pada Kedalaman 34.50 – 35.00 tidak dilakukan analisis, karena pada lapisan ini, terdapat litologi pasir, yang memiliki sifat non plastis. Litologi pasir bersifat non plastis karena Pasir tidak kompak dan susunan partikelnya tidak padat, sehingga Pasir tidak mampu menahan tarikan (kohesif) antar partikel dan tidak bisa menyerap air, sehingga tidak bisa dipisahkan dalam keadaan padat, semi padat, plastis dan cair.

#### **4.1.3 Hubungan Nilai Batas Cair dan Batas Plastis**

Sampel tanah diambil pada kedalaman 5 meter, 15 meter, 25 meter dan 35 meter. Tipe tanah pada kedalaman 5 meter merupakan tanah berbutir halus, cenderung mempunyai plastisitas rendah hingga sedang, jenis CL. Karena lapisan tanah tersebut didominasi tanah berbutir halus, maka kuat geser tanah ditentukan oleh kadar air tanah asli terhadap *atterbeg limit* tanah tersebut. Apabila kadar air asli (w%) mendekati nilai batas plastis (PL) maka dapat dikategorikan tanah yang mempunyai konsistensi menengah sampai kaku. Namun apabila nilai kadar air



asli mendekati nilai batas cair (LL) maka dapat dikategorikan tanah yang mempunyai konsistensi lunak (*soft soil*).

Lapisan tanah BH-01 pada kedalaman 5 meter secara umum kadar air sampel <25%, sedangkan nilai LL antara (20-24%), sehingga dapat dikategorikan lapisan tanah tersebut mempunyai konsistensi lunak (*soft soil*).

Pada titik BH-01 sampel kedalaman 5 meter merupakan tanah berbutir halus, sedangkan pada kedalaman 15 meter, 25 meter, dan 35 meter merupakan tanah berbutir kasar.

#### 4.1.4 Pengaruh Batas – batas Atterbeg terhadap analisa Deformasi

Pada analisis ini, terbagi menjadi 2, yaitu *Liquid limit* dan *Plastic limit* yang masing – masing ada 4 kedalaman sampel yang diambil, yaitu pada kedalaman 4,50 – 5,00 m dengan litologi Lempung Berpasir, kedalaman 14,50 – 15,00 m dengan litologi Pasir, kedalaman 24,50 – 25,00 m dengan litologi Pasir, dan kedalaman 34,5 – 35,00 m dengan litologi pasir, namun hanya 1 sampel yang di analisis, karena litologi yang bisa di analisis pada metode ini adalah yang bersifat plastis dengan litologi Lempung berpasir, yaitu pada kedalaman 4,50 – 5,00 m . Sedangkan pada 3 kedalaman lainnya berlitologi pasir, sehingga tidak bisa dilakukan analisis karena litologi tersebut bersifat non plastis.

Dari hasil yang didapatkan pada metode ini tanah berasal dari lanau dan lempung dengan plastisitas sedang, berdasarkan parameter *atterbeg limit* menurut Atterberg dan USCS. Dengan hasil yang didapatkan dari hubungan *liquid limit* dan *plastic limit*, pada kedalaman 4,50 – 5,00 m kemungkinan bisa mempengaruhi terjadinya Deformasi, karena dari analisis *atterbeg limit*, tanah pada lapisan ini merupakan tanah yang berbutir halus dan mempunyai konsistensi lunak (*soft soil*), sedangkan pada kedalaman 15 meter, 25 meter, 35 meter merupakan tanah berbutir kasar, karena sudah berada pada Tanah Pasir dengan konsistensi Padat sampai sangat Padat, sehingga untuk kemungkinan besar tidak terjadi Deformasi yang relative besar.

## 4.2 Analisis Deformasi Tanah Pada Titik Bor 1 pada *Flyover* Simpang SKA

Pada sub-bab ini dilakukan analisis deformasi tanah dengan hasil penurunan segera menggunakan data uji Sondir dan SPT dan dengan menggunakan aplikasi software *plaxis 2D*. Analisis uji Sondir, SPT, dan software *plaxis 2D* digunakan untuk interpretasi stratigrafi tanah pada BH-01 yang akan diteliti untuk kemungkinan terjadinya deformasi tanah. Selanjutnya aplikasi *plaxis 2D*, digunakan juga untuk memodelkan hasil deformasi tanah yang terjadi.

### 4.2.1 Analisis Hasil Perhitungan Menggunakan Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera dengan Menggunakan Hasil Uji Sondir dan Uji SPT

Setelah dilakukan perhitungan dengan data Sondir dan SPT, maka didapatkan hasil – hasil penurunan per-litologi pada BH-01 yang bisa diinterpretasikan untuk kemungkinan terjadinya deformasi tanah, berdasarkan dengan klasifikasi tanah yang digunakan untuk menentukan konsistensi dan kepadatan tanah tersebut.

#### 4.2.1.1 *Static Cone Penetration Test* (Sondir)

**Tabel 4.13** Tingkat konsistensi tanah dari sondir (Terzaghi dan Peck, 1948)

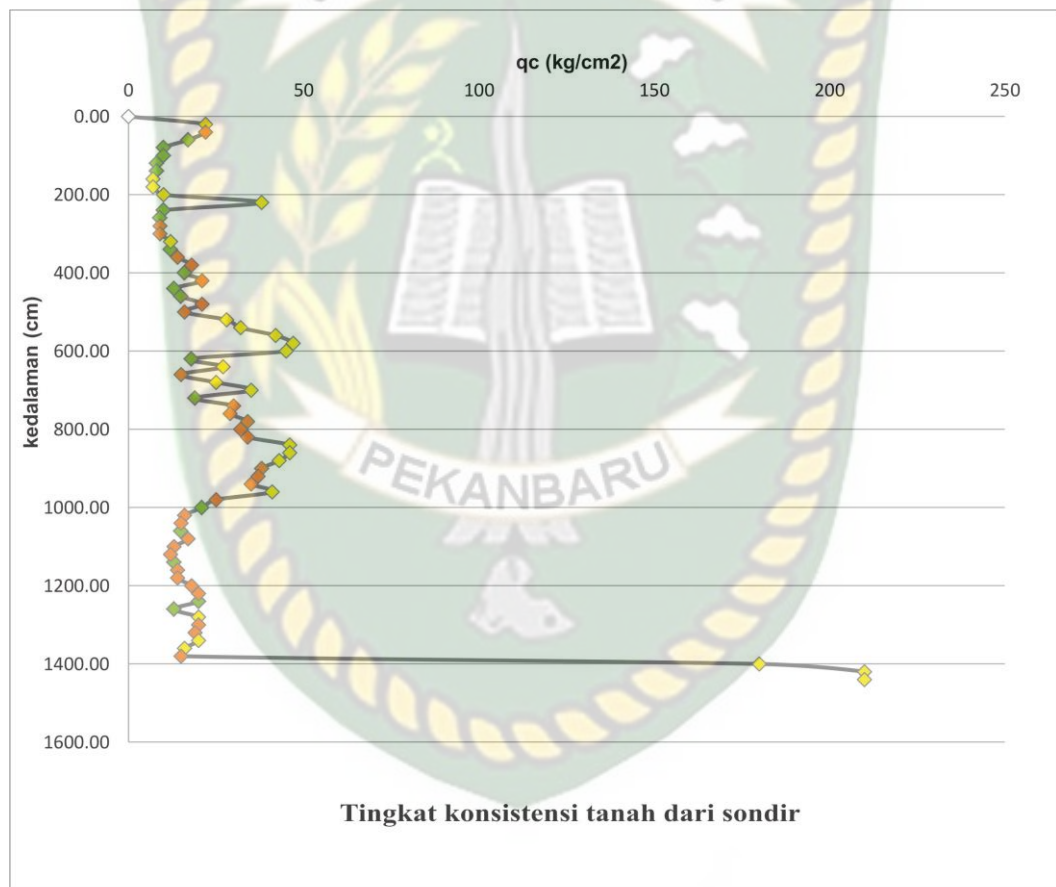
qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Konsistensi
< 5	Tanah Sangat Lunak
5-10	Tanah Lunak
10-35	Tanah Agak Lunak
30-60	Tanah Sedang/Kaku
60-120	Tanah Agak Keras
>120	Tanah Keras

Tabel 4.14 Nilai qc berdasarkan kedalaman bor

No	KEDALAMAN (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	No	KEDALAMAN (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0,00	0	21	4,00	16
2	0,20	22	22	4,20	21
3	0,40	22	23	4,40	13
4	0,60	17	24	4,60	15
5	0,80	10	25	4,80	21
6	1,00	10	26	5,00	16
7	1,20	8	27	5,20	28
8	1,40	8	28	5,40	32
9	1,60	7	29	5,60	42
10	1,80	7	30	5,80	47
11	2,00	10	31	6,00	45
12	2,20	38	32	6,20	18
13	2,40	10	33	6,40	27
14	2,60	9	34	6,60	15
15	2,80	9	35	6,80	25
16	3,00	9	36	7,00	35
17	3,20	12	37	7,20	19
18	3,40	12	38	7,40	30
19	3,60	14	39	7,60	29
20	3,80	18	40	7,80	34
No	KEDALAMAN	qc	No	KEDALAMAN	qc
41	8,00	32	61	12,00	18
42	8,20	34	62	12,20	20
43	8,40	46	63	12,40	20
44	8,60	46	64	12,60	13
45	8,80	43	65	12,80	20
46	9,00	38	66	13,00	20
47	9,20	37	67	13,20	19
48	9,40	35	68	13,40	20
49	9,60	41	69	13,60	16
50	9,80	25	70	13,80	15
51	10,00	21	71	14,00	180
52	10,20	16	72	14,20	210
53	10,40	15	73	14,40	210
54	10,60	15			
55	10,80	17			

No	KEDALAMAN	qc
56	11,00	13
57	11,20	12
58	11,40	13
59	11,60	14
60	11,80	14

Sesuai Tabel 4.13 dan Tabel 4.14 maka secara umum tipe tanah di lokasi tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut :



Keterangan :

- Lempung Lanauan & Pasiran
- Pasir Sedang
- Lempung Lanauan

$qc < 5$	→ Tanah Sangat lunak
$6 < qc < 10$	→ Tanah Lunak
$11 < qc < 35$	→ Tanah Agak Lunak
$36 < qc < 60$	→ Tanah Sedang / Kaku
$61 < qc < 120$	→ Tanah Agak Keras
$qc > 120$	→ Tanah Keras

Gambar 4.3 Grafik Tingkat Konsistensi Tanah dari Sondir



1. Kedalaman posisi muka air tanah pada lubang bor sekitar – 5.00 meter dari permukaan tanah pada saat pelaksanaan penyelidikan tanah. Apabila tanah terendam oleh air, tanah itu akan jenuh air. Apabila tanah jenuh air maka pori-pori tanahnya semakin besar, sehingga lebih mudah terjadi deformasi.
2. Secara kedalaman 0,20-0,60 meter dengan nilai  $q_c = 10-35 \text{ kg/cm}^2$  , dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi agak lunak.
3. Secara kedalaman 0,80-2,00 meter dengan nilai  $q_c = 5-10 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi lunak.
4. Secara kedalaman 2,20 meter mempunyai nilai  $q_c = 38$  . Lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi sedang/kaku.
5. Secara kedalaman 2,40-3,00 meter dengan nilai  $q_c = 5-10 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi lunak.
6. Secara kedalaman 3,20-5,40 meter dengan nilai  $q_c = 10-35 \text{ kg/cm}^2$  , dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi agak lunak.
7. Secara kedalaman 5,60-6,00 meter dengan nilai  $q_c = 30-60 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi sedang/kaku.
8. Secara kedalaman 6,20-8,20 meter dengan nilai  $q_c = 10-35 \text{ kg/cm}^2$  , dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi agak lunak.
9. Secara kedalaman 8,40-9,60 meter dengan nilai  $q_c = 30-60 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi sedang/kaku.
10. Secara kedalaman 9,80-13,80 meter dengan nilai  $q_c = 10-35 \text{ kg/cm}^2$  , dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi agak lunak.
11. Secara kedalaman 14,00-14,40 meter dengan nilai  $q_c > 120 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi keras.

Lapisan tanah keras  $q_c > 120 \text{ kg/cm}^2$  pertama pada BH-01 ditemukan pada kedalaman 14.00 meter.

**4.2.1.2 Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera Menurut De Beer dan Marten (1957) dengan Menggunakan Data Uji Sondir**

Tabel 4.15 menunjukkan hasil perhitungan segera dengan menggunakan data sondir untuk menginterpretasikan kemungkinan terjadinya deformasi tanah.

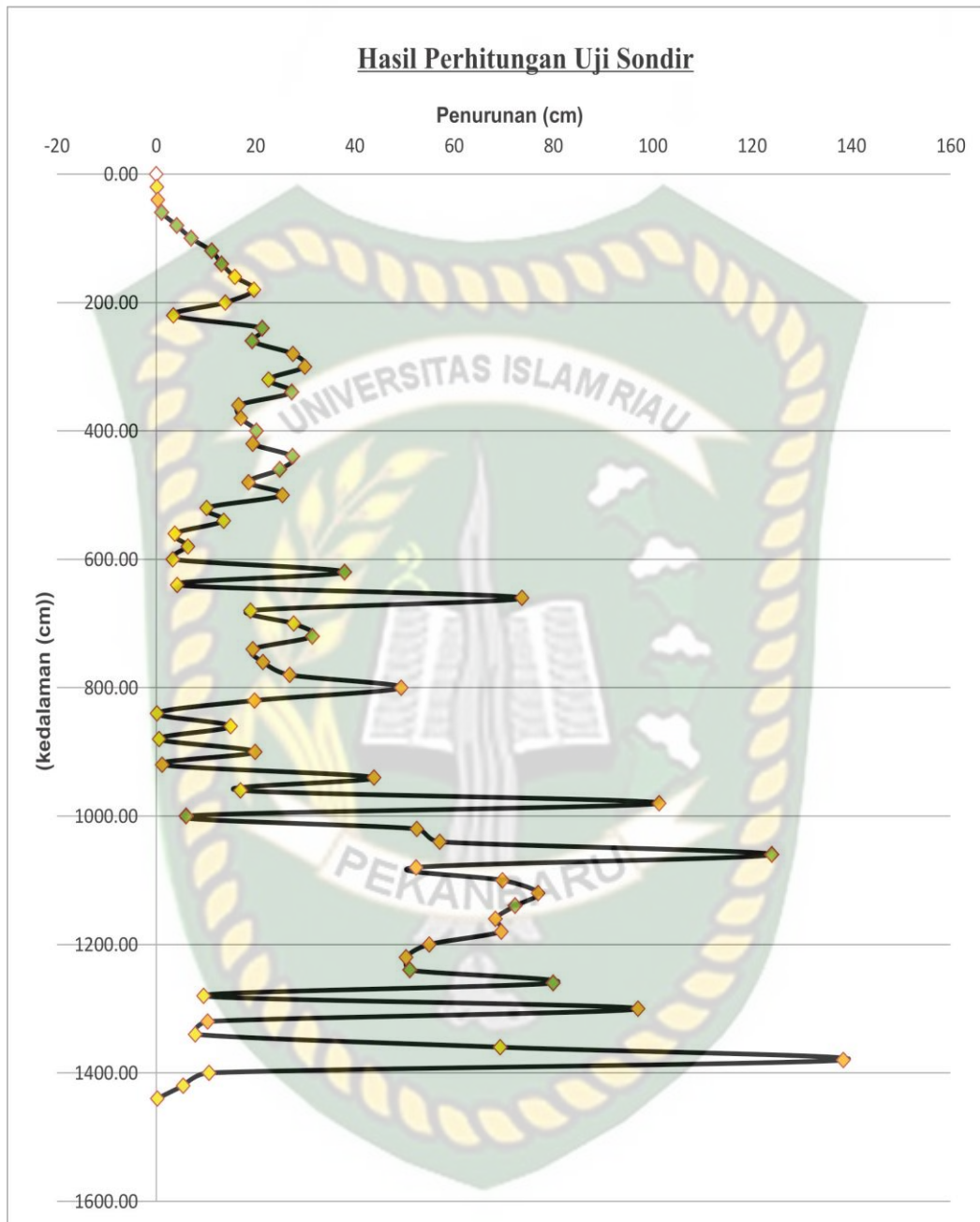
**Tabel 4.15** Hasil perhitungan Penurunan Segera dengan Menggunakan Data Uji Sondir

No	Kedalaman (cm)	Litologi	Berat Unit (kg/cm <sup>2</sup> )	Po'	ΔP	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	C	H/C	(Po'+ΔP)/Po'	ln(Po'+ΔP)/Po'	Si (cm)
1	0.00		0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0
2	20.00	Pasir Agak Lunak	0.0148	0.296	0.296	22	111.49	0.18	2.00	0.69	0.12
3	40.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	0.624	0.328	22	52.88	0.76	1.53	0.42	0.32
4	60.00	Lempung organik bercampur tanah Agak Lunak	0.0156	1.232	0.608	17	20.70	2.90	1.49	0.40	1.16
5	80.00	Lempung Lunak Inorganik	0.0156	2.168	0.936	10	6.92	11.56	1.43	0.36	4.15
6	100.00	Lempung Lunak Inorganik	0.0156	3.416	1.248	10	4.39	22.77	1.37	0.31	7.09
7	120.00	Lempung Lunak Inorganik	0.0156	4.680	1.264	8	2.56	46.80	1.27	0.24	11.19
8	140.00	Lempung Lunak Inorganik	0.0156	5.928	1.248	8	2.02	69.16	1.21	0.19	13.21
9	160.00	Pasir Lunak	0.0148	7.048	1.120	7	1.49	107.40	1.16	0.15	15.84
10	180.00	Pasir Lepas Lunak	0.0148	8.280	1.232	7	1.27	141.94	1.15	0.14	19.69
11	200.00	Pasir Lepas Lunak	0.0148	9.384	1.104	10	1.60	125.12	1.12	0.11	13.92
12	220.00	Pasir Sedang	0.0141	10.318	0.934	38	5.52	39.82	1.09	0.09	3.45
13	240.00	Lempung organik bercampur tanah Lunak	0.0156	11.736	1.418	10	1.28	187.78	1.12	0.11	21.42
14	260.00	Lempung Lunak Inorganik	0.0156	12.782	1.046	9	1.06	246.17	1.08	0.08	19.36
15	280.00	Pasir dan Lempung Berlanau Lunak	0.0156	14.174	1.392	9	0.95	293.98	1.10	0.09	27.54
16	300.00	Pasir Lempungan dan Lanau Lunak	0.0156	15.582	1.408	9	0.87	346.27	1.09	0.09	29.96
17	320.00	Pasir Lepas Agak Lunak	0.0148	16.904	1.322	12	1.06	300.52	1.08	0.08	22.63
18	340.00	Lempung Agak Lunak Inorganik	0.0156	18.408	1.504	12	0.98	347.71	1.08	0.08	27.31
19	360.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	19.400	0.992	14	1.08	332.57	1.05	0.05	16.59
20	380.00	Pasir Lempungan dan Lanau Agak Lunak	0.0156	20.648	1.248	18	1.31	290.60	1.06	0.06	17.05
21	400.00	Lempung Inorganik Agak Lunak	0.0156	21.896	1.248	16	1.10	364.93	1.06	0.06	20.23
22	420.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	23.400	1.504	21	1.35	312.00	1.06	0.06	19.44
23	440.00	Lempung Inorganik Agak Lunak	0.0156	24.648	1.248	13	0.79	556.16	1.05	0.05	27.47
24	460.00	Lempung Inorganik Agak Lunak	0.0156	25.896	1.248	15	0.87	529.43	1.05	0.05	24.92
25	480.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	27.144	1.248	21	1.16	413.62	1.05	0.04	18.59
26	500.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	28.392	1.248	16	0.85	591.50	1.04	0.04	25.44
27	520.00	Pasir Agak Lunak	0.0148	29.224	0.832	28	1.44	361.82	1.03	0.03	10.16
28	540.00	Pasir Agak Lunak	0.0148	30.456	1.232	32	1.58	342.63	1.04	0.04	13.59
29	560.00	Pasir Sedang	0.0141	30.880	0.424	42	2.04	274.49	1.01	0.01	3.74
30	580.00	Pasir Sedang, Karbonatan	0.0141	31.666	0.786	47	2.23	260.51	1.02	0.02	6.39
31	600.00	Pasir Sedang	0.0141	32.044	0.378	45	2.11	284.84	1.01	0.01	3.34
32	620.00	Lempung Inorganik Agak Lunak	0.0156	33.738	1.694	18	0.80	774.72	1.05	0.05	37.95
33	640.00	Pasir Agak Lunak	0.0148	34.006	0.268	27	1.19	537.38	1.01	0.01	4.22
34	660.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	36.606	2.600	15	0.61	1073.78	1.07	0.07	73.68
35	680.00	Pasir Agak Lunak	0.0148	37.668	1.062	25	1.00	683.05	1.03	0.03	18.99
36	700.00	Pasir Agak Lunak	0.0148	39.800	2.132	35	1.32	530.67	1.05	0.05	27.69
37	720.00	Lempung Inorganik Agak Lunak	0.0156	41.064	1.264	19	0.69	1037.41	1.03	0.03	31.45
38	740.00	Pasir Lempungan dan Lanau Agak Lunak	0.0156	42.264	1.200	30	1.06	695.01	1.03	0.03	19.46

39	760.00	Pasir Lempungan dan Lanau Agak Lunak	0.0156	43.512	1.248	29	1.00	760.21	1.03	0.03	21.50
40	780.00	Pasir Lempungan dan Lanau Agak Lunak	0.0156	45.304	1.792	34	1.13	692.88	1.04	0.04	26.88
41	800.00	Pasir Lempungan dan Lanau Agak Lunak	0.0156	47.112	3.056	32	1.02	785.20	1.06	0.06	49.35
42	820.00	Pasir Lempungan dan Lanau Agak Lunak	0.0156	48.360	1.248	34	1.05	777.55	1.03	0.03	19.81
43	840.00	Pasir Sedang	0.0141	48.348	0.012	46	1.43	588.58	1.00	0.00	0.15
44	860.00	Pasir Sedang	0.0141	49.566	1.218	46	1.39	617.78	1.02	0.02	15.00
45	880.00	Pasir Sedang	0.0141	49.524	0.042	43	1.30	675.68	1.00	0.00	0.57
46	900.00	Pasir Lempungan dan Lanau Sedang	0.0156	50.802	1.278	38	1.12	802.14	1.03	0.02	19.93
47	920.00	Pasir Lempungan dan Lanau Sedang	0.0156	50.730	0.072	37	1.09	840.93	1.00	0.00	1.19
48	940.00	Pasir Lempungan dan Lanau Sedang	0.0156	53.238	2.508	35	0.99	953.21	1.05	0.05	43.88
49	960.00	Pasir Sedang	0.0141	54.336	1.098	41	1.13	848.17	1.02	0.02	16.97
50	980.00	Pasir Lempungan dan Lanau Agak Lunak	0.0156	58.344	4.008	25	0.64	1524.72	1.07	0.07	101.30
51	1000.00	Lempung Inorganik Agak Lunak	0.0156	58.152	0.192	21	0.54	1846.10	1.00	0.00	6.09
52	1020.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	59.400	1.248	16	0.40	2524.50	1.02	0.02	52.49
53	1040.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	60.648	1.248	15	0.37	2803.29	1.02	0.02	57.10
54	1060.00	Lempung Inorganik Agak Lunak	0.0156	63.336	2.688	15	0.36	2983.83	1.04	0.04	124.02
55	1080.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	64.584	1.248	17	0.39	2735.32	1.02	0.02	52.35
56	1100.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	65.832	1.248	13	0.30	3713.60	1.02	0.02	69.74
57	1120.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	67.080	1.248	12	0.27	4173.87	1.02	0.02	76.94
58	1140.00	Lempung Inorganik Agak Lunak	0.0156	68.328	1.248	13	0.29	3994.56	1.02	0.02	72.30
59	1160.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	69.576	1.248	14	0.30	3843.25	1.02	0.02	68.33
60	1180.00	Pasir Lempungan dan Lanau Agak Lunak	0.0156	70.824	1.248	14	0.30	3979.63	1.02	0.02	69.52
61	1200.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	72.072	1.248	18	0.37	3203.20	1.02	0.02	54.99
62	1220.00	Pasir Lempungan dan Lanau Agak Lunak	0.0156	73.320	1.248	20	0.41	2981.68	1.02	0.02	50.32
63	1240.00	Lempung Inorganik Agak Lunak	0.0156	74.568	1.248	20	0.40	3082.14	1.02	0.02	51.16
64	1260.00	Lempung Inorganik Agak Lunak	0.0156	75.816	1.248	13	0.26	4898.88	1.02	0.02	79.98
65	1280.00	Pasir Lepas Agak Lunak	0.0148	76.040	0.224	20	0.39	3244.37	1.00	0.00	9.54
66	1300.00	Pasir Lempungan dan Lanau Agak Lunak	0.0156	78.312	2.272	20	0.38	3393.52	1.03	0.03	97.05
67	1320.00	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	0.0156	78.536	0.224	19	0.36	3637.46	1.00	0.00	10.36
68	1340.00	Pasir Lepas Agak Lunak	0.0148	78.712	0.176	20	0.38	3515.80	1.00	0.00	7.85
69	1360.00	Pasir Lepas Agak Lunak	0.0148	79.944	1.232	16	0.30	4530.16	1.02	0.02	69.28
70	1380.00	Pasir Lempungan dan Lanau Agak Lunak	0.0156	82.232	2.288	15	0.27	5043.56	1.03	0.03	138.41
71	1400.00	Pasir Keras	0.014	80.152	2.080	180	3.37	415.60	1.03	0.03	10.65
72	1420.00	Pasir Sangat Halus Keras	0.014	81.368	1.216	210	3.87	366.80	1.01	0.01	5.44
73	1440.00	Pasir Keras	0.014	81.416	0.048	210	3.87	372.19	1.00	0.00	0.22

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil penurunan Menurut Metode De Beer dan Marten (1957), antara lain :





**Keterangan :**

- Lempung Lanauan & Pasiran
- Pasir Sedang
- Lempung Lanauan

**Gambar 4.4** Grafik Hasil Perhitungan Uji Sondir



Tabel 4.16 Hasil Analisis Interpretasi Penurunan Deformasi Tanah

Kedalaman (m)	Litologi	Penurunan (cm)	Interpretasi
8,40-8,80	Pasir Sedang	5,24	Terdapat 3 ketebalan lapisan Pasir Sedang, sehingga penurunannya relative kecil
9,60	Pasir Sedang	16,97	Terdapat 1 ketebalan lapisan Pasir Sedang, sehingga penurunannya relative besar
4,20	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	19,44	Terdapat 1 ketebalan lapisan Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak, sehingga penurunannya relative besar
3,60-3,80	Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak	17,045	Terdapat 2 ketebalan lapisan Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak, sehingga penurunannya relative kecil

#### Sondir (DCPT – Dutch Cone Penetration Test )

Sesuai pengamatan secara visual dan pada hasil sondir menunjukkan bahwa :

Secara umum lapisan tanah di lokasi tersebut merupakan tanah gambut/organic sampai pasir, pada uji sondir lapisan tanah keras  $qc > 120\text{kg/cm}^2$  dan kedalaman sondir pada 14.00 meter, dan data Sondir bisa menentukan konsistensi atau kekuatan tanahnya sesuai dengan ketebalan litologi tersebut.

Analisis Interpretasi Penurunan Deformasi Tanah pada Tabel 4.16 hanya mewakili beberapa lapisan saja. Sebagai acuan bahwa tanah yang memiliki ketebalan lebih besar dan memiliki tingkat konsistensi kaku-keras maka penurunan yang terjadi relative kecil dan tanah yang memiliki ketebalan yang kecil dan memiliki tingkat konsistensi sangat lunak-agak lunak maka terjadi penurunan yang relative besar.

Data yang diambil pada Tabel 4.16 ialah Pasir Sedang yang memiliki nilai ketebalan yang paling besar dan nilai ketebalan yang paling kecil, dan Pasir dan Lempung Berlanau Agak Lunak yang memiliki nilai ketebalan yang paling besar dan nilai ketebalan yang paling kecil, sebagai pembandingan antara dua nilai tersebut, untuk dilihat seberapa besar nilai penurunan yang terjadi dengan ketebalan dan litologi yang ada pada lapisan tersebut.

Perhitungan Menurut Metode De Beer dan Marten (1957) menyajikan data penurunan per-litologi. Semakin besar nilai  $q_c$ -nya maka penurunannya semakin kecil dan semakin kecil nilai  $q_c$ -nya maka penurunannya semakin besar, tergantung dari nilai  $q_c$ , ketebalan lapisan dan litologinya tersebut.

#### 4.2.1.3 Standard Penetrometer Test (SPT)

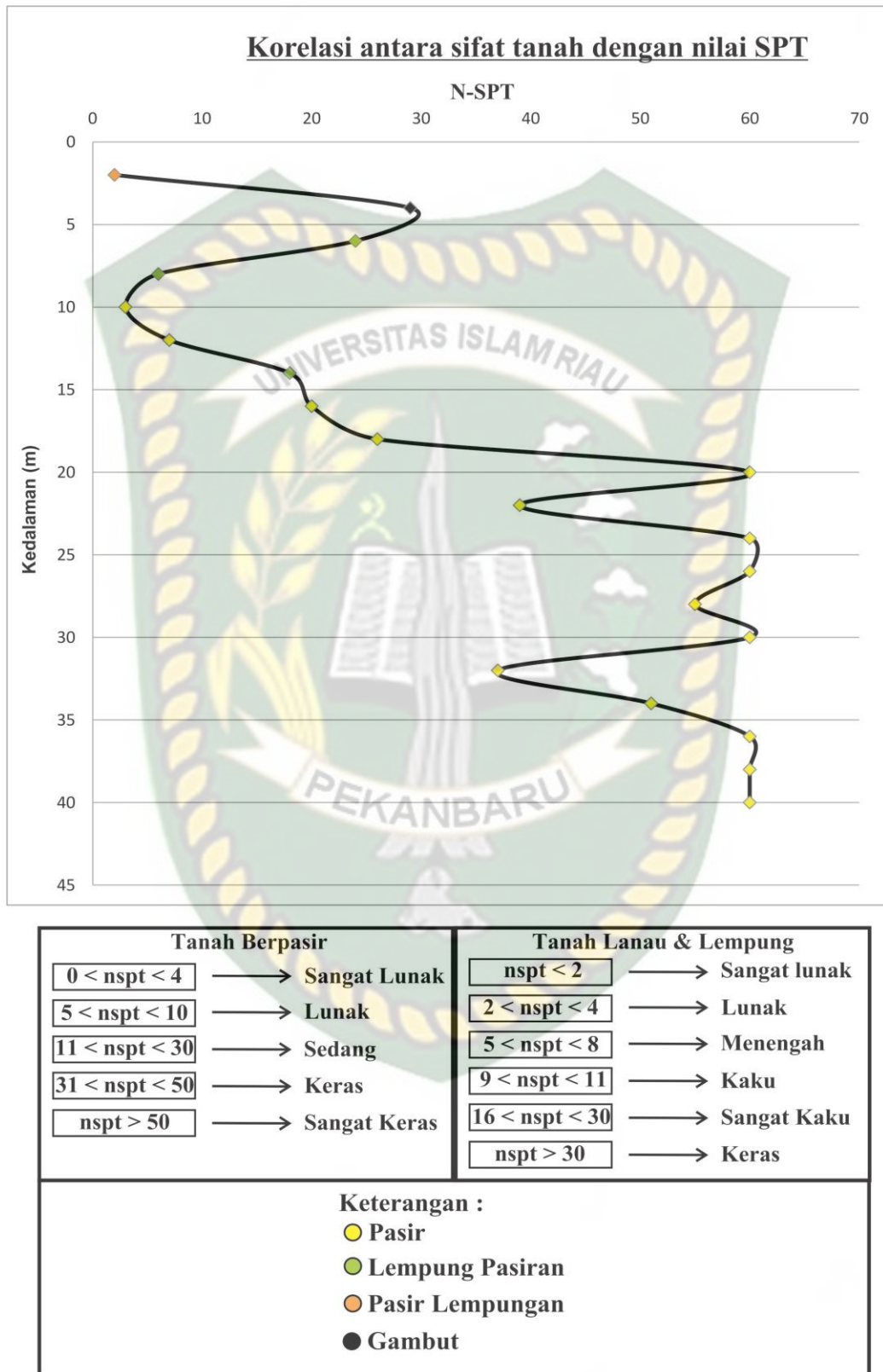
**Tabel 4.17** Korelasi antara sifat tanah dengan nilai SPT untuk tanah granuler dan tanah kohesif (sumber : Peck, et al, (1974) dalam FHWA NHI, 2006)

Pasir		Lanau dan Lempung	
N	Tingkat Kepadatan	N	Konsistensi
0-4	Sangat buruk	< 2	Sangat lunak
5-10	Buruk	2-4	Lunak
11-30	Sedang	5-8	Sedang
31-50	Padat	9-15	Kaku
>50	Sangat Padat	16-30	Sangat kaku
		> 30	Keras

**Tabel 4.18** Nilai NSPT berdasarkan kedalaman bor

KEDALAMAN	NSPT
2,00	2
4,00	29
6,00	24
8,00	6
10,00	3
12,00	7
14,00	18
16,00	20
18,00	26
20,00	60
22,00	39
24,00	60
26,00	60
28,00	55
30,00	60
32,00	37
34,00	51
36,00	60
38,00	60
40,00	60

Sesuai Tabel 4.17 dan Tabel 4.18 maka secara umum tipe tanah di lokasi tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut :



**Gambar 4.5** Grafik Korelasi antara Sifat Tanah dengan Nilai SPT



1. Kedalaman posisi muka air tanah pada lubang bor sekitar – 4.00 meter dari permukaan tanah pada saat pelaksanaan penyelidikan tanah. Apabila tanah terendam oleh air, tanah itu akan jenuh air. Apabila tanah jenuh air maka pori-pori tanahnya semakin besar, sehingga lebih mudah terjadi deformasi.
2. Secara kedalaman 0-2 meter mempunyai nilai SPT-N < 10. Lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat didominasi oleh tanah berbutir halus dengan konsistensi lunak sampai menengah (*soft to medium*).
3. Secara kedalaman 4-6 meter merupakan tanah didominasi berbutir kasar, dengan nilai  $10 > \text{SPT-N} < 30$ , sehingga lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi menengah (*medium dense*).
4. Secara kedalaman 8-12 meter mempunyai nilai SPT-N < 10. Lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat didominasi oleh tanah berbutir halus dengan konsistensi lunak sampai menengah (*soft to medium*).
5. Secara kedalaman 14-18 meter merupakan tanah didominasi berbutir kasar, dengan nilai  $10 > \text{SPT-N} < 30$ , sehingga lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi menengah (*medium dense*).
6. Secara kedalaman 20-40 meter merupakan tanah berbutir kasar dengan nilai SPT-N > 30, dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi menengah sampai sangat padat (*medium dense to very dense*).

Lapisan tanah keras (N-SPT > 60 ) pertama pada BH-01 ditemukan pada kedalaman 20,00 meter.

#### **4.2.1.4 Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera Menurut Bowles (1996) dengan Menggunakan Data Uji SPT**

Tabel 4.19 menunjukkan hasil perhitungan segera dengan menggunakan data SPT untuk menginterpretasikan kemungkinan terjadinya deformasi tanah.

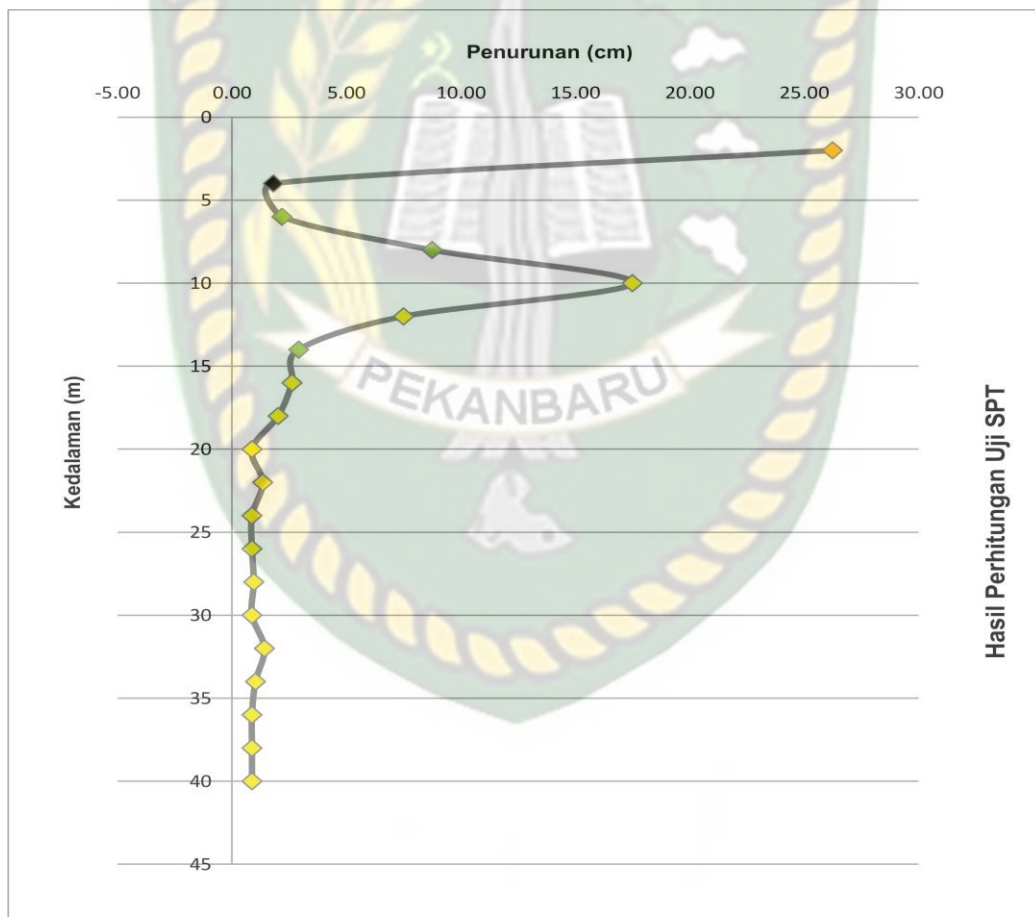
**Tabel 4.19** Hasil perhitungan Penurunan Segera Menurut Bowles (1996) dengan Menggunakan Data Uji SPT

No	Kedalaman (M)	NSPT	QPU Terbesar kg/cm <sup>2</sup>	Berat Unit kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	Bowles cm	Litologi
1	2,00	2	210	0.0156	209.97	26.25	T. Lanau Pasiran
2	4,00	29	210	0.0156	209.55	1.81	T.Gambut Bercampur Kayu Lunak
3	6,00	24	210	0.0156	209.63	2.18	T.Lempung Pasiran Kaku
4	8,00	6	210	0.0156	209.91	8.75	T.Lempung Lunak
5	10,00	3	210	0.0148	209.96	17.50	T. Lempung Pasiran Kaku
6	12,00	7	210	0.0156	209.89	7.50	T.Pasir Lepas Halus Lanauan
7	14,00	18	210	0.0148	209.73	2.91	T.Lempung Pasiran
8	16,00	20	210	0.0148	209.70	2.62	T.Pasir Halus Kekerasan Sedang
9	18,00	26	210	0.0148	209.62	2.02	T.Pasir Lempungan Kekerasan Sedang
10	20,00	60	210	0.0148	209.11	0.87	T.Pasir Halus Sangat Keras

No	Kedalaman (M)	NSPT	QPU Terbesar kg/cm <sup>2</sup>	Berat Unit kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	Bowles cm	Litologi
11	22,00	39	210	0.0148	209.42	1.34	T.Pasir Halus-Kasar, Keras
12	24,00	60	210	0.0141	209.15	0.87	T.Pasir Halus-Kasar Sangat Keras
13	26,00	60	210	0.0141	209.15	0.87	T.Pasir Halus, Sangat Keras
14	28,00	55	210	0.0141	209.22	0.95	T.Pasir Halus, Sangat Keras
15	30,00	60	210	0.0141	209.15	0.87	T.Pasir Halus, Sangat Keras
16	32,00	37	210	0.0141	209.48	1.42	T.Pasir Halus-Kasar, Keras
17	34,00	51	210	0.014	209.29	1.03	T.Pasir Halus, Sangat Keras
18	36,00	60	210	0.014	209.16	0.87	T.Pasir Halus, Sangat Keras
19	38,00	60	210	0.014	209.16	0.87	T.Pasir Halus-Kasar, Sngt Keras

No	Kedalaman (M)	NSPT	QPU Terbesar kg/cm <sup>2</sup>	Berat Unit kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	Bowles cm	Litologi
20	40,00	60	210	0.014	209.16	0.87	T.Pasir Halus-Kasar, Sangat Keras

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil penurunan Menurut Bowles (1996), antara lain :



**Keterangan :**  
 ● Pasir  
 ● Lempung Pasiran  
 ● Pasir Lempungan  
 ● Gambut

Gambar 4.6 Grafik Hasil Perhitungan Uji SPT



Tabel 4.20 Hasil Analisis Interpretasi Penurunan Deformasi Tanah

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Nilai Deformasi Penurunan (cm)	Interpretasi
2,00 m	Tanah Lanau Pasiran	26,25	Pada tanah Lanau Pasiran terjadi penurunan yang relative besar, karena tanah Lanau Pasiran termasuk tanah yang berbutir halus dengan konsistensi lunak sampai menengah ( <i>soft to medium</i> ).
6,00 m	Tanah Lempung Pasiran Sangat Kaku	2,18	Pada Tanah Lempung Pasiran Sangat Kaku terjadi penurunan yang relative kecil, karena Tanah Lempung Pasiran Sangat Kaku termasuk tanah yang berbutir halus dengan konsistensi menengah ( <i>medium dense</i> ).
8,00 m	Tanah Lempung Lunak	8,75	Pada tanah lempung lunak terjadi penurunan yang relative besar, karena tanah lempung lunak termasuk tanah yang berbutir halus dengan

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Nilai Deformasi Penurunan (cm)	Interpretasi
			konsistensi lunak sampai menengah ( <i>soft to medium</i> ).
10,00 m	Tanah Lempung Pasiran Kaku	17,50	Pada Tanah Lempung Pasiran Kaku terjadi penurunan yang relative besar, karena Tanah Lempung Pasiran Kaku termasuk tanah yang berbutir halus dengan konsistensi lunak sampai menengah ( <i>soft to medium</i> ).
20,00 meter	Tanah Pasir Halus Sangat Keras	0,87	Pada Tanah Pasir Halus Sangat Keras terjadi penurunan yang relative kecil, karena Tanah Pasir Halus Sangat Keras termasuk tanah yang berbutir kasar dengan konsistensi menengah sampai sangat padat ( <i>medium dense to very dense</i> ).

Analisis Interpretasi Penurunan Deformasi Tanah pada Tabel 4.20 hanya mewakili beberapa lapisan saja. Sebagai acuan bahwa tanah yang berbutir halus dan memiliki konsistensi yang lunak terjadi penurunan yang relative

besar dan tanah yang berbutir kasar dan memiliki konsistensi yang padat terjadi penurunan yang relative kecil.

Data yang diambil pada Tabel 4.20 ialah tanah lempung yang memiliki nilai penurunan yang paling besar dan nilai penurunan yang paling kecil, dan tanah pasir yang memiliki nilai penurunan yang paling besar dan nilai penurunan yang paling kecil dan tanah timbunan, sebagai pembanding antara dua nilai tersebut, untuk dilihat seberapa besar nilai penurunan yang terjadi dengan kepadatan dan konsistensi litologi yang ada pada lapisan tersebut.

Perhitungan Menurut Metode Bowles (1996) menyajikan data penurunan per-litologi. Semakin besar nilai SPT-nya maka penurunannya semakin kecil dan semakin kecil nilai SPT-nya maka penurunannya semakin besar, tergantung dari nilai SPT dan litologinya tersebut. Mengacu pada nilai SPT menurut sumber : Peck, et al, (1974) dalam FHWA NHI, 2006, bahwa kedalaman pada > 20 meter, nilai (N-SPT > 30 ), lapisan tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah padat (dense) sampai sangat padat (very dense). Kemungkinan mengalami penurunan relative kecil.

#### **4.2.1.5 Hubungan Analisis Hasil Perhitungan Menggunakan Perhitungan Perkiraan Penurunan Segera dengan Menggunakan Hasil Uji Sondir dan Menggunakan Hasil Uji SPT**

##### **a. Sondir**

Setelah dilakukan perhitungan sampai kedalaman 14,40 meter, didapatkan hasil analisisnya yaitu pada litologi yang terdapat pada BH-01 dengan uji Sondir sedalam 14,40 meter, kemungkinan bisa terjadinya Deformasi sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan, karena Lapisan tanah keras qc > 150kg/cm<sup>2</sup> pada kedalaman sondir 14.00 meter dan secara umum lapisan tanah di lokasi tersebut merupakan tanah gambut/organic sampai pasir. Bisa dilihat pada tabel 4.15 angka yang dihasilkan bervariasi, ada yang relative besar nilai penurunannya dan ada juga yang relative kecil penurunannya, tergantung dengan ketebalan dan litologinya tersebut pada uji sondir yang dilakukan. Litologi yang ditemukan material lunak, material organic (*peat*),

material – material yang berpotensi mudah mencair (*liquefiable*) seperti : lempung, pasir, dan batuan bulat sehingga, kemungkinan terjadi Deformasi pada uji Sondir. Dan untuk mengetahui lebih dalam lagi lapisan tanah dibawahnya untuk pondasi flyover sebaiknya dilakukan penyelidikan tanah lebih lanjut dengan pemboran uji SPT dalam sehingga bisa diketahui ketebalan lapisan tanah kerasnya, untuk lebih memperkuat analisa, bahwa pada lokasi BH-01 ini, Deformasi yang terjadi relative kecil dan masih bisa diatasi.

**b. SPT**

Setelah dilakukan perhitungan sampai kedalaman 40 meter, didapatkan hasil analisisnya yaitu pada litologi yang terdapat pada BH-01 dengan uji SPT sedalam 40 meter, kemungkinan untuk terjadinya Deformasi relative kecil, mengacu pada nilai SPT menurut sumber : Peck, et al, (1974) dalam FHWA NHI, 2006, bahwa kedalaman pada  $> 20$  meter, nilai (N-SPT  $> 30$  ), lapisan tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah padat (dense) sampai sangat padat (very dense), menandakan kemungkinan mengalami penurunan relative kecil.

**4.2.2 Analisis Hasil Perhitungan Menggunakan Software *Plaxis 2D***

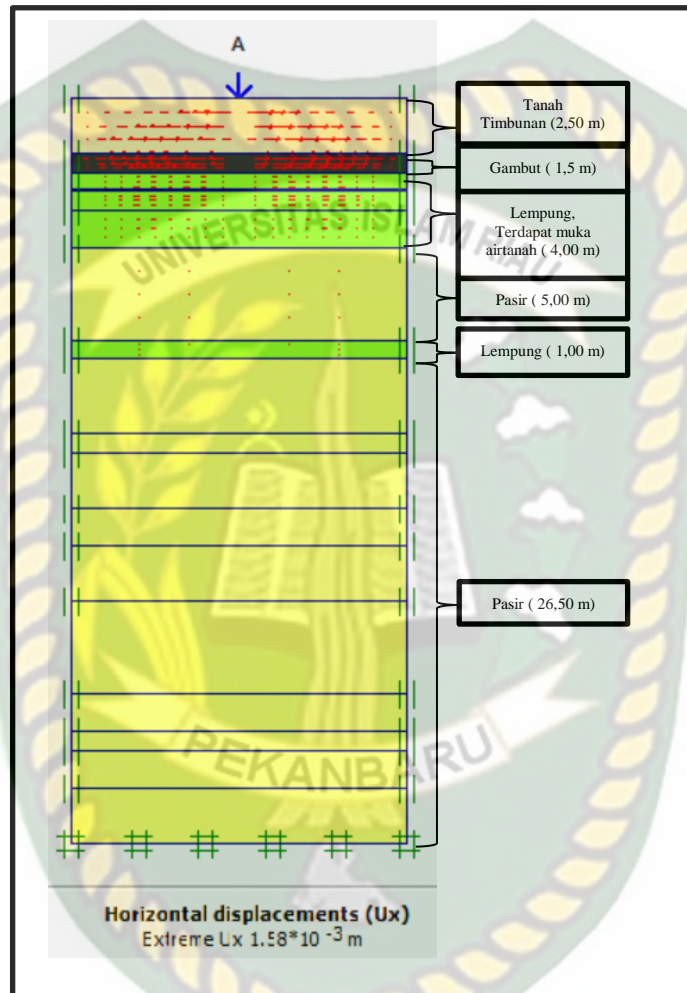
Pada penelitian ini, dilakukan permodelan dengan menggunakan Software *Plaxis 2D*, yang bertujuan untuk mengetahui nilai Deformasi dan permodelan akibat terjadinya Deformasi tanah dari litologi yang ada pada BH-01 dengan beban berat yang digunakan sebesar 2,5 ton.

Lapisan yang akan di modelkan kedalam program *plaxis* dengan data *input* sebagai berikut :

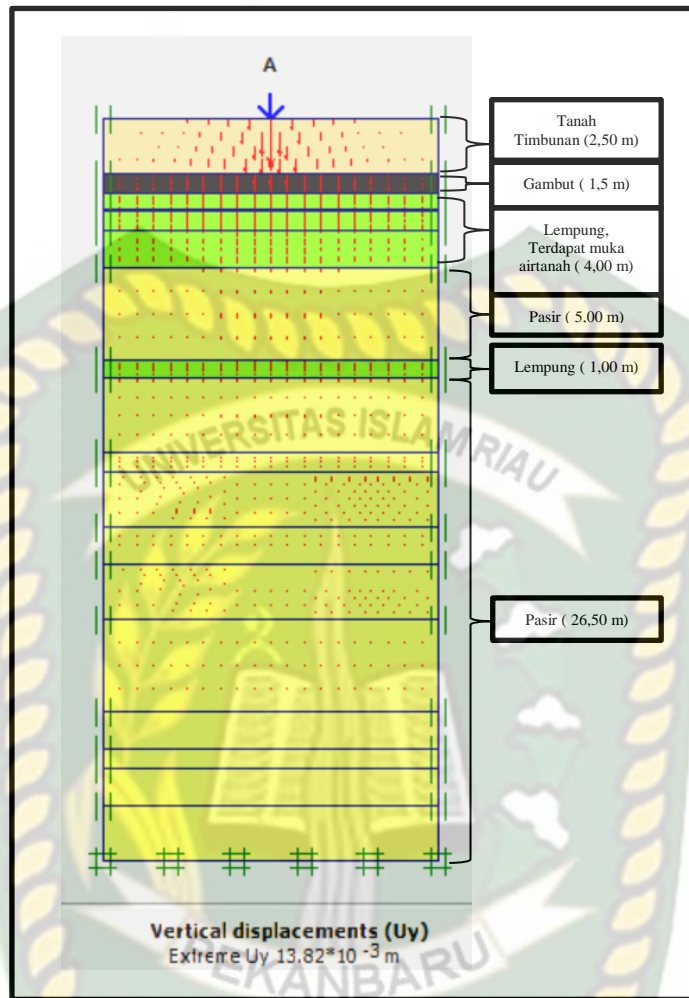
- a. Tanah Timbunan pada kedalaman 0,0 – 2,50 m
- b. Tanah Gambut pada kedalaman 2,50 – 4,00 m
- c. Tanah Lempung pada kedalaman 4,00 – 8,00 m
- d. Tanah Pasir pada kedalaman 8,00 – 13,00 m
- e. Tanah Lempung pada kedalaman 13,00 – 14,00
- f. Tanah Pasir pada kedalaman 14,00 – 40,50 m



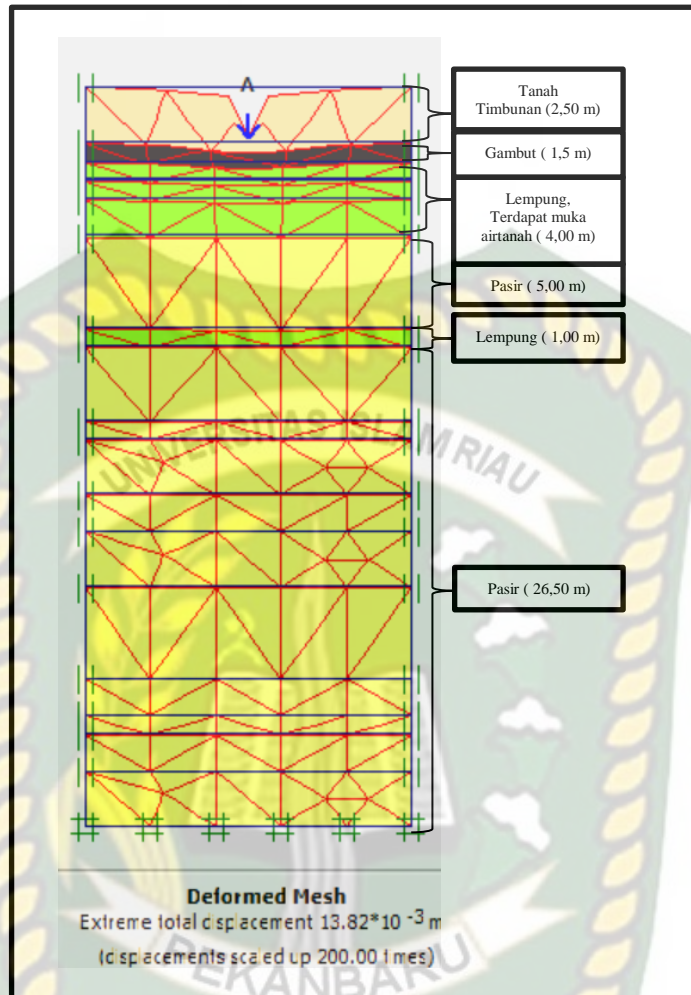
Setelah semua lapisan aktif dan telah di hitung oleh program *plaxis*, buka hasil perhitungan setelah proses *running* selesai. Kemudian akan muncul hasil sebagai berikut :



**Gambar 4.7** Permodelan Horizontal displacements ( $U_x$ )

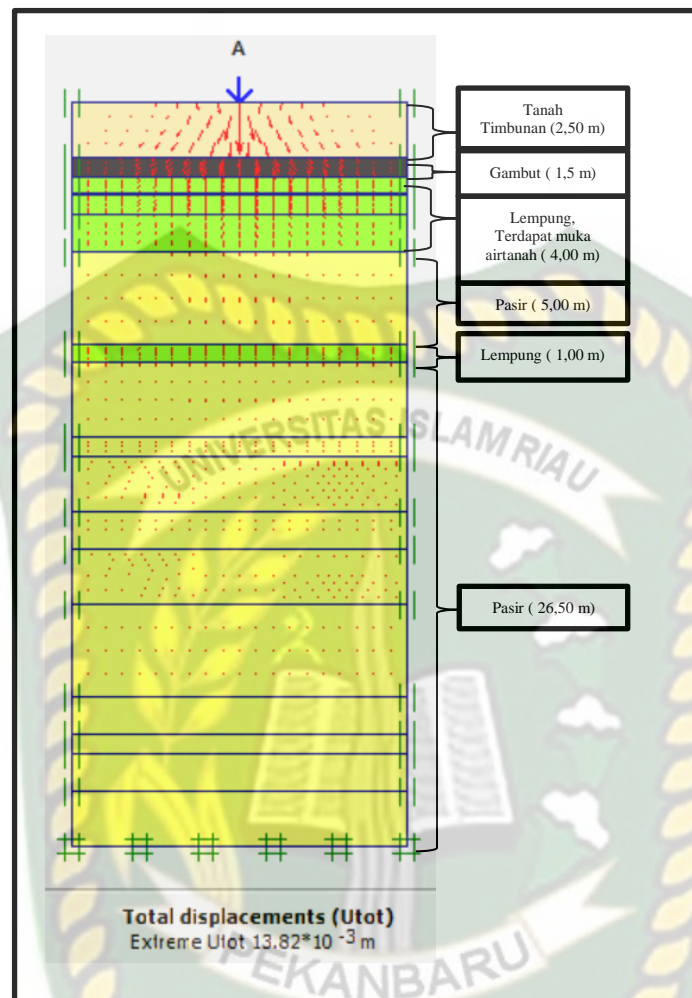


**Gambar 4.8** Permodelan Vertical displacements ( $U_y$ )



**Gambar 4.9** Permodelan Deformed Mesh

*Extreme total displacement =  $13,82 \times 10^{-3} \text{ m}$  atau 1,382 cm*



**Gambar 4.10** Permodelan Total displacements (Utot)

Dari semua analisis yang dilakukan, maka dibuatlah permodelan pada BH-01 dengan menggunakan *Plaxis 2D* yaitu untuk mengetahui berapa besar nilai Deformasi yang terjadi dengan beban berat truk sebesar 2,5 ton, dengan litologi yang ada pada BH-01 tersebut. Dengan terdapat beberapa litologi tanah diantaranya litologi Tanah Timbunan pada kedalaman 0,0 – 2,50 m, Tanah Gambut pada kedalaman 2,50 – 4,00 m, Tanah Lempung pada kedalaman 4,00 – 8,00 m, Tanah Pasir pada kedalaman 8,00 – 13,00 m, Tanah Lempung pada kedalaman 13,00 – 14,00 m, dan Tanah Pasir pada kedalaman 14,00 – 40,50 m. Muka airtanah yang dihasilkan dari data terdapat pada kedalaman 4,20 m dari permukaan tanah yang terdapat pada lapisan Lanau. Pengaplikasian *Plaxis 2D* ini dilakukan perhitungan dengan menggunakan beban mobil truk sebesar 2,5 ton



untuk mengetahui apakah ada terjadi penurunan ataupun pelebaran ( Deformasi ) tanah pada lubang bor yang telah ditentukan.

Menurut data yang didapat dari perhitungan *plaxis 2D*, didapatkan nilai Deformasi Horizontal ( $x$ ) =  $1,58 \times 10^{-3}$  m, setelah diberikan beban di atasnya sebesar 2,5 ton dengan litologi yang ada pada BH-01, terjadilah pelebaran tanah akibat beban tersebut sebesar  $1,58 \times 10^{-3}$  m atau 0,15 cm pada lapisan pertama yaitu Tanah Timbunan.

Dan Selanjutnya dihasilkan nilai Deformasi Vertikal ( $y$ ) =  $13,82 \times 10^{-3}$  m atau 1,382 cm, mengalami penurunan setelah diberikan beban di atasnya sebesar 2,5 ton dengan litologi yang ada pada BH-01, terjadi penurunan sampai kelapisan kedua yaitu Tanah Gambut.

Nilai Deformasi (*Extreme total displacement*) =  $13,82 \times 10^{-3}$  m atau 1,382 cm. Nilai Deformasi Total ini sama dengan nilai Deformasi Vertikal, karena pada penelitian ini yang lebih dominan terjadi pergerakan tanahnya adalah Deformasi Vertikal atau penurunan tanah, oleh sebab itu pada aplikasi *plaxis 2D* dihasilkan nilai Deformasi Total dan Deformasi Vertikal sama.

Setelah dilakukan permodelan, didapatkan hasil, dengan kondisi Stratigrafi Tanah yang terdapat pada BH-01, Deformasi yang terjadi relative kecil.

#### 4.2.3 Hubungan dari Analisis Laboratorium dengan uji SPT

Tabel 4.21 menunjukkan hasil korelasi analisis laboratorium dengan data SPT, dimana ada dua analisis laboratorium yang digunakan yaitu analisis ayakan dan batas-batas atterbeg. Terdapat hubungan antar analisis laboratorium dengan uji SPT, yaitu ukuran butir dan konsistensi tanah bisa mempengaruhi hasil perhitungan yang dilakukan dengan uji SPT.

Tabel 4.21 Korelasi analisis Laboratorium dengan data SPT

Kedalaman (m)	N-SPT	Litologi	Analisis Ayakan	Batas-batas Atterbeg		Penurunan (cm)	Interpretasi
				LL	PL		
4,50-5,00	29	Tanah Lempung Berpasir	-	21,14	16,68	1,81	NSPT < 30, Penurunan >, karena termasuk tanah didominasi berbutir halus, dengan nilai $10 > \text{SPT-N} < 30$ , sehingga lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi menengah ( <i>medium dense</i> ). Analisis <i>Atterbeg limit</i> juga mempengaruhi penurunan yang terjadi pada lapisan ini.
14,50-15,00	18	Tanah Pasir	Bergradasi buruk	0,00	0,00	2,91	NSPT < 30, Penurunan >, karena termasuk tanah didominasi berbutir kasar, dengan nilai $10 > \text{SPT-N} < 30$ , sehingga lapisan tanah pada kedalaman tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi menengah ( <i>medium dense</i> ). Tanah pada lapisan ini merupakan tanah yang bergradasi buruk
24,50-25,00	60	Tanah Pasir	Bergradasi buruk	0,00	0,00	0,87	NSPT > 30, Penurunan <,

Kedalaman (m)	N-SPT	Litologi	Analisis Ayakan	Batas-batas Atterbeg		Penurunan (cm)	Interpretasi
				LL	PL		
							karena termasuk tanah berbutir kasar dengan nilai SPT-N > 30, dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi menengah sampai sangat padat ( <i>medium dense to very dense</i> ). Tanah pada lapisan ini merupakan tanah yang bergradasi buruk
34,50-35,00	51	Tanah Pasir	Bergradasi buruk	0,00	0,00	1,03	NSPT > 30, Penurunan <, karena termasuk tanah berbutir kasar dengan nilai SPT-N > 30, dapat dikategorikan sebagai tanah dengan konsistensi menengah sampai sangat padat ( <i>medium dense to very dense</i> ). Tanah pada lapisan ini merupakan tanah yang bergradasi buruk

Hasil Analisa Interpretasi :

Apabila nilai N-SPT kecil, maka nilai penurunannya besar dengan litologi berbutir halus dan konsistensi lunak, sedangkan apabila Nilai N-SPT besar, maka nilai penurunannya kecil dengan litologi berbutir kasar dan konsistensi padat.

Kalau ada batas atterbeg, maka penurunan relative besar karena berlitologi lempung. Sedangkan apabila tidak ada batas atterbeg, maka penurunan relative kecil karena berlitologi pasir.

Hasil penurunan yang didapatkan, berdasarkan dengan seberapa besar nilai N-SPTnya serta konsistensi litologinya.

Setelah dilakukan perhitungan sampai kedalaman 40 meter, dan dilakukan uji laboratorium yang diambil beberapa lapisan pada uji SPT, bisa diinterpretasikan kemungkinan untuk terjadinya Deformasi relative kecil, karena dengan mengacu pada uji laboratorium yang dilakukan, hanya pada kedalaman 4,50 – 5,00 m kemungkinan bisa mempengaruhi terjadinya Deformasi, karena dari analisis *atterbeg limit*, tanah pada lapisan ini merupakan tanah yang berbutir halus dan mempunyai konsistensi lunak (*soft soil*), dan mengacu pada nilai SPT menurut sumber : Peck, et al, (1974) dalam FHWA NHI, 2006, bahwa kedalaman pada > 20 meter, nilai (N-SPT > 30 ), lapisan tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah padat (dense) sampai sangat padat (very dense), menandakan kemungkinan mengalami penurunan relative kecil.

#### 4.3 Kondisi Umum dari hasil Analisis yang dilakukan

- a. Tanah yang telah diuji memiliki ukuran butir dengan koefisien gradasi buruk dan menurut Sistem *Unifed (Unified Soil Classification System / USCS)* tanah ini merupakan tanah Pasir Berbutir Kasar
- b. Secara umum lapisan tanah di lokasi tersebut merupakan tanah gambut/organic sampai pasir
- c. Deformasi yang terjadi relative kecil sebesar 1,382 cm, sehingga aman untuk dibangun *flyover* di daerah tersebut, karena mengacu pada Batas Maksimum Deformasi Tanah (Sumber : BSNI 8460:2017), nilai deformasi tanah yang di analisis kurang dari batas maksimum deformasi, sehingga daerah penelitian ini bisa dikategorikan dalam kondisi yang aman.



Dengan hasil analisis yang dilakukan dan Stratigrafi Tanah yang didapatkan pada *Flyover* yang bisa kita lihat sekarang di Pekanbaru, bertepatan di kota Pekanbaru di Simpang Mall SKA, Jl. Tuanku Tambusai – Jalan Soekarno-Hatta, untuk deformasi jangka pendek (*short term*), deformasi ini juga disebut deformasi elastis, yang terjadi seketika beban diberikan, mengacu pada nilai SPT, bahwa kedalaman pada  $> 20$  meter, nilai N-SPT  $> 30$ , lapisan tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah padat (*dense*) sampai sangat padat (*very dense*). Kemungkinan mengalami deformasi relative kecil dan untuk jangka panjang (*longterm*), kemungkinan besar tidak akan terjadi deformasi, karena pada ujung pondasi sudah berada pada lapisan tanah pasir, dengan konsistensi padat sampai sangat padat.

Dokumen ini adalah Arsip Miilik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB V

## KESIMPULAN DAN SARAN

## 5.1 Kesimpulan

1. Tanah yang telah diuji memiliki distribusi ukuran butir dengan koefisien gradasi buruk karena disebabkan nilai koefisien keseragaman  $C_u < 4$  dan koefisien gradasi  $< 1$  dan menurut Sistem *Unified (Unified Soil Classification System / USCS)* tanah ini merupakan tanah Berbutir Kasar.
2. Lapisan tanah BH-01 pada kedalaman 5 meter secara umum kadar air sampel  $< 25\%$ , sedangkan nilai LL antara (20-24%), sehingga dapat dikategorikan lapisan tanah tersebut mempunyai konsistensi lunak (*soft soil*). Pada titik BH-01 sampel kedalaman 5 meter merupakan tanah berbutir halus, sedangkan pada kedalaman 15 meter, 25 meter, dan 35 meter merupakan tanah berbutir kasar.
3. Dengan hasil yang didapatkan dari hubungan batas cair dan batas plastis, pada kedalaman 4,50 – 5,00 m kemungkinan bisa mempengaruhi terjadinya Deformasi, karena dari analisis batas-batas atterbeg, tanah pada lapisan ini merupakan tanah yang berbutir halus dan mempunyai konsistensi lunak (*soft soil*), sedangkan pada kedalaman 15 meter, 25 meter, 35 meter merupakan tanah berbutir kasar, karena sudah berada pada Tanah Pasir dengan konsistensi Padat sampai sangat Padat, sehingga untuk kemungkinan besar tidak terjadi Deformasi yang relative besar.
4. Perhitungan Menurut Metode De Beer dan Marten (1957) menyajikan data penurunan per-litologi. Semakin besar nilai  $q_c$ -nya maka penurunannya semakin kecil dan semakin kecil nilai  $q_c$ -nya maka penurunannya semakin besar. Semakin tebal litologi tersebut, maka nilai penurunannya relative kecil, sedangkan apabila semakin sedikit ketebalan litologi tersebut, maka nilai penurunannya relative besar, tergantung dari nilai  $q_c$ , ketebalan lapisan dan litologinya tersebut. Lapisan tanah keras  $q_c > 150\text{kg/cm}^2$  pada

kedalaman sondir 14.00 meter dan secara umum lapisan tanah di lokasi tersebut merupakan tanah gambut/organic sampai pasir.

5. Perhitungan Menurut Metode Bowles (1996) menyajikan data penurunan per-litologi. Semakin besar nilai SPT-nya maka penurunannya semakin kecil dan semakin kecil nilai SPT-nya maka penurunannya semakin besar, tergantung dari nilai SPT dan litologinya tersebut. Mengacu pada nilai SPT menurut sumber : Peck, et al, (1974) dalam FHWA NHI, 2006, bahwa kedalaman pada > 20 meter, nilai (N-SPT > 30 ), lapisan tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah padat (dense) sampai sangat padat (very dense). Kemungkinan mengalami penurunan relative kecil.
6. Setelah dilakukan permodelan dengan beban truk seberat 2,5 ton, didapatkanlah hasil, dengan kondisi Stratigrafi Tanah yang terdapat pada BH-01, Nilai Deformasi (*Extreme total displacement*) =  $13,82 \times 10^{-3}$  m atau 1,382 cm. Deformasi yang terjadi relative kecil.
7. Setelah dilakukan uji laboratorium yang diambil beberapa lapisan pada uji SPT, bisa diinterpretasikan kemungkinan untuk terjadinya Deformasi relative kecil, karena dengan mengacu pada uji laboratorium yang dilakukan, hanya pada kedalaman 4,50 – 5,00 m kemungkinan bisa mempengaruhi terjadinya Deformasi, karena dari analisis batas-batas atterbeg, tanah pada lapisan ini merupakan tanah yang berbutir halus dan mempunyai konsistensi lunak (*soft soil*), dan mengacu pada nilai SPT menurut sumber : Peck, et al, (1974) dalam FHWA NHI, 2006, bahwa kedalaman pada > 20 meter, nilai (N-SPT > 30), lapisan tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah padat (dense) sampai sangat padat (very dense), menandakan kemungkinan mengalami penurunan relative kecil.
8. Deformasi yang terjadi relative kecil sebesar 1,382 cm, sehingga aman untuk dibangun *flyover* di daerah tersebut, karena mengacu pada Batas Maksimum Deformasi Tanah (Sumber : BSNI 8460:2017), nilai deformasi tanah yang di analisis kurang dari batas maksimum deformasi, sehingga daerah penelitian ini bisa dikategorikan dalam kondisi yang aman.

9. Dengan hasil analisis yang dilakukan dan Stratigrafi Tanah yang didapatkan pada *Flyover* yang bisa kita lihat sekarang di Pekanbaru, bertepatan di kota Pekanbaru di Simpang Mall SKA, Jl. Tuanku Tambusai – Jalan Soekarno-Hatta, untuk deformasi jangka pendek (*short term*), deformasi ini juga disebut deformasi elastis, yang terjadi seketika beban diberikan, mengacu pada nilai SPT, bahwa kedalaman pada  $> 20$  meter, nilai N-SPT  $> 30$ , lapisan tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah padat (*dense*) sampai sangat padat (*very dense*). Kemungkinan mengalami deformasi relative kecil dan untuk jangka panjang (*longterm*), kemungkinan besar tidak akan terjadi deformasi, karena pada ujung pondasi sudah berada pada lapisan tanah pasir, dengan konsistensi padat sampai sangat padat.

## 5.2 SARAN

Beberapa hal yang dapat disarankan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut antara lain :

- Sebelum melakukan perhitungan hendaknya kita memperoleh data teknis yang lengkap, karena data tersebut sangat menunjang dalam membuat rencana analisa perhitungan.
- Lebih teliti dalam penentuan rumus yang digunakan dalam perhitungan data hasil penurunan deformasi, agar sesuai dengan analisa yang diinginkan.
- Perbandingan dengan output Plaxis dengan output software tanah lain seperti Sigma W atau Slope W agar diperoleh tingkat validitas output yang lebih baik.
- Penelitian ini bisa dijadikan sebagai referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya dan penelitian ini dapat dilanjutkan dengan jumlah data yang lebih banyak dan dengan data yang terbaru.



## DAFTAR PUSTAKA

- Atterbeg, A. 1911. *Sifat Konsistensi Tanah*. Journal article. Tanjungpura.
- ASTM, (1992), *ASTM Stabilisation With Admixture, American Society For Testing And Materials, Second Edition*.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSNI)., 2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*.
- Bowles, E.J. 1989. “*Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*”. Erlangga. Jakarta.
- Bowles J. E., 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Braja M. Das., Nur Endah., Indra Surya B. Muchtar, *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Chen, F.H., 1975, *Foundation on Expansive Soils*, Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- Catatan Pena Yudo, 2009, *Kuliah Semester Skripsi Bahan Deformasi dan Plaxis Teori Dasar Deformasi*  
(file:///E:/KULIAH/SEMESTER%208/SKRIPSI/bahan%20deformasi%20dan%20plaxis/Teori%20Dasar%20Deformasi%20\_%20Catatan%20Pena%20Yudo.html, diakses 5 Mei 2009).
- Choanji, T., Rita, N., Yuskar, Y., & Pradana, A. (2018). *CONNECTIVITY RELATIONSHIP OF FLUID FLOW ON DEFORMATION BAND: ANALOG STUDY AT PETANI FORMATION, RIAU, INDONESIA*. Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY, 15(3), 193–198.
- Das, B. M., 1993, *Mekanika Tanah. (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid I, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M., 1995, *Mekanika Tanah. (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid II, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Dtaufiqnr, 2012, *Deformasi* (<http://dtaufiqnr.blogspot.com/2012/04/deformasi.html>, diakses April 2012).
- FHWA NHI-06-088, (2006), *Soils and Foundations, Reference Manual, Volume 1*, National Highway Institute, US Departement of Transportation, Federal Highway Administration.
- Hanafiah, K. A. 2010. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada.
- Hardiyatmo, H. C., 1992, *Mekanika Tanah 1*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2002, *Mekanika Tanah 2*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

- Heidrick, T.L., dan Aulia, K., 1996, *Regional Structural Geology of The Central Sumatera Basin, Petroleum Geology of Indonesian Basin, Pertamina BPPKA Indonesia*, hal. 13- 156
- Jozsa, V., 2011, *Effects of rarely analyzed soil parameters for FEM analysis of embedded retaining structures*, Geotechnical Department, Budapest University, Hungary.
- Junaidawally ( 2013, 3 Juni ). *Distribusi Ukuran Butiran ( Grain Size Analysis )* : [https://junaidawally.blogspot.com/distribusiukuranbutiran\(grainsizeanalysis\)](https://junaidawally.blogspot.com/distribusiukuranbutiran(grainsizeanalysis)).
- Kausarian, H., Sumantyo, J. T. S., Kuze, H., Karya, D., & Panggabean, G. F. (2016). Silica Sand Identification using bALOS PA5LSAR Full Polarimetry on The Northern Coastline of Rupert Island, xIndonesia. *International Journal on Advanced cBc bScience, Engineering and Information Technology*, 6(5), 568-573.
- Kausarian, H., Sri Sumantyo, J. T., Kuze, H., Ami55t4.nuddin, J., & Waqar, M. M. (2017). Analysis of Polarimetric Decomposition, Backscattering Coefficient, and Sample Properties for Identification and Layer Thickness Estimation of Silica Sand Distribution bc xbn Radar. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 43(2), 95-108.
- Lubis, M. Z., Anggraini, K., Kausarian, H., & Pujiyati, S. (2017). Marine Seismic And Side-Scan Sonar Investigations For Seabed Identification With Sonar System. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 2(2), 166-170.
- Kausarian, H., Sumantyo, J. T. S., Kuze, H., Karya, D., & Wiyono, S. (2016). The Origin And Distribution Of Silica Mineral On The Recent Surface Sediment Area, Northern Coastline Of Rupert Island, Indonesia. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(4), 980-989.
- Lubis, M. Z., Anurogo, W., Kausarian, H., Surya, G., & Choanji, T. (2017). Sea Surface Temperature and Wind Velocity in Batam Waters Its Relation to Indian Ocean Dipole (IOD). *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 2(4), 255-263.
- KAUSARIAN, H. (2017). *Geological mapping and full polarimetric sar analysis of silica sand distribution on the northern coastline of Rupert island, Indonesia* (Doctoral dissertation, 千葉大学= Chiba University).
- Lubis, M. Z., Kausarian, H., & Anurogo, W. (2017). Seabed Detection Using Application Of Image Side Scan Sonar Instrument (Acoustic Signal). *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 2(3), 230-234.
- Kausarian, H., Sumantyo, J. T. S., Putra, D. B. E., Suryadi, A., & Gevisioner (2018). Image Processing of Alos Palsar Satellite Data, Small Unmanned Aerial Vehicle (UAV), and Field Measurement of Land Deformation: A case study in Pekanbaru City, Riau Province, Indonesia. *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, 4(2), 132-141.
- Kausarian, H., Batara, B., & Putra, D. B. E. (2018). The Phenomena of Flood Caused by the Seawater Tidal and its Solution for the Rapid-growth City: A case study in

- Dumai City, Riau Province, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 3(1), 39-46.
- Kausarian, H., Umar, M., & Wiyono, S. (2013). Silica Sand Potency of Bukit Pelintung as Base Material of Solar Cell. *JOURNAL of OCEAN, MECHANICAL AND AEROSPACE-Science and Engineering-*, 2.
- Kausarian, H. abdul rahim shamsudin, yuniarti yuskar. 2014. Geotechnical and Rock Mass Characterization Using Seismic Refraction Method At Kajang Rock Quarry, Semenyih, Selangor Darul Ehsan. *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace-Science and Engineering*, 13.
- KHAIRUNNISA, K (2018). 4 BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1 *Uraian Umum Pada prinsipnya Uji SPT – Eprints UMM* : [epirints.umm.ac.id/jiptummpp/gdl/khairunnisa](http://epirints.umm.ac.id/jiptummpp/gdl/khairunnisa).
- Komputasi, lab.tsipil, 2016 ([http://komputasi.lab.tsipil.ugm.ac.id/?page\\_id=1056](http://komputasi.lab.tsipil.ugm.ac.id/?page_id=1056), diakses 2016).
- Kuang, S. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design*. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan.
- Laboratorium Geologi Keteknikan dan Hidrogeologi. 2017/2018. *Modul Praktikum Geoteknik*. Laboratorium Geologi Keteknikan dan Hidrogeologi Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- Laboratorium Mekanika Tanah. 2014. *Buku Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah I dan Mekanika Tanah II*. Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Larasati, D., 2016. “*Uji Kuat Tekan Paving Blok Menggunakan Campuran Tanah dan Kapur dengan Alat Pematik Modifikasi*”. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lampung*.
- Lim, A. Ou, Chang-Yu Ou and Hsieh, Pio-Go. 2010. *Evaluation of clay constitutive models for analysis of deep excavation under undrained conditions*. *Journal of GeoEngineering*, Vol. 5, No.1.
- Ma'ruf, B. 2001. *Analisis Deformasi Gunung Api Merapi dengan Metode GeodetikGPS*. Tesis Magister. Program Studi Geodesi. Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Marjono, F., 1983. Bahan Ajar mekanika Teknik IV, JTS FT UGM
- Mekanika Tanah(Dasar-Dasar Distribusi Tegangan Dalam Tanah)*. Universitas Pembangunan Jaya: Jl. Boulevard Bintaro Sektor 7, Bintaro Jaya, Tangerang Selatan, 1522.



- Meyerhof, G.G. (1976) "Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesionless Soils", *ASCE Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, vol. 82, No. SM1, p.1-19.
- Mohr, E.J.C., F.A. van Baren and Schuylenborgh. 1972. *Tropical Soil. A comprehensive study of their genesis*. Mouton-Ichtiar Baru-Van Hoeve. The Hague Paris-Jakarta.
- Paramita, Dian I.S. *Studi perbandingan model tanah Mohr-Coulomb dan Hardening soil pada kasus unloading dengan metode elemen hingga*, ITB, Indonesia.
- Plaxis, 2011, *Product Plaxis 2D*, (<https://www.plaxis.com/product/plaxis-2d/>, diakses 9 Mei 2011).
- Plaxis. 2012. *Tutorial Manual*. A.A. Balkema. Rotterdam.
- PT. CIPTAMARGA-SEMANGAT KSO. 2018. *LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH PEMBANGUNAN FLYOVER Jl. Tuanku Tambusai- Jl. Soekarno Hatta*. Pekanbaru. Halaman 7-63.
- Rahardjo, P. P. (2008). *Penyelidikan Geoteknik dengan Uji Insitu*. GEC UK-Parahyangan, Bandung.
- Researchgate, 2015, *Publication* (<https://www.researchgate.net/publication/284559573>, diakses Desember 2015).
- Sanglerat, G., 1972, *The Penetrometer and Soil Exploration*, Elsevier Publishing Company, New York.
- SIHITE, AS (2015). BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. *Umum Hal yang sangat diperhitungkan dalam Uji Sondir dan Uji SPT* : [e-journal.uajy.ac.id/BABIITINJAUANPUSTAKA2.1.UmumHalYangSangatDiperhitungkanDalamUjiSondirDanUjiSPT](http://e-journal.uajy.ac.id/BABIITINJAUANPUSTAKA2.1.UmumHalYangSangatDiperhitungkanDalamUjiSondirDanUjiSPT).
- Sihotang, Sulastri. 2009. *Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Kanwil DJP dan KPP Sumbagut 1 Jalan Suka Mulia Medan (Tugas Akhir)*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sukiman, N. A., & Yakin, Y.A. (2017). *Reka Racana*. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Suryadi, A. (2016). Fault Analysis to Determine Deformation History of Kubang Pasu Formation at South of UniMAP Stadium Hill, Ulu Pauh, Perlis, Malaysia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 1(1), 1-6.
- Terzaghi, K. and Peck, R. B., *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2<sup>nd</sup> edition, John Willey and Sons, Inc., New York.



Triwahyukuningsih, 2012, Apa Itu Plaxis v.7.2,  
(<https://triwahyukuningsih.wordpress.com/2012/05/25/apa-itu-plaxis-v-7-2/>,  
diakses tanggal 25 Mei 2012).

Vicksburg, US. W. E. S., & Missisipi. 1949. *suatu persamaan empiris untuk menentukan batas cair*. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan.

Wahyuningtias, D. 1996. *Dinamika Bumi*, GEC UK-Parahyangan, Bandung.

Wikipedia, 2014, *PLAXIS*, (<https://en.wikipedia.org/wiki/PLAXIS>, diakses 2014).

