

**ANALISIS PENURUNAN TANAH (*SETTLEMENT*) PADA
PROYEK PEMBANGUNAN *FLYOVER* DI JALAN TUANKU
TAMBUSAI – JALAN SOEKARNO HATTA KOTA PEKANBARU
DENGAN MENGGUNAKAN DATA GEOMEKANIKA TANAH**

LAPORAN TUGAS AKHIR

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



Oleh :

NUR HAKIM
153610165

**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, 25 November 2019

Yang Bersangkutan Pernyataan,



NUR HAKIM

NPM : 153610165

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENURUNAN TANAH (*SETTLEMENT*) PADA PROYEK PEMBANGUNAN *FLYOVER* DI JALAN TUANKU TAMBUSAI – JALAN SOEKARNO HATTA KOTA PEKANBARU DENGAN MENGGUNAKAN DATA GEOMEKANIKA TANAH

Disusun Oleh :

Nama : Nur Hakim
NPM : 153610165

Telah Diuji Didepan Dewan Penguji Pada Tanggal
23 Juli 2019 Dan Dinyatakan
Telah Memenuhi Syarat Diterima

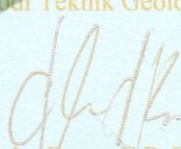
Disetujui Oleh :

Pembimbing


Dewandra Bagus E.P., B.Sc (Hons), M.Sc.
NIDN : 1021128902

Disahkan Oleh :

Pekanbaru, 25 November 2019
Ka. Prodi Teknik Geologi


Dewandra Bagus E.P., B.Sc (Hons), M.Sc.
NIDN : 1021128902



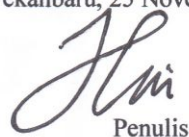
KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, sebagai penguasa alam yang memberikan sentuhan indah dan mengilhami dalam setiap langkah nadi jiwa bersama nikmat dan karunia Nya yang tak ternilai, sebagai Laporan Tugas Akhir / Skripsi ini dapat penulis selesaikan pada waktunya. Semoga laporan ini dapat membantu dan memberikan tambahan ilmu pengetahuan yang dapat di terapkan dan di manfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, khususnya bagi mahasiswa/i dan bagi masyarakat pada umumnya. Penulis juga mengucapkan terima kasih pada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung dalam pembuatan laporan 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
2. Firman Syarieff, ST., M.Eng. yang telah banyak berjasa dalam membantu pengerjaan laporan tugas akhir ini.
3. Ka Prodi & Dosen – Dosen Program Studi Teknik Geologi Universitas Islam Riau
4. Orang Tua yang telah memberikan dukungan baik secara materi maupun dorongan semangat serta doa yang tiada henti.
5. Teman-teman yang telah ikut memberikan semangat dalam mengerjakan laporan tugas akhir terutama Anggun Pramesty, Taufan Khalif, Evan Trionaldi, M. Iqbal, Nurul Nabila, dan Ridwan Rahmanto

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 laporan tugas akhir / skripsi ini.

Pekanbaru, 25 November 2019


Penulis

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

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

Nama : Nur Hakim
NPM : 153610165
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 PENURUNAN TANAH (*SETTLEMENT*) PADA
PEMBANGUNAN *FLY OVER* DI JALAN TAMBUSAI – JALAN
SOEKARNO HATTA KOTA PEKANBARU DENGAN MENGGUNAKAN
DATA GEOMEKANIKA TANAH**

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, 25 November 2019

Yang Menyatakan,


Nur Hakim



**NALISIS PENURUNAN TANAH (*SETTLEMENT*) PADA PEMBANGUNAN
FLY OVER DI JALAN TAMBUSAI – JALAN SOEKARNO HATTA KOTA
PEKANBARU DENGAN MENGGUNAKAN DATA GEOMEKANIKA
TANAH**

Oleh :

Nur Hakim

153610165

SARI

Daerah penelitian terletak pada pembangunan *Flyover* SKA di Jalan Tuanku Tambusai - Jl Arengka, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Secara geografis daerah penelitian terletak pada koordinat $00^{\circ}29'54.93''$ - $00^{\circ}30'5.48''$ Lintang Selatan dan $101^{\circ}25'8.87''$ - $101^{\circ}25'9.34''$ Bujur Timur. Dalam pembangunan konstruksi, tanah mempunyai peranan sebagai penahan beban akibat konstruksi di atas tanah yang harus bisa memikul seluruh beban bangunan. Pembangunan konstruksi di atas tanah lempung akan mendapatkan permasalahan Geoteknik seperti terjadinya penurunan tanah yang berakibat pada rusaknya bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan memperkirakan terjadinya penurunan tanah pada lubang bor 2 pembangunan *Flyover* SKA. Metode penelitian yang digunakan yaitu Metode Uji Sondir, Metode Uji SPT, Aplikasi *Plaxis* 2D, Analisis Ayakan dan Analisis Batas – Batas *Atterberg*. Berdasarkan hasil penelitian, pada uji sondir lapisan tanah kedalaman dibawah 17,20 meter dengan nilai $q_c < 150 \text{ kg/cm}^2$ memiliki nilai penurunan tanah $> 1.7 \text{ cm}$, lapisan tanah kedalaman diatas 17,20 meter dengan nilai $q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$ memiliki nilai penurunan tanah $< 1.7 \text{ cm}$, pada uji spt kedalaman 0 -12 meter, tanah memiliki nilai $\text{SPT-N}_{60} \leq 10$ dengan penurunan tanah sebesar $5 \leq S_i \leq 25 \text{ cm}$, kedalaman 14 - 20 meter tanah memiliki nilai $14 \leq \text{SPT-N}_{60} \leq 41$ dengan penurunan tanah sebesar $1.22 \leq S_i \leq 3.57 \text{ cm}$, kedalaman 22 - 40 meter tanah memiliki nilai $33 \leq \text{SPT-N}_{60} \leq 60$ dengan penurunan tanah sebesar $0.83 \leq S_i \leq 1.51 \text{ cm}$, pada aplikasi *plaxis 2d* penurunan tanah yang terjadi setelah diberi beban 2,5 ton adalah $7,29 \times 10^{-3}$ meter atau 0,729 centimeter, hasil analisis ayakan dan *atterberg* menjadi data pelengkap yang membuktikan bahwa hasil analisis sebanding dan sesuai dengan hasil perhitungan tanah.

Kata Kunci : *Flyover* SKA, Penurunan tanah, Uji Sondir, Uji SPT, dan *Plaxis* 2D,

ANALYSIS OF SOIL SETTLEMENT IN FLY OVER DEVELOPMENT IN TAMBUSAI STREET - SOEKARNO HATTA STREET PEKANBARU CITY USING SOIL GEOMECHANIC DATA

Oleh :

Nur Hakim

153610165

ABSTRAK

The Study area is located on Tuanku Tambusai Street – Arengka Street, Pekanbaru, Riau Province. Geographically, this area is located at $00^{\circ}29'54.93''\text{S}$ - $00^{\circ}30'5.48''\text{S}$ and $101^{\circ}25'8.87''\text{E}$ - $101^{\circ}25'9.34''\text{E}$. In construction, soil has a role as a barrier to load due to construction on soil which must be able to carry the entire load of the building. Construction on clay soil will get Geotechnical problem such as Soil Settlement when will cause damage to buildings. The purpose of this study is to determine soil conditions and estimate the occurrence of soil settlement at the drill hole 2 construction of SKA Flyover. The methods were being used were Sondir Test Method, SPT Test Method, 2D Plaxis Application, Sieve Analysis and Atterberg Limit Analysis. Based on the results of the study, in the sondir test, the soil layer below 17.20 meters with a value of $q_c < 150 \text{ kg / cm}^2$ has a soil settlement value $> 3 \text{ cm}$, the soil layer depth above 17.20 meters with a value of $q_c > 150 \text{ kg / cm}^2$ has a value soil settlement $< 3 \text{ cm}$, in the spt test, 0-12 meters depth, the soil has an SPT-N60 value ≤ 10 with soil settlement of $5 \leq S_i \leq 25 \text{ cm}$, a depth of 14-20 meters of soil has a value of $14 \leq \text{SPT-N60} \leq 41$ with a soil settlement of $1.22 \leq S_i \leq 3.57 \text{ cm}$, depth of 22 - 40 meters of soil has value $33 \leq \text{SPT-N60} \leq 60$ with soil settlement of $0.83 \leq S_i \leq 1.51 \text{ cm}$, in the 2d plaxis application, the soil settlement that occurs after being given a load of 2.5 tons is $7.29 \times 10^{-3} \text{ meters}$ or 0.729 centimeters, the results of the sieve and atterberg limit analysis become complementary data which prove that the analysis results are comparable and in accordance with the results of soil settlement calculations.

Keywords : Flyover SKA, Soil Settlement, Sondir Test, SPT Test, and Plaxis 2D.

DAFTAR ISI

COVER.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	i95
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	Error! Bookmark not defined.
SARI.....	98
ABSTRAK	99
DAFTAR ISI.....	100
DAFTAR GAMBAR.....	104
DAFTAR TABEL.....	106
DAFTAR LAMPIRAN	108
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	2
1.4 BATASAN PENELITIAN.....	3
1.5 LOKASI PENELITIAN	3
1.6 MANFAAT PENELITIAN.....	4
1.7 JADWAL PENELITIAN	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 GEOLOGI REGIONAL PEKANBARU	6
2.2 PENGERTIAN TANAH.....	7
2.3 KLASIFIKASI TANAH	7
2.3.1. Klasifikasi Tanah dengan Sistem <i>USCS (Unified Soil Classification System)</i> Menurut Bowles, 1989.	8
2.3.2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butiran.....	9
2.4 ANALYSIS AYAKAN (<i>SHIEVE ANALYSIS</i>)	10
2.5 BATAS – BATAS ATTERBERG	12
2.5.1 Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>).....	13
2.5.2 Batas Plastik (<i>Plastic Limit</i>).....	14
2.6 PENURUNAN TANAH (<i>SETTLEMENT</i>)	16
2.6.1 PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN UJI SONDIR (<i>CONE PENETRATION TEST</i>).....	17
2.6.2 PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN UJI SPT (<i>STANDARD PENETRATION TEST</i>)	20
2.6.3 PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE PLAXIS 2D</i>	23
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 OBJEK PENELITIAN	26
3.2 ALAT – ALAT YANG DIGUNAKAN.....	26
3.3 LANGKAH – LANGKAH PENELITIAN	27
3.3.1 TAHAP PERSIAPAN.....	27
3.3.2 TAHAP PENELITIAN	27

3.4 ANALISIS DATA.....	30
3.4.1 <i>SIEVE ANALYSIS</i> (ANALISIS AYAKAN).....	30
3.4.2 <i>ATTERBERG LIMIT TEST</i> (BATAS – BATAS ATTERBERG)	31
3.4.3 PENURUNAN TANAH SEGERA (<i>IMMEDIATE SETTLEMENT</i>) DENGAN MENGGUNAKAN HASIL UJI SONDIR MENURUT DEE BEER DAN MARTEN (1957)	34
3.4.4 PENURUNAN TANAH SEGERA (<i>IMMEDIATE SETTLEMENT</i>) DENGAN MENGGUNAKAN HASIL UJI SPT MENURUT BOWLES (1977)	35
3.4.5 PENURUNAN TANAH SEGERA (<i>IMMEDIATE SETTLEMENT</i>) DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE <i>PLAXIS 2D</i>	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 ANALISIS AYAKAN (<i>SHIEVE ANALYSIS</i>).....	39
4.1.1 ANALISIS AYAKAN SAMPEL TANAH (KEDALAMAN 14,5 – 15 M)	39
4.1.2 ANALISIS AYAKAN SAMPEL TANAH (KEDALAMAN 24,5 – 25 M)	41
4.1.3 ANALISIS AYAKAN SAMPEL TANAH (KEDALAMAN 34,5 – 35 M)	43
4.2 ANALISIS BATAS – BATAS <i>ATTERBERG</i> (<i>ATTERBERG LIMIT</i>)..	46
4.2.1 BATAS CAIR (<i>LIQUID LIMIT</i>).....	47
4.2.2 BATAS PLASTIS (<i>PLASTIC LIMIT</i>).....	52
4.3 ANALISIS PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH PADA TITIK BOR 2 <i>FLYOVER</i> SKA.	57

4.3.1 ANALISIS PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MEGGUNAKAN DATA SONDIR BERDASARKAN DE BEER DAN MARTEN (1957).	57
4.3.2 ANALISIS PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MEGGUNAKAN HASIL UJI SPT BERDASARKAN BOWLES (1977).	72
4.3.3 ANALISIS PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MEGGUNAKAN SOFTWARE PLAXIS 2D.....	78
4.4 KORELASI ANTARA HASIL PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE SONDIR, HASIL UJI SPT DAN SOFTWARE PLAXIS 2D.	80
4.5 KORELASI ANTARA HASIL ANALISA AYAKAN, BATAS – BATAS ATTERBERG DENGAN HASIL PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE SONDIR, HASIL UJI SPT DAN SOFTWARE PLAXIS 2D.....	84
BAB V PENUTUP.....	88
5.1 KESIMPULAN.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	91
LAMPIRAN.....	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Penelitian Berdasarkan Google Earth	4
Gambar 2.1	Geologi Regional Kota Pekanbaru (M.C.G Clarke et al, 1982.	6
Gambar 2.2	Kurva distribusi ukuran butir pada analisis ayakan menurut Braja M Das, 1995.....	11
Gambar 2.3	Tipe-tipe bentuk kurva analisis ayakan menurut Bowles, 1989 dengan sistem <i>USCS</i>	12
Gambar 2.4	Batas Batas <i>Atterberg</i> berdasarkan Braja M Das, 1995	13
Gambar 2.5	Grafik indeks plastisitas dan batas cair menurut Braja M Das, 1995 sistem klasifikasi tanah <i>USCS</i>	15
Gambar 2.6	Kerusakan bangunan akibat penurunan segera (<i>settlement</i>).....	17
Gambar 2.7	Alat uji sondir atau cpt (<i>cone penetration test</i>)	18
Gambar 2.8	Alat uji spt (<i>standart penetration test</i>)	21
Gambar 2.9	Penggambaran Geometri pada Program <i>Plaxis</i>	24
Gambar 2.10	Deformed Mesh dan Total Displacements	25
Gambar 3.1	Contoh Grafik <i>Shieve analysis</i> menurut Braja M Das, 1995.....	30
Gambar 3.2	Batas-batas <i>Atterberg</i> menurut Braja M Das, 1995.	31
Gambar 3.3	Alat uji batas cair (<i>cassagrande</i>)	32
Gambar 3.4	Contoh Tabel Perhitungan <i>Liquid Limit</i>	32
Gambar 3.5	Contoh Grafik <i>Liquid Limit</i> Menurut Braja M Das, 1995.	32
Gambar 3.6	Contoh Pengujian <i>Plastic Limit</i>	33

Gambar 3.7 Contoh Tabel Perhitungan <i>Plastic Limit</i>	33
Gambar 3.8 Contoh Grafik <i>Plastic Limit</i> Menurut Braja M Das, 1995	34
Gambar 3.9 Tampilan <i>Project</i> pada <i>General Settings</i>	36
Gambar 3.10 Tampilan <i>dimensions</i> pada <i>General Settings</i>	36
Gambar 3.11 Tampilan <i>calculation program</i> pada <i>start menu plaxis</i>	37
Gambar 3.12 Diagram Alir Penelitian.....	38
Gambar 4.1 Kadar air alami, LL dan PL sampel tanah pada semua titik bor.....	46
Gambar 4.2 Grafik Hubungan kadar air dengan jumlah ketukan.....	48
Gambar 4.3 Grafik Hubungan kadar air dengan jumlah ketukan.....	49
Gambar 4.4 Grafik Hubungan kadar air dengan jumlah ketukan.....	50
Gambar 4.5 Grafik Hubungan kadar air dengan jumlah ketukan.....	51
Gambar 4.6 Grafik Hubungan kadar air dengan jumlah ketukan.....	53
Gambar 4.7 Grafik korelasi nilai qc terhadap konsistensi kekerasan tanah	65
Gambar 4.8 Grafik korelasi kedalaman tanah dengan nilai penurunan tanah	70
Gambar 4.9 Grafik korelasi nilai nspt terhadap konsistensi kekerasan tanah	74
Gambar 4.10 Grafik korelasi nilai nspt terhadap penurunan tanah	77
Gambar 4.11 Profil Penurunan Tanah menggunakan aplikasi <i>Plaxis 2d</i>	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tabel Jadwal Penelitian.....	5
Tabel 2.1 Simbol pada klasifikasi tanah <i>Unfield</i> berdasarkan Bowles, 1989 Larasati, 2016.....	8
Tabel 2.2 Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah Berdasarkan Braja M Das, 1995	9
Tabel 2.3 Ukuran - ukuran ayakan standar menurut Braja M Das, 1995	11
Tabel 2.4 Hubungan Potensi Mengembang dengan Indeks Plastisitas	16
Tabel 2.5 Korelasi tingkat konsistensi tanah dengan nilai konus menurut Terzaghi dan Peck, 1948	18
Tabel 2.6 Hasil penelitian penurunan tanah dengan uji sondir oleh peneliti terdahulu	19
Tabel 2.7 Korelasi antara konsistensi kekerasan tanah dengan nilai SPT untuk tanah granuler dan tanah kohesif (Peck, et al, 1974 dalam FHWA NHI, 2006)	22
Tabel 2.8 Hasil penelitian penurunan tanah dengan uji spt peneliti terdahulu.....	22
Tabel 4.1 Hasil perhitungan dan grafik <i>shieve analisis</i> pada kedalaman 14,5 – 15 m	40
Tabel 4.2 Hasil perhitungan dan grafik <i>shieve analisis</i> pada kedalaman 24,5 – 25 m	42
Tabel 4.3 Hasil perhitungan dan grafik <i>shieve analisis</i> pada kedalaman 34,5 – 35 m	44
Tabel 4.4 Hasil analisis ayakan semua kedalaman di daerah penelitian	45

Tabel 4.5 Hasil uji batas cair sampel tanah pada kedalaman 4.5 – 5 M.....	47
Tabel 4.6 Hasil Uji Batas Cair sampel tanah pada kedalaman 14.5 – 15 M	49
Tabel 4.7 Hasil Uji Batas Cair sampel tanah pada kedalaman 24.5 – 25 M	50
Tabel 4.8 Hasil Uji Batas Cair sampel tanah pada kedalaman 34.5 – 35 M	51
Tabel 4.9 Hasil uji batas plastis sampel tanah pada kedalaman 4.5 – 5 M	52
Tabel 4.10 Hasil uji batas plastis sampel tanah pada kedalaman 14.5 – 15 M	54
Tabel 4.11 Hasil uji batas plastis sampel tanah pada kedalaman 24.5 – 25 M	55
Tabel 4.12 Hasil uji batas plastis sampel tanah pada kedalaman 34.5 – 35 M	56
Tabel 4.13 Hasil uji batas cair dan plastis sampel tanah pada semua kedalaman .	56
Tabel 4.14 Korelasi nilai konus (qc) dengan tingkat konsistensi tanah	58
Tabel 4.15 Hasil perhitungan tanah pada lubang bor 2 menurut Dee Beer dan Marten, 1957.....	66
Tabel 4.16 Korelasi antara konsistensi kekerasan tanah dengan nilai nspt.....	72
Tabel 4.17 Hasil perhitungan penurunan tanah pada lubang bor 2	75
Tabel 4.18 Hasil perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan 3 metode .	81

DAFTAR LAMPIRAN

1. PERHITUNGAN ANALISIS AYAKAN.....	93
A. Perhitungan Analisis Ayakan Pada Kedalaman 14.5 – 15	93
B. Perhitungan Analisis Ayakan Pada Kedalaman 24.5 – 25 M.....	93
C. Perhitungan Analisis Ayakan Pada Kedalaman 34.5 – 35 M.....	93
2. PERHITUNGAN BATAS CAIR KEDALAMAN 4.5 – 5 M.....	94
3. PERHITUNGAN BATAS PLASTIS KEDALAMAN 4.5 – 5 M.....	96
4. HASIL UJI SONDIR LAPANGAN.....	99
4.1. Perhitungan Penurunan Tanah Menggunakan Uji Sondir	104
5. HASIL UJI SPT LAPANGAN	107
5.1. Data Hasil Uji Laboratorium SPT	108
5.2. Perhitungan Penurunan Tanah Menggunakan Uji SPT.....	112
6. FOTO DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA LAPANGAN.....	118
7. FOTO DOKUMENTASI ANALISIS LABORATORIUM	116

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam pembangunan konstruksi, tanah mempunyai peranan yang sangat penting. Dalam hal ini, tanah berfungsi sebagai penahan beban akibat konstruksi di atas tanah yang harus bisa memikul seluruh beban bangunan dan beban lainnya yang turut diperhitungkan. Untuk mencapai suatu kondisi tanah yang memungkinkan dalam menahan beban akibat konstruksi di atasnya, maka diperlukan perencanaan yang matang. Dari tahun ke tahun ketersediaan lahan untuk pembangunan fasilitas yang diperlukan manusia semakin terbatas yang mengakibatkan tidak dapat dihindarinya pembangunan di atas tanah lempung. Pembangunan konstruksi di atas tanah lempung akan mendapatkan beberapa masalah Geoteknik, bila suatu lapisan tanah mengalami tambahan beban di atasnya maka air pori akan mengalir dari lapisan tersebut dan volumenya akan menjadi lebih kecil, peristiwa inilah yang disebut dengan penurunan tanah. Pada waktu penurunan tanah berlangsung, gedung atau bangunan di atas lapisan tersebut akan menurun. Penurunan pada tanah lempung biasanya memakan waktu yang lama, karena daya rembesan air sangat lemah.. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan memperkirakan terjadinya penurunan tanah pada lubang bor 2 pembangunan *Flyover* SKA di daerah Jalan Tuanku Tambusai - Jl Arengka, Kota Pekanbaru.

Pembangunan yang akan dilaksanakan di daerah ini menjadi dasar penelitian ini. Untuk mengetahui bagaimana persebaran ukuran butir pada lapisan tanah, batas-batas atterberg, dan kemungkinan terjadinya penurunan tanah dengan menggunakan data uji Sondir, uji Spt dan aplikasi *Plaxis 2d*

1.2 RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana persebaran ukuran butir sampel tanah dari setiap lapisan tanah yang terdapat pada lubang bor 2 ?
2. Berapa nilai dari batas cair, batas plastis dan plastis indeks sampel tanah dari setiap lapisan tanah yang terdapat pada lubang bor 2?
3. Bagaimana hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada lubang bor 2 dengan menggunakan metode uji sondir?
4. Bagaimana hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada lubang bor 2 dengan menggunakan metode uji spt?
5. Bagaimana hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada lubang bor 2 dengan menggunakan *software plaxis 2d*?
6. Bagaimana perbandingan antara hasil perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan metode uji sondir, metode uji spt dengan *software plaxis 2d*?
7. Bagaimana hubungan antara hasil analisis ayakan, analisis batas cair, batas plastis dengan hasil perhitungan penurunan tanah dari masing-masing metode?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

1. Untuk mengetahui persebaran ukuran butir sampel tanah dari setiap lapisan tanah yang terdapat pada lubang bor 2.
2. Untuk mengetahui nilai dari batas cair, batas plastis dan plastis indeks sampel tanah dari setiap lapisan tanah yang terdapat pada lubang bor 2
3. Untuk mengetahui hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada lubang bor 2 dengan menggunakan metode uji sondir
4. Untuk mengetahui hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada lubang bor 2 dengan menggunakan metode uji spt
5. Untuk mengetahui hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada lubang bor 2 dengan menggunakan *software plaxis 2d*

6. Untuk mengetahui perbandingan antara hasil perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan metode uji sondir, metode uji spt dengan *software plaxis 2d*
7. Untuk mengetahui hubungan antara hasil analisis ayakan, analisis batas cair, batas plastis dengan hasil perhitungan penurunan tanah dari masing-masing metode

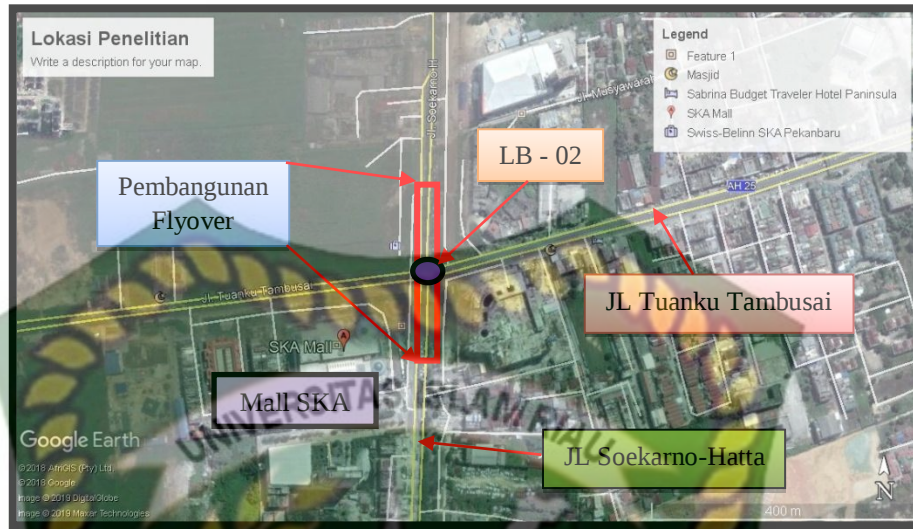
1.4 BATASAN PENELITIAN

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan sumber data uji sondir dan uji spt dalam menghitung penurunan tanah yang terjadi, dan analisis ayakan sampel tanah serta analisis batas-batas atterberg sampel tanah dari lubang bor ke 2 pada pembangunan *Flyover* SKA di daerah Jalan Tuanku Tambusai - Jl Arengka, Kota Pekanbaru.
2. Dalam penelitian ini, pada perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan aplikasi *plaxis 2d*, beban yang diberikan terhadap tanah telah ditetapkan sebesar 2,5 ton yang setara dengan berat normal satu truk.
3. Perhitungan penurunan tanah hanya untuk mengetahui besaran nilai penurunan tanah yang terjadi di daerah penelitian tanpa menghitung atau memperkirakan waktu yang dibutuhkan selama penurunan tersebut terjadi.

1.5 LOKASI PENELITIAN

Secara administrasi, daerah penelitian terletak di Jalan Arengka – Jalan Tuanku Tambusai, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Secara geografis, daerah penelitian terletak pada koordinat $00^{\circ}29'54.93''$ - $00^{\circ}30'5.48''$ Lintang Selatan dan $101^{\circ}25'8.87''$ - $101^{\circ}25'9.34''$ Bujur Timur.



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian Berdasarkan Google Earth

1.6 MANFAAT PENELITIAN

1. Menambah pengetahuan mengetahui studi geologi keteknikan dan khususnya dalam analisis penurunan tanah dalam suatu konstruksi bangunan.
2. Memperkuat pemahaman mengenai penerapan aplikasi geologi keteknikan.
3. Meningkatkan Kemampuan mengintegrasikan analisis data - data yang diperoleh dari lapangan dalam analisis geologi keteknikan.
4. Melengkapi dan menambah hasil studi maupun data-data yang belum terlengkapi dari penelitian terdahulu, khususnya yang terkait dengan daerah penelitian.
5. Dengan penelitian ini diharapkan dapat memajukan dunia pendidikan yang terkait dengan ilmu kebumihan, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, Riau umumnya dan bagi kemajuan bangsa dan negara pada khususnya.

**Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau**

Tabel 1.1 Tabel Jadwal Penelitian

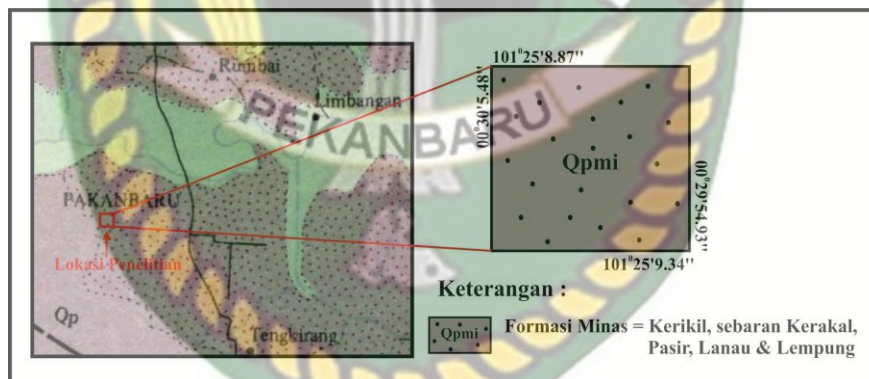
BULAN MINGGU	JANUARI 2019				FEBRUARI 2019				MARET 2019				APRIL 2019				MEI 2019				JUNI 2019				JULI 2019	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Pembuatan Proposal																										
Survey Lokasi Penelitian																										
Pengurusan Perizinan Penelitian																										
Kegiatan Penelitian																										
Pengolahan Data dan Pembuatan Laporan																										
Seminar Hasil																										

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 GEOLOGI REGIONAL PEKANBARU

Kota Pekanbaru memiliki topografi yang bervariasi yaitu, landai, berombak sampai bergelombang, dengan kondisi geologi terdiri dari endapan alluvial yang terbentuk akibat proses pengangkutan dan pengendapan sisa-sisa bahan induk oleh aliran sungai. Kondisi lahan pada Kota Pekanbaru mempunyai karakteristik yang rentan terhadap gangguan alami maupun pengolahan lahan yang berlebihan. Lahan di Kota Pekanbaru terdiri dari Formasi Minas, Aluvium muda dan Aluvium tua. Menurut Clarke et al, (1982) Formasi Alluvium muda dan Alluvium tua terbentuk pada zaman Kuartar. Alluvium tua umumnya merupakan bagian lahan dengan kondisi kering, sedangkan Aluvium muda menempati cekungan atau daerah belakang pantai yang berawa dengan alur pasang surut.



Gambar 2.1 Geologi Regional Kota Pekanbaru (M.C.G Clarke et al, 1982.)

Daerah penelitian termasuk kedalam Formasi Minas yang merupakan endapan kuartar yang disusun oleh pasir, 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 berupa campuran kerikil, pasir dan lempung.

2.2 PENGERTIAN TANAH

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak diatas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 2002). Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran), mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang - ruang kosong diantara partikel - partikel padat tersebut (Das, 1995).

Tanah juga merupakan kumpulan-kumpulan dari bagian - bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga - rongga diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef, 1994). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida - oksida yang mengendap diantara partikel - partikel. Ruang diantara partikel - partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya (Hardiyatmo, 1992).

Tanah dapat didefinisikan sebagai gumpalan atau komposisi butiran-butiran mineral-mineral dan materi organik yang relatif lemah ikatan antar butirnya yang terdapat dari permukaan bumi hingga ke lapisan batuan padat. Ikatan antar butir yang lemah ini pada umumnya dapat dipisahkan hanya dengan sedikit gangguan mekanis, misalnya dengan mengaduknya di dalam air. Butiran-butiran mineral yang membentuk bagian padat dari tanah merupakan hasil pelapukan dari batuan

2.3 KLASIFIKASI TANAH

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengelompokan tanah berdasarkan sifat dan ciri tanah yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok subkelompok berdasarkan pemakaian. Berikut ini adalah sistem klasifikasi tanah yang digunakan, yaitu :

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

tanah tersebut. Berikut ini adalah beberapa klasifikasi tanah yang pada umumnya digunakan, yaitu :

2.3.1. Klasifikasi Tanah dengan Sistem USCS (*Unified Soil Classification System*) Menurut Bowles, 1989.

Sistem klasifikasi tanah yang paling terkenal di kalangan para ahli teknik tanah dan pondasi adalah klasifikasi sistem USCS. Dalam USCS, suatu tanah diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*) yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No. 200 ($F_{200} < 50$). Simbol kelompok diawali dengan G untuk kerikil (*Gravel*) atau tanah berkerikil (*Gravelly Soil*) dan S untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir (*Sandy Soil*).
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*) yang lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200 ($F_{200} > 50$). Simbol kelompok diawali dengan M untuk lanau inorganik (*Inorganic Silt*), C untuk lempung inorganik (*Inorganic Clay*), O untuk lanau dan lempung organik. Symbol Pt digunakan untuk gambut (*Peat*) dan tanah dengan kandungan organik tinggi.

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

<u>Jenis Tanah</u>	<u>Prefiks</u>	<u>Sub Kelompok</u>	<u>Surfiks</u>
<u>Kerikil</u>	<u>G</u>	<u>Gradasi Baik / Grsdsi Buruk</u>	<u>W / P</u>
<u>Pasir</u>	<u>S</u>	<u>Berlanau</u>	<u>M</u>
		<u>Berlempung</u>	<u>C</u>
<u>Lanau</u>	<u>M</u>		
<u>Lempung</u>	<u>C</u>	<u>WL < 50%</u>	<u>L</u>

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)

2.3.2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butiran

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, 1995

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).

2.4 ANALYSIS AYAKAN (*SHIEVE ANALYSIS*)

Pengukuran ukuran butiran tanah merupakan hal penting dalam mengetahui sifat tanah sangat tergantung pada ukuran butirnya. Sieve analisis (analisa ayakan) 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.

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 conto tanah itu. Ukuran-ukuran saringan berkisar dari lubang berdiameter 4,750 mm (No.4) sampai 0,075 mm (No.200).

Semua lubang terbentuk bujur sangkar jadi yang disebut sebagai diameter partikel tanah sebenarnya hanyalah merupakan patokan, sebab kemungkinan

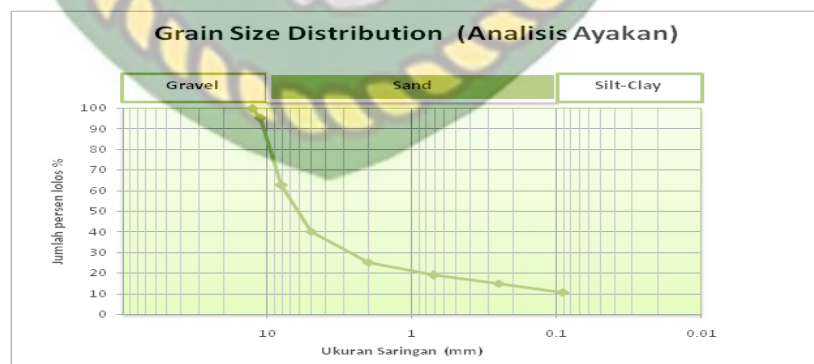
lolos suatu partikel pada suatu saringan yang berukuran tertentu akan tergantung pada ukuran dan orientasinya terhadap lubang saringan.

Berikut ini merupakan tabel ukuran ayakan standar, yaitu :

Tabel 2.3 Ukuran - ukuran ayakan standar menurut Braja M Das, 1995

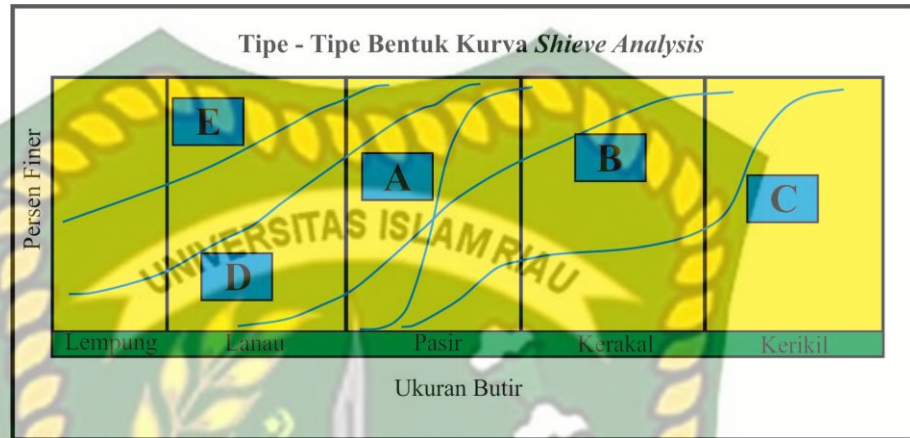
No. Ayakan	Lubang (mm)	No. Ayakan	Lubang (mm)
4	4,750	50	0,300
6	3,350	60	0,250
8	2,360	80	0,180
10	2,000	100	0,150
16	1,180	140	0,106
20	0,850	170	0,088
30	0,600	200	0,075
40	0,425		

Hasil dari analisa ayakan umumnya digambarkan di dalam kertas semilogaritma, yang dikenal sebagai kurva distribusi ukuran butiran.



Gambar 2.2 Kurva distribusi ukuran butir pada analisis ayakan menurut Braja M Das, 1995

Bentuk dari kurva distribusi ukuran butir pada analisis ayakan dapat di klasifikasikan dengan menggunakan klasifikasi seperti yang dibawah ini :



Gambar 2.3 Tipe-tipe bentuk kurva analisis ayakan menurut Bowles, 1989 dengan sistem *USCS*

Keterangan :

- A. Pasir sedang yang memiliki gradasi buruk, biasanya diendapkan pada lingkungan estuarine atau dataran banjir alluvium
- B. Pasir Kerikil yang bergradasi baik
- C. Pasir kerakal yang memiliki gap dalam gradasi
- D. Lanau Pasiran, biasanya diendapkan pada lingkungan delta atau lanau estuarine
- E. Lempung Lanauan.

2.5 BATAS – BATAS ATTERBERG

Seorang ilmuwan Swedia bernama 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.



Gambar 2.4 Batas Batas Atterberg berdasarkan Braja M Das, 1995

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

2.5. 1 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair merupakan salah satu titik perubahan / transisi dari keadaantanah yang digolongkan oleh sifat mekanik dan tergantung kepada kadar airnya (Asep, 1990). Definisi lain dari batas cair adalah kadar air minimum di mana sifat suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis. Besaran batas cair digunakan untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah (Lexono, 2009). Menurut Panduan SNI (Standar Nasional Indonesia) 1967:2008 tentang Cara Pengujian Batas Cair Tanah, batas cair tanah adalah kadar air ketika sifat tanah pada batas dari keadaan cair menjadi plastis. Nilai batas cair tanah merupakan besaran kadar air dalam persen yang ditentukan dari 25 ketukan pada pengujian batas cair

Batas cair adalah harga kadar air tanah pada batas Antara keadaan cair dan plastis, atau dengan perkataan lain adalah harga kadar air minimum dimana tanah masih berada dalam keadaan cair, atau mulai mengalir karena beratnya sendiri. Berdasarkan percobaan dengan menggunakan cassagrande, maka nilai

batas cair adalah kadar air tanah saat dicapai ketukan mangkuk cassagrande 25 kali, dimana celah standar yang dibentuk menutup sepanjang 12,7 mm dalam 25 kali ketukan sangatlah sulit untuk didapatkan. Mangkok kuningan dapat diangkat dan dijatuhkan diatas bantalan karet keras dengan sebuah pengungkit eksentris yang dijalankan oleh suatu alat pemutar. Untuk melakukan uji batas cair, tanah diletakan dalam mangkok kuningan, kemudian di gores tepat ditengahnya dengan menggunakan alat penggores standar. Dengan menjalankan alat pemutar, mangkok dinaik-turunkan dengan ketinggian 10 mm. pengujian ini akan lebih baik dilakukan paling sedikit empat kali pada tanah yang sama tetapi kadar air yang berbeda-beda sehingga jumlah ketukan N yang digunakan untuk menutup goresan bervariasi antara 10 sampai 40 tumbukan.

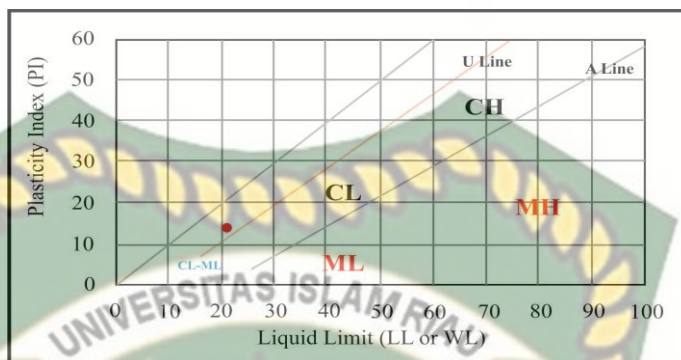
2.5.2 Batas Plastik (*Plastic Limit*)

Batas plastis merupakan batas antara tanah dengan keadaan semi plastis dan tanah dengan keadaan plastis (Asep, 1990).). Menurut Panduan SNI (Standar Nasional Indonesia) 1967:2008 tentang cara Pengujian Batas Cair Tanah, batas plastis tanah adalah batas terendah kadar air ketika tanah masih dalam keadaan plastis

Batas plastik didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara plastis dan semi padat, yaitu % kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak – retak ketika digulung. Batas plastis dapat ditentukan dengan pengujian yang sederhana dengan cara menggulung sejumlah tanah dengan menggunakan tanah secara berulang menjadi bentuk ellipsoidal. Kadar air contoh tanah yang mana tanah mulai retak – retak didefinisikan sebagai batas plastis.

Hasil perhitungan nilai plastisitas dan indeks plastisitas kemudian dapat di proyeksikan kedalam kurva hubungan indeks plastisitas dengan batas cair

berdasarkan Braja M Das, 1995 untuk mengklasifikasikan jenis tanah dengan sistem *USCS*



Gambar 2.5 Grafik indeks plastisitas dan batas cair menurut Braja M Das, 1995 sistem klasifikasi tanah *USCS*

Keterangan :

C = *Clay* (Lempung)

M = *Silt* (Lanau)

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

Kelompok ML dan MH adalah tanah yang diklasifikasikan sebagai lanau pasir, lanau lempung atau lanau organik dengan plastisitas relatif rendah. Juga termasuk tanah jenis butiran lepas, tanah yang mengandung mika juga beberapa jenis lempung kaolinite dan illite. Kelompok CH dan CL terutama adalah lempung organik. Kelompok CH adalah lempung dengan plastisitas sedang sampai tinggi. Lempung dengan plastisitas rendah yang diklasifikasikan CL biasanya adalah lempung pasir atau lempung lanau.

Hasil uji nilai plastisitas sampel tanah yang telah di uji dilaboratorium, kemudian dapat menentukan plastisitas tanah yang terjadi dengan menggunakan klasifikasi indeks plastisitas tanah menurut Chen, 1975.

Tabel 2.4 Hubungan Potensi Mengembang dengan Indeks Plastisitas (Chen, 1975)

Potensi Mengembang

Indeks Plastisitas

Rendah	0 – 15
Sedang	10 – 35
Tinggi	20 – 55
Sangat Tinggi	>35

2.6 PENURUNAN TANAH (*SETTLEMENT*)

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

Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Penurunan yang terjadi pada tanah yang berbutir kasar dan tanah berbutir halus kering atau tidak jenuh terjadi dengan segera setelah beban bekerja. Penurunan dalam kondisi ini disebut penurunan segera (*immediate settlement*). penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) terjadi pada tanah berbutir halus yang terletak di bawah muka air tanah. Penurunan yang terjadi memerlukan waktu, yang lamanya tergantung pada kondisi lapisan tanah. Penurunan tanah segera merupakan penurunan tanah yang terjadi pada setelah pembebanan dalam waktu 7 hari (Bowles, 1996). Penurunan segera terjadi pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus kering (tidak jenuh),

Penurunan ini bersifat elastis, dalam praktek sangat sulit diperkirakan besarnya penurunan ini. Penurunan segera ini banyak diperhatikan pada fondasi bangunan yang terletak pada tanah granuler atau tanah berbutir kasar.



Gambar 2.6 Kerusakan bangunan akibat penurunan segera (*settlement*)

2.6.1 PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN UJI SONDIR (*CONE PENETRATION TEST*).

Tujuan sondir secara umum adalah untuk mengetahui kekuatan tanah tiap kedalaman dan stratifikasi tanah secara pendekatan. Pada percobaan ini tidak ada contoh tanah yang di ambil untuk uji labulaturium. Uji ini dilakukan untuk mengetahui elevasi lapisan “keras” (*Hard Layer*) dan homogenitas tanah dalam arah lateral. Hasil *Cone Penetration Test* disajikan dalam bentuk diagram sondir yang mencatat nilai tahanan konus dan friksi selubung, kemudian digunakan untuk menghitung daya dukung serta kemungkinan penurunan pondasi yang diletakkan pada tanah tersebut. Penyondiran ini dilaksanakan hingga mencapai lapisan tanah keras dimana alat ini dilengkapi dengan *Adhesion Jacket Cone type Bagemann* yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*cone resistance*) dan hambatan lekat (*local friction*) secara langsung dilapangan.

Pembacaan manometer dilakukan setiap interval 2.00 m. dimana nilai perlawanan konus telah mencapai 250 kg/cm² atau telah mencapai jumlah hambatan lekat 2.50 ton (kapasitas alat). Hasil penyondiran disajikan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman

sondir dibawah muka tanah dan besarnya nilai perlawanan konus (qc) serta jumlah hambatan pelekat (tf). Uji Sondir dapat digunakan untuk mengetahui profil tanah, kepadatan relatif (untuk pasir), kuat geser tanah, kekakuan tanah, permeabilitas tanah atau koefisien konsolidasi, kuat geser selimut tiang, dan kapasitas daya dukung tanah.

Gambar 2.7 Alat uji sondir atau cpt (*cone penetration test*)

Hasil uji sondir dilapangan dapat dikorelasikan antara nilai konus (qc) dengan Tingkat konsistensi Tanah :

Tabel 2.5 Korelasi tingkat konsistensi tanah dengan nilai konus menurut Terzaghi dan Peck, 1948

Nilai Konus Hasil Uji Sondir qc (Kg/cm ²)	Konsistensi Tanah
< 5	Tanah Sangat Lunak
6 - 10	Tanah Lunak
11 - 35	Tanah Agak Lunak
36 - 60	Tanah Sedang / Kaku
61 - 120	Tanah Agak Keras
> 120	Tanah Keras

Berikut ini adalah hasil penelitian penurunan tanah oleh beberapa peneliti

Tabel 2.6 Hasil penelitian penurunan tanah dengan uji sondir oleh peneliti terdahulu terdahulu, yaitu :

Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Terdahulu		
Ali Fauziah	Kajian Geoteknik	Pada titik S-1, S-2, dan S-3, uji

2016	untuk Perencanaan Pembangunan Pemukiman Baru di Kawasan Handil Berkat Makmur, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah	dihentikan ketika mencapai kedalaman 25 m walaupun nilai qc belum menembus 150 kg/cm ² . Nilai qc telah mencapai 150 kg/cm ² pada kedalaman 24 m di titik S-4 dan S-5. Hasil uji sondir yang diplot pada diagram rasio gesekan dan qc sebagian besar berada pada area lempung berlanau-lanau berlempung dan lempung. Hanya dua nilai, masing-masing berasal dari S- 4 dan S-5, yang berada pada area lanau berpasir dan lanau
Muhammad Muntaha 2011	Penelitian Kondisi Tanah Bawah Per - mukaan Jalan Raya Babat-Bojonegoro-Padangan	Hasil pengujian 2 titik sondir di Km 133+500 dengan nilai konus tanah pada kedalaman 0 sampai dengan 20 meter adalah kurang dari 50 kg/cm ² , dengan JHP mendekati 2500 kg/cm. Hasil yang sangat khas dari karakteristik tanah lempung, yaitu tahanan ujung kecil tetapi lekatannya besar. Tanah dengan nilai Konus < 25 merupakan tanah yang sangat lunak (J.E. Bowles, 1984)[5], hasil penyelidikan 2 titik sondir menunjukkan hal ini, sehingga menunjukkan bahwa tanah dibawah jalan Km 133+500

merupakan tanah yang sangat lunak, hasil ini sesuai dengan hasil yang di dapat dari pengujian SPT

2.6.2 PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN UJI SPT (*STANDARD PENETRATION TEST*).

SPT (*Standard penetration test*) adalah salah satu jenis uji tanah yang sering digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah selain CPT. SPT dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan.

Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap.

Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap ke-dua dan ke-tiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT (dinyatakan dalam pukulan /0,3 m). Teknik pemboran yang baik merupakan salah satu prasyarat untuk mendapatkan hasil uji SPT yang baik. Teknik pemboran yang umum digunakan adalah teknik bor bilas (*wash boring*), teknik bor inti (*core drilling*) dan bor ulir (*auger boring*). Peralatan yang digunakan pada masing-masing teknik pemboran harus mampu menghasilkan lubang bor yang bersih untuk memastikan bahwa uji SPT dilakukan pada tanah yang relatif tidak terganggu.

Bila digunakan teknik bor bilas maka mata bor yang digunakan harus mempunyai jalan air melalui samping mata bor dan bukan melalui ujung mata

bor. Apa bila air yang dipompakan melalui batang pancang kedasar lubang keluar dari ujung mata bor maka aliran air dari ujung mata bor tersebut dapat mengakibatkan terjadinya pelunakan\ganguan pada dasar lubang bor, yang pada gilirannya akan menghasikkan nilai N yang lebih rendah dari pada yang seharusnya.

Hasil Perhitungan nilai penurunan tanah dengan menggunakan nilai SPT dapat dikorelasikan dengan sifat tanah berdasarkan Peck, et al, 1974 dalam FHWA NHI, 2006.

Gambar 2.8 Alat uji spt (*standart penetration test*)

Tabel 2.7 Korelasi antara konsistensi kekerasan tanah dengan nilai SPT untuk tanah granuler dan tanah kohesif (Peck, et al, 1974 dalam FHWA NHI, 2006)

Pasir		Lanau dan Lempung	
No SPT	Konsistensi	No SPT	Konsistensi
0 – 4	Sangat Lunak	< 2	Sangat Lunak
5 – 10	Lunak	2 – 4	Lunak
11 – 30	Kekerasan Sedang	5 – 8	Menengah
31 - 50	Keras	9 – 15	Kaku
> 50	Sangat Keras	16 – 30	Sangat Kaku
		> 30	Keras

Berikut ini adalah hasil penelitian penurunan tanah dengan uji spt oleh peneliti terdahulu, yaitu :

<i>Peneliti</i>	Judul Penlitian	Hasil Penelitian
-----------------	-----------------	------------------

Tabel 2.8 Hasil penelitian penurunan tanah dengan uji spt oleh peneliti terdahulu

Terdahulu

Muhammad Muntaha, 2011 Penelitian Kondisi Tanah Bawah Permukaan Jalan Raya Babat-Bojonegoro-Padangan Dari Borlog dan SPT tanah dasar jalan Km 133+500 dapat diketahui bahwa kondisi tanah dasar jalan pada kedalaman 0 sampai dengan 20 meter adalah tanah lempung dengan nilai SPT mulai 2 sampai 8, kemudian lapisan lensa pasir pada kedalaman 21 sampai 24 meter dengan nilai SPT 8 sampai 14, selanjutnya adalah tanah lempung sampai akhir pengeboran Berdasarkan nilai SPT tanah yang berkisar antara 2 sampai 8, maka tanah dasar dibawah perkerasan jalan BojonegoroPadangan tanah sangat lunak sampai lunak (very soft – soft).

2.6.3 PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PLAXIS 2D

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*

Plaxis 2d merupakan program finite elemen yang digunakan dalam aplikasi geoteknik untuk memodelkan tanah dan simulasi kelakuan tanah. Dalam berbagai kasus geoteknik program *Plaxis 2d* dapat melakukan analisis deformasi dan stabilitas tanah. Kondisi tanah yang sebenarnya dimodelkan dengan model plane strain maupun dengan model axisymmetric. *Plaxis 2d* menyajikan beberapa permodelan untuk mensimulasikan beberapa tingkah laku dari tanah. Material model merupakan suatu set persamaan matematika yang menggambarkan hubungan antara tegangan dan regangan. Permodelan-permodelan tersebut adalah Permodelan Linear Elastic, Permodelan Mohr-Coulomb, Permodelan Jointed-Rock, Permodelan Hardening soil, Permodelan Soft Soil, Permodelan Soft Soil Creep, Permodelan User-Defined Soil. menyajikan beberapa permodelan untuk mensimulasikan beberapa tingkah laku dari tanah. Material model merupakan suatu set persamaan matematika yang menggambarkan hubungan antara tegangan dan regangan. Permodelan-permodelan tersebut adalah Permodelan *Linear Elastic*, Permodelan *Mohr-Coulomb*, Permodelan *Jointed-Rock*, Permodelan *Hardening soil*, Permodelan *Soft Soil*, Permodelan *Soft Soil Creep*, dan Permodelan *User-Defined Soil*.

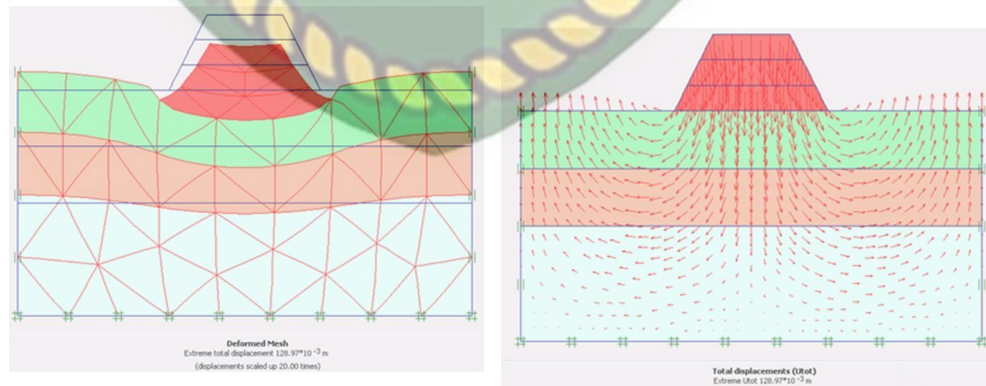
Permodelan *Mohr-Coulomb* digunakan sebagai perkiraan awal dari tingkah laku tanah secara umum. Permodelan ini meliputi lima parameter, yaitu *Young's modulus*, E , *Poisson's ratio*, ν , kohesi, c , sudut geser, ϕ , dan sudut dilatansi, ψ . Permodelan *Linear Elastic* menggambarkan hukum Hooke mengenai *linear elastic isotropis*. Permodelan ini meliputi dua parameter kekakuan elastis, yaitu *Young's modulus*, E , dan *Poisson's ratio*, ν . Permodelan linear elastis terbatas untuk simulasi kelakuan tanah. Permodelan ini biasa digunakan untuk struktur kaku pada tanah.

Berikut ini adalah hasil penelitian penurunan tanah oleh peneliti terdahulu, yaitu Penelitian dilakukan oleh Jumanoro (2015) tentang pembuatan tanggul (*embankment*) dengan menggunakan program *Plaxis*, dengan hasil sebagai berikut :



Gambar 2.9 Penggambaran Geometri pada Program *Plaxis*

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 2.10 *Deformed Mesh* dan *Total Displacements*

Berdasarkan hasil profil penurunan tanah *Deformed Mesh* dan *Total Displacements* diperoleh nilai penurunan tanah sebesar $128,97 \times 10^{-3}$ meter atau 12,897 centimeter



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 OBJEK PENELITIAN

Dalam penelitian tugas akhir ini, yang menjadi objek penelitian :

1. Ukuran butir sampel tanah dari setiap lapisan tanah pada lubang bor 2.
2. Batas cair (*Liquid Limit*) adalah kadar air pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis dari sampel tanah di daerah penelitian.
3. Batas plastis (*Plastic Limit*) adalah kadar air pada batas bawah dengan plastis dari sampel tanah di daerah penelitian.
4. Penurunan lapisan tanah (*Settlement*) di daerah penelitian.

3.2 ALAT – ALAT YANG DIGUNAKAN

Untuk mempermudah dan memperlancar kerja dalam pelaksanaan penelitian serta analisis laboratorium tugas akhir ini diperlukan alat-alat yang lengkap. Peralatan–peralatan yang digunakan tersebut adalah :

- a. Alat Uji Sondir Tanah
- b. Alat Uji Spt Tanah
- c. Kantong Sampel
- d. Spidol Permanen
- e. Timbangan
- f. Ayakan
- g. Oven
- h. Kuas
- i. Wadah
- j. Sendok
- k. Plat Kaca
- l. Cawan
- m. Cassagrande

3.3 LANGKAH – LANGKAH PENELITIAN

3.3.1 TAHAP PERSIAPAN

- a. Penentuan Daerah Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, dilakukan pemilihan daerah penelitian sesuai dengan topic yang ingin diteliti melalui diskusi bersama dosen pembimbing

b. Studi Pustaka

Studi kepustakaan dilakukan untuk memperoleh gambaran umum mengenai penelitian.

c. Pembuatan proposal

Proposal merupakan modal awal yang dijadikan pedoman dalam penelitian, biasanya terdiri dari bab 1, 2 dan 3 yang berisikan mengenai latar belakang, tujuan, manfaat, permasalahan, tinjauan pustaka dan teori yang digunakan.

d. Perizinan

Proposal yang telah disiapkan bisa digunakan sebagai data tambahan dalam mengurus perizinan penelitian. Perizinan dilakukan dari pihak Universitas Islam Riau dan Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Riau

3.3.2 TAHAP PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian terbagi menjadi dua, yaitu :

A. Metode Pengujian Tanah Dilapangan

Pengujian tanah di lapangan dilakukan dengan melakukan test Sondir untuk mengukur daya dukung tanah melalui tahanan penetrasi dan besarnya nilai lekatan tanah, dan test Boring untuk memperoleh identifikasi data lapisan tanah antara lain jenis tanah, warna tanah, sampel tanah *undisturbed* (sampel tanah tidak terganggu /tanah asli) dan *disturbed* (sampel tanah terganggu).

Adapun langkah – langkah yang harus dilakukan sebagai berikut :

1. Tentukan letak titik bor di daerah penelitian yang akan dibor

2. Buat lubang bor pada titik tersebut dengan linggis dan rangkaikan mata bor dengan batang pipa bor dan memasang stang pemutar, pasang dan letakkan mata bor di atas tanah pada titik yang telah ditentukan, dan lakukan pengeboran
3. Setelah mata bor terisi penuh dengan tanah, kemudian bor diangkat kemudian diperiksa dan dicatat jenis tanah, warna dan kedalaman lapisan tanah
4. Untuk sampel tanah terganggu (*disturbed*), hasil pengeboran tanah yang terdapat dalam mata bor masukkan kedalam kantong plastik dan diberi label.
5. Untuk pengambilan sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed*) yaitu dengan cara merangkai alat batang pipa bor, kop tabung dan tabung sample serta kop batang bor kemudian dimasukkan ke dalam lubang tanah pemboran selanjutnya ditekan dan dipukul dengan hammer.
6. Setelah tabung terisi sampel tanah kemudian diangkat dan tabung sampel dilepas dari rangkaiannya. Kemudian tutup kedua ujung tabung sampel tersebut dengan kantong plastic dan diberi label. Untuk kemudian diperiksa di laboratorium (ASTM D- 1587-1983 ; SNI 03-3969-1995).

Selain uji sondir, juga dilakukan uji spt (*standard penetration test*) adalah salah satu jenis uji tanah yang sering digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah selain sondir. Spt dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Uji spt terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan

berat 63,5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Adapun langkah – langkah yang harus dilakukan sebagai berikut :

- 1) Lakukan pengujian pada setiap perubahan lapisan tanah atau pada interval sekitar 1,50 m s.d 2,00 m atau sesuai keperluan;
- 2) Tarik tali pengikat palu (hammer) sampai pada tanda yang telah dibuat sebelumnya (kira-kira 75 cm);
- 3) Lepaskan tali sehingga palu jatuh bebas menimpa penahan
- 4) Ulangi 2) dan 3) berkali-kali sampai mencapai penetrasi 15 cm;
- 5) Hitung jumlah pukulan atau tumbukan N pada penetrasi 15 cm yang pertama;
- 6) Ulangi 2), 3), 4) dan 5) sampai pada penetrasi 15 cm yang ke-dua dan ke-tiga;
- 7) Catat jumlah pukulan N pada setiap penetrasi 15 cm:
 - a. 15 cm pertama dicatat N1
 - b. 15 cm ke-dua dicatat N2
 - c. 15 cm ke-tiga dicatat N3Jumlah pukulan yang dihitung adalah $N2 + N3$. Nilai N1 tidak diperhitungkan karena masih kotor bekas pengeboran;
- 8) Bila nilai N lebih besar daripada 50 pukulan, hentikan pengujian dan tambah pengujian sampai minimum 6 meter;
- 9) Catat jumlah pukulan pada setiap penetrasi 5 cm untuk jenis tanah batuan.

B. Metode Pengujian Tanah Dilaboratorium

Pengujian sampel *undisturbed* (sampel tanah tidak terganggu/tanah asli) untuk mendapatkan data sifat fisik tanah dan sifat mekanis tanah yang meliputi berat isi, kadar air. Pengujian sampel *disturbed* (sampel tanah terganggu) untuk mendapatkan data ukuran butiran tanah (analisa ayakan), berat jenis butiran tanah, batas cair, batas plastis, dan Indeks

plastis. Hasil pengujian tanah di laboratorium akan diperoleh nilai parameter dari sampel tanah yang di uji, yang akan digunakan untuk menganalisis penurunan tanah di daerah penelitian

3.4 ANALISIS DATA

Adapun analisis data yang harus dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.4.1 SIEVE ANALYSIS (ANALISIS AYAKAN)

Analisis ayakan dilakukan untuk menentukan persebaran ukuran butir halus dan ukuran butir kasar dengan menggunakan 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.



Gambar 3.1 Contoh Grafik Shieve analysis menurut Braja M Das, 1995.

Hasil analisis ayakan yang telah di proyeksikan pada kurva ayakan selanjutnya dapat dihitung karakteristik tanah berdasarkan distribusi ukuran butir menurut Bowles, 1989 dengan sistem *USCS (Unified Soil Classification System)* :

a. Koefisien keseragaman (Cu)

$$C_u = D_{60}/D_{10}$$

Jika nilai $C_u > 5$, mengindikasikan tanah yang bergradasi baik

Jika nilai $C_u < 3$, mengindikasikan tanah yang seragam

b. Koefisien gradasi (C_z)

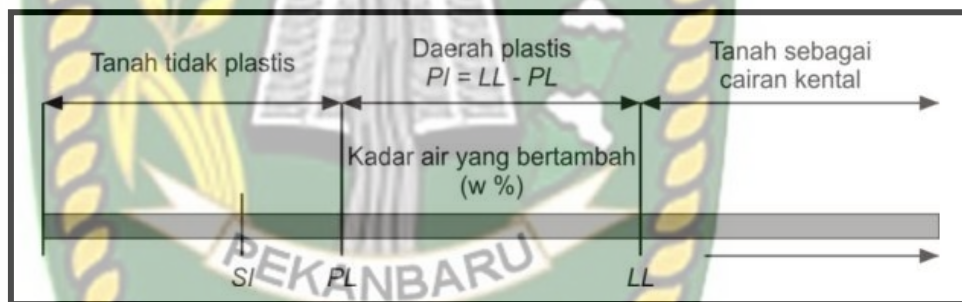
$$C_z = (D_{30})^2 / (D_{60} \times D_{10})$$

Jika nilai $0.5 < C_z < 2$, mengindikasikan tanah yang bergradasi baik

Jika nilai $C_z < 0.1$, mengindikasikan adanya gap pada gradasi tanah

3.4.2 ATTERBERG LIMIT TEST (BATAS – BATAS ATTERBERG)

Atterberg Limit Test merupakan metode yang digunakan untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Tanah memiliki beberapa keadaan tertentu, yaitu dari keadaan cair sampai beku, seperti yang digambarkan dalam diagram sebagai berikut:



Gambar 3.2 Batas-batas Atterberg menurut Braja M Das, 1995.

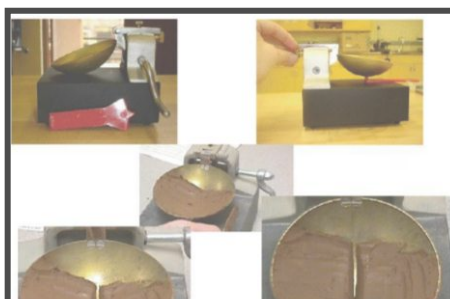
A. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair adalah kadar airtanah pada batas cair dn batas plastis atau kadar air maksimum dimana tanah memiliki geser minimum yaitu pada ketukan ke 25. Adapun rumus dari *Liquid Limit* :

$$LL = \frac{W - PL}{LL - PL}$$

Keterangan :

LL = Liquid Limit W = Berat sampel tanah PL = Plastic Limit

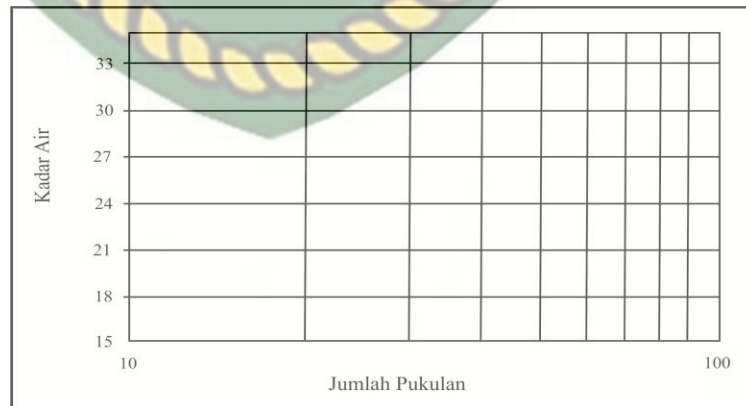


Gambar 3.3 Alat uji batas cair (*cassagrande*)

Uji Batas Cair (Jenis Tanah) :

Nomor Cawan	1	2	3	4
Berat Cawan	Gram			
Berat Cawan + Tanah Basah	Gram			
Berat Cawan + Tanah Kering	Gram			
Berat Tanah Basah	Gram			
Berat Tanah Kering	Gram			
Berat Air	Gram			
Kadar Air (LL)	%			
Jumlah Pukulan	kali			
Rata-rata Batas Cair (LL)				

Gambar 3.4 Contoh Tabel Perhitungan *Liquid Limit*



Gambar 3.5 Contoh Grafik *Liquid Limit* Menurut Braja M Das, 1995.

B. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis adalah harga kadar air pada batas anantara keadaan plastis dan semi padat, atau dengan kata lain harga kadar air pada batas dimana tanah masih mudah dibentuk. Batas plastis dinyatakan dalam persen, dimana tanah jika digulung sampai diameter 3,2 mm menjadi retak – retak. Adapun rumus *Plastic Indeks* (IP) :

$$IP = LL - PL$$

Keterangan :

IP = Indeks Plastis LL = *Liquid Limit* PL = *Plastic Limit*



Gambar 3.6 Contoh Pengujian *Plastic Limit*

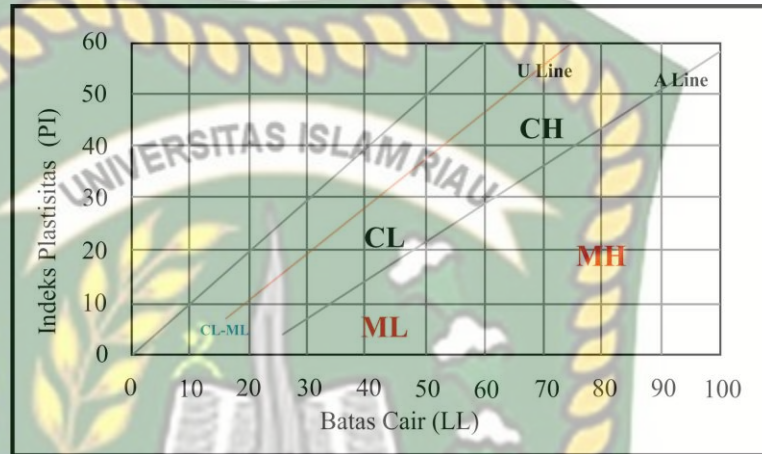
Uji Batas Cair (Jenis Tanah :

Nomor Cawan	1	2	3	4
Berat Cawan	Gram			
Berat Cawan + Tanah Basah	Gram			
Berat Cawan + Tanah Kering	Gram			
Berat Tanah Basah	Gram			
Berat Tanah Kering	Gram			
Berat Air	Gram			

Kadar Air (PL) %

Rata-rata Batas Plastis (PL)

Gambar 3.7 Contoh Tabel Perhitungan *Plastic Limit*



Gambar 3.8 Contoh Grafik *Plastic Limit* Menurut Braja M Das, 1995.

3.4.3 PENURUNAN TANAH SEGERA (*IMMEDIATE SETTLEMENT*) DENGAN MENGGUNAKAN HASIL UJI SONDIR MENURUT DEE BEER DAN MARTEN (1957)

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 Buissman, sebagai berikut :

$$C = \frac{1,5 q_c}{p_o}$$

dengan ,

C = angka pemampatan (angka kompresibilitas)

q_c = tahanan kerucut statis

p_o' = tekanan overburden efektif

satuan q_c dan p_o' harus sama , nilai C disubsitusikan ke persamaan Terzaghi

untuk penurunan pada lapisan tanah, yaitu :

$$S_i = \frac{H}{C} \ln \frac{p_o + \Delta p}{p_o}$$

dengan,

S_i = penurunan akhir dari lapisan setebal H

p_o' = overburden efektif awal, tegangan efektif sebelum beban bekerja

Δp = tambahan tegangan vertikal ditengah lapisan akibat beban pondasi netto.

Dalam menentukan konstanta kompresibilitas (C) diperlukan nilai q_c rata-rata. Penurunan di setiap lapisan yang tertekan oleh beban fondasi dihitung terpisah, dan hasilnya ditambahkan bersama-sama hasilnya akan merupakan penurunan total dari seluruh lapisannya.

3.4.4 PENURUNAN TANAH SEGERA (*IMMEDIATE SETTLEMENT*) DENGAN MENGGUNAKAN HASIL UJI SPT MENURUT BOWLES (1977)

Hasil penyelidikan lapangan dari uji spt (standart penetration test) yang dilakukan oleh Bowles (1977) untuk tanah pasir memberikan hubungan persamaan sebagai berikut :

$$S_i = \frac{2.5 \times q}{10 \times N}$$

dengan,

S_i = Penurunan Segera (Dalam Kg/cm^2)

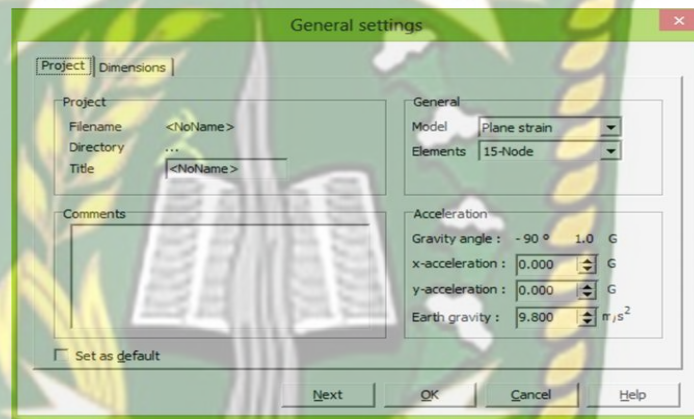
q = Intensitas beban yang diterapkan (Dalam Kip/ft^2 atau Kg/cm^2)

N = Jumlah Pukulan pada Uji SPT

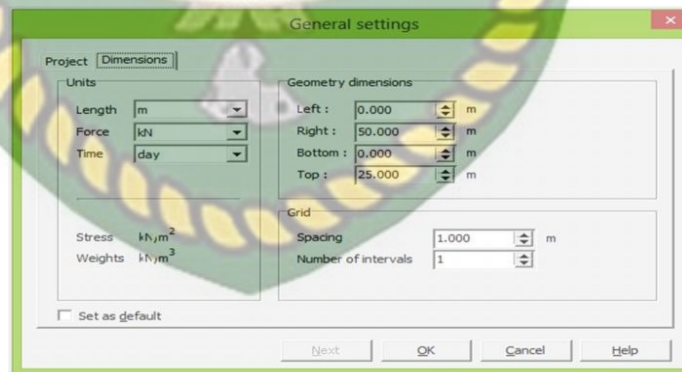
3.4.5 PENURUNAN TANAH SEGERA (*IMMEDIATE SETTLEMENT*) DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PLAXIS 2D

Dalam menganalisa perhitungan dalam bidang geoteknik, banyak digunakan alat bantu berupa *software*. Dalam bidang geoteknik banyak *software* komputer yang berhubungan dengan bidang geoteknik salah satunya adalah *plaxis*. Berikut ini adalah tahapan analisa penurunan tanah dengan menggunakan *software plaxis*, yaitu :

1. Tahap *Input data* : Melakukan input data pada tampilan *General Settings*. Tampilan *General Settings* terdiri dari dua yaitu *Project* dan *Dimensions*



Gambar 3.9 Tampilan *Project* pada *General Settings*

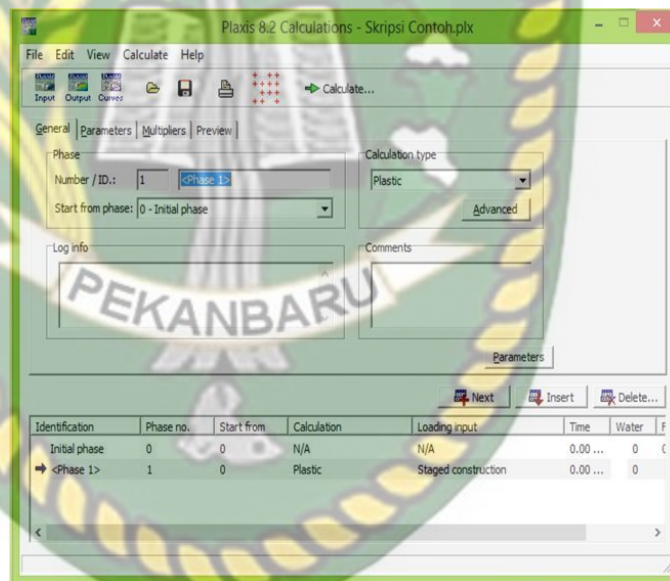


Gambar 3.10 Tampilan *dimensions* pada *General Settings*

Pada *Project box* terdapat *file name*, *directory* dan *title*. *File name* dan *directory* belum terisi karena merupakan lembar kerja baru, sedangkan

pada *title* dapat diisi dengan nama pekerjaan yang akan dianalisa atau nama judul. Tahapan selanjutnya dalam input data ini adalah menggambar geometri 2 dimensi penampang lereng yang akan dianalisis. menentukan kondisi batas (*Standard Fixities*). memasukan sifat-sifat material pada menu *Material Sets*. melakukan penyusunan jaring elemen (*Generated Mesh*), dan menentukan *Closed Consolidation Boundary*.

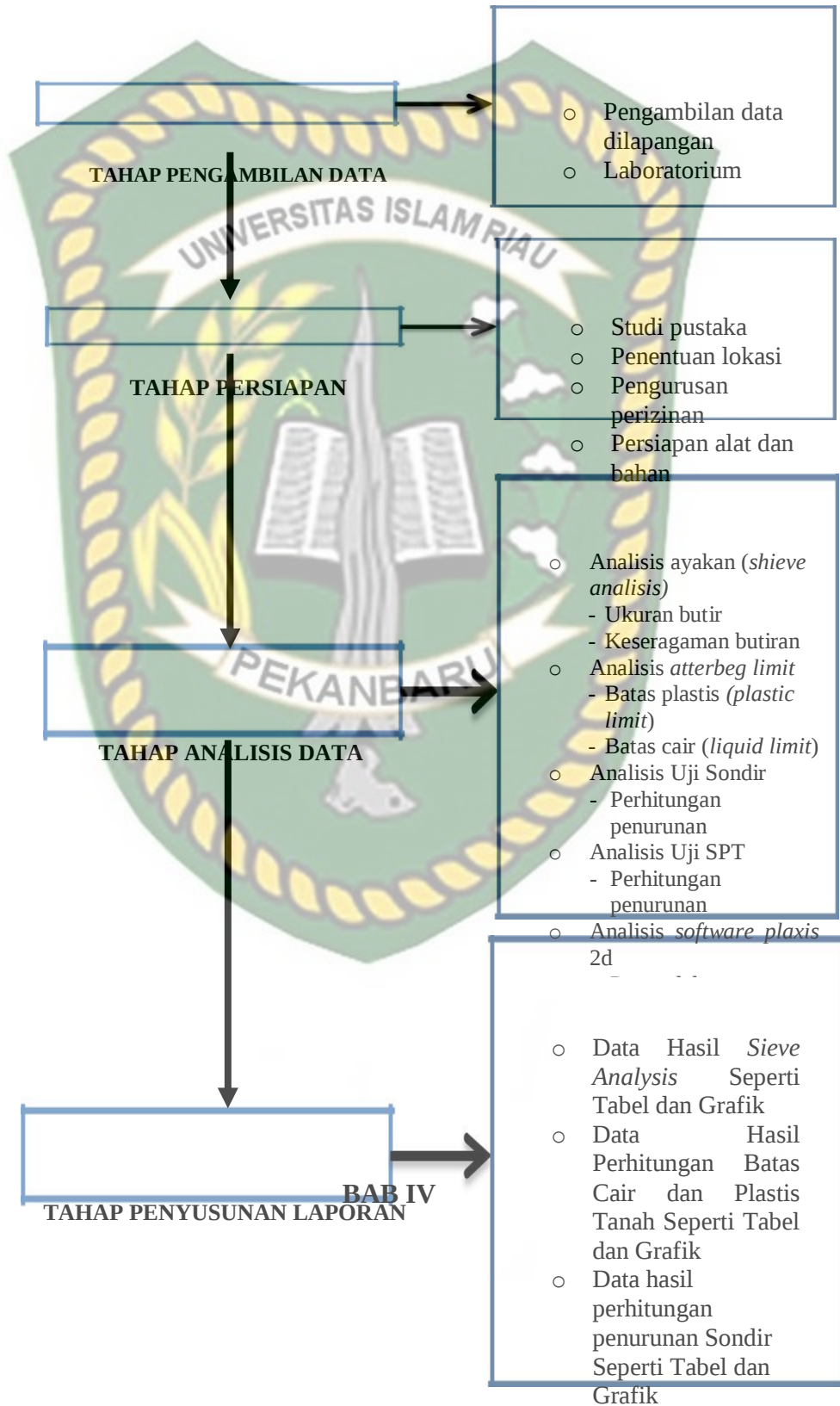
2. Tahap Perhitungan pada *plaxis* dilakukan setelah proses input data selesai. Program ini dapat secara otomatis terbuka setelah memilih toolbar *calculate* pada akhir input program, Jika kalkulasi tidak dilakukan langsung setelah proses input, dapat dilakukan dengan memilih *Calculation Program* pada *start* menu.



Gambar 3.11 Tampilan *calculation program* pada *start menu* *plaxis*

2. Hasil Output Plaxis : hasil perhitungan dapat ditampilkan dalam bentuk profil, seperti profil *vertical displacement*, *horizontal displacement*, *total displacemend* dan *deformed mesh*

DIAGRAM ALIR PENELITIAN



HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 ANALISIS AYAKAN (*SHIEVE ANALYSIS*)

Analisis mekanika tanah dideterminasi berdasarkan ukuran butir. Secara umum analisis mekanika tanah ini terbagi menjadi dua, yang pertama analisis ayakan untuk menentukan persebaran ukuran butir $>0,075$ mm seperti tanah berpasir, yang kedua analisis hydrometer untuk menentukan persebaran ukuran butir partikel tanah jika ukuran butir tanah $<0,075$ mm atau digunakan untuk jenis tanah lanau atau tanah lempung.

Pada penelitian ini jenis tanah di daerah penelitian didominasi oleh tanah berpasir, sehingga analisis ayakan digunakan untuk menentukan persebaran ukuran butir tanah. Berikut ini adalah hasil analisis ayakan sampel tanah pada lubang bor 02 di daerah penelitian :

4.1.1 ANALISIS AYAKAN SAMPEL TANAH (KEDALAMAN 14,5 – 15 M)

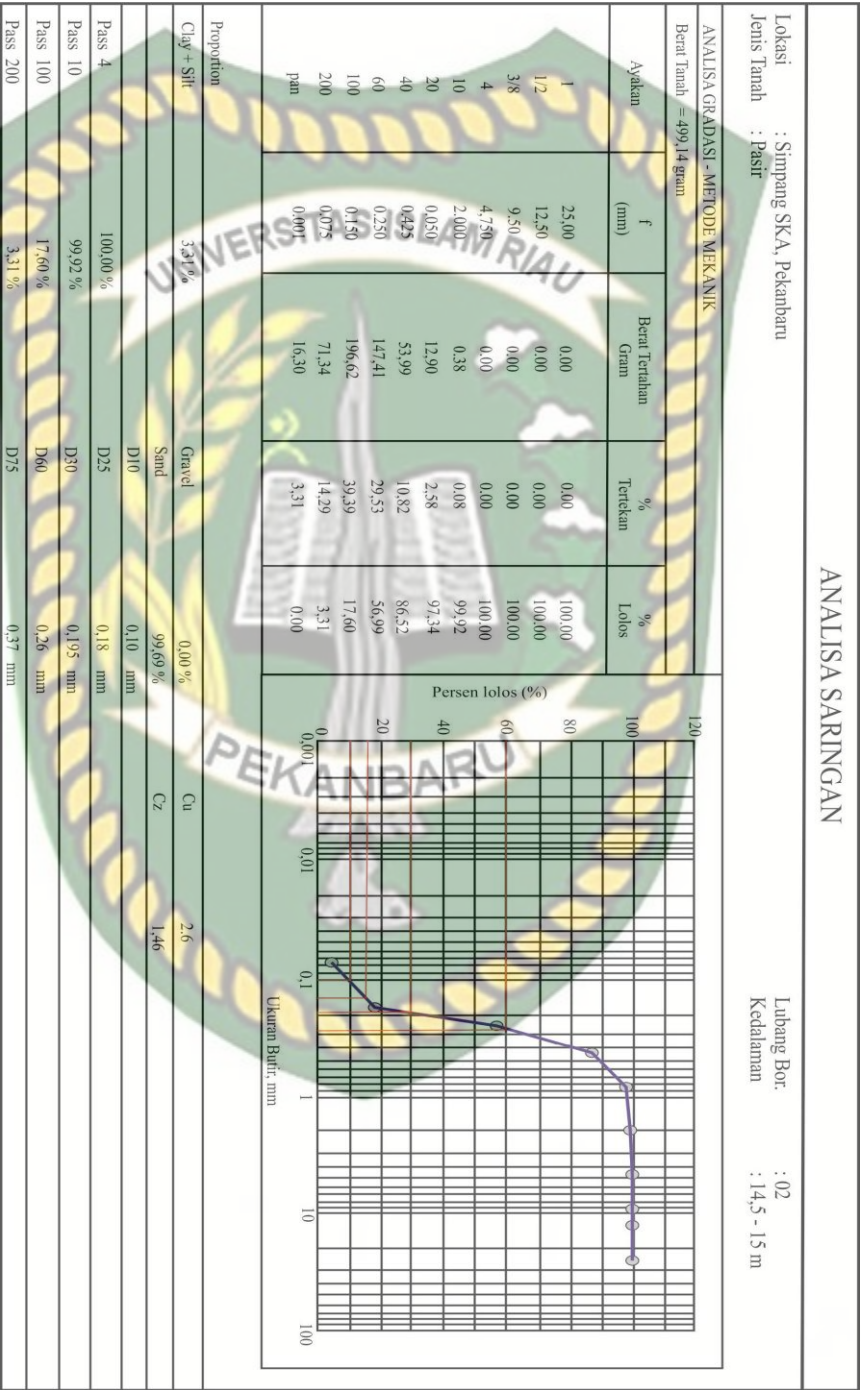
Tanah pada kedalaman 14,5 sampai 15 meter pada titik bor 02 ini adalah jenis tanah berpasir. Analisis ayakan sampel tanah pada kedalaman 14,5 sampai 15 meter ini menggunakan berat sampel tanah 498,56 gram. Tingkat persentase lolos dari tanah yang diayak mencapai 100 % pada ayakan 1 dan 0 % pada pan yang berarti bahwa analisis ayakan dilakukan tanpa terjadi pengurangan berat sampel tanah. Persentase tanah yang lolos saringan no 200 ($F < 50$) adalah 3,31 %, maka tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah berbutir kasar yaitu tanah berpasir (USCS, Bowles, 1989).

Hasil persentase kelolosan ayakan ini kemudian di proyeksikan kedalam grafik untuk mempermudah dalam menentukan persebaran ukuran butir tanah, hasil proyeksi ini akan membentuk sebuah kurva, bagian vertikal dari grafik untuk menyatakan persen lolos (%) dan bagian horizontal dari grafik menyatakan ukuran butiran tanah dalam millimeter.

T

Berikut ini adalah hasil analisis ayakan yang di representasikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Gambar 3.12 Diagram Alir Penelitian



Berdasarkan hasil proyeksi yang telah dilakukan, kurva yang terbentuk pada grafik termasuk kedalam kurva tipe A, dimana jenis tanah merupakan tanah berpasir sedang yang memiliki gradasi yang buruk. Dari grafik ini juga bisa dihitung nilai koefisien keseragaman (C_u) dan Koefisien Gradasi (C_z), dengan menentukan nilai D_{10} , D_{25} , D_{30} , D_{60} dan D_{75} , arti dari D_{10} yaitu persentase lolos 10 % yang dilihat pada bagian vertikal grafik, begitu juga nilai D yang lainnya

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai koefisien keseragaman sebesar 2.6 dan nilai koefisien Gradasi sebesar 1,46. Dari nilai koefisien keseragaman dan koefisien gradasi, maka dapat dikategorikan bahwa tanah pada kedalaman 14,5 sampai 15 meter ini termasuk dalam tanah seragam yang mulai tergradasi, dikatakan tanah seragam karena nilai koefisien keseragaman (C_u) yang diperoleh <3 yang mengindikasikan tanah seragam (*Uniform Soil*), dan dikatakan mulai tergradasi karena nilai koefisien gradasi (C_z) yang di peroleh terletak di antara $0.5 < C_z < 2$ yang mengindikasikan tanah tergradasi (*graded soil*).

4.1.2 ANALISIS AYAKAN SAMPEL TANAH (KEDALAMAN 24,5 – 25 M)

Tanah pada kedalaman 24,5 sampai 25 meter pada titik bor 02 ini adalah jenis tanah berpasir. Analisis ayakan sampel tanah pada kedalaman 24,5 sampai 25 meter ini menggunakan berat sampel tanah 498,67 gram. Tingkat persentase lolos dari tanah yang diayak mencapai 100 % pada ayakan 1 dan 0 % pada pan yang berarti bahwa analisis ayakan dilakukan tanpa terjadi pengurangan berat sampel tanah. Persentase tanah yang lolos saringan no 200 ($F < 50$) adalah 0,09 %, maka tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah berbutir kasar yaitu tanah berpasir (USCS, Bowles, 1989). Hasil persentase kelolosan ayakan ini kemudian di proyeksikan kedalam grafik untuk mempermudah dalam menentukan persebaran ukuran butir tanah, hasil proyeksi ini akan membentuk sebuah kurva, bagian vertikal dari grafik untuk menyatakan persen lolos (%) dan bagian horizontal dari grafik menyatakan ukuran butiran tanah dalam millimeter. Berikut ini adalah hasil analisis ayakan yang di representasikan dalam bentuk table dan grafik.

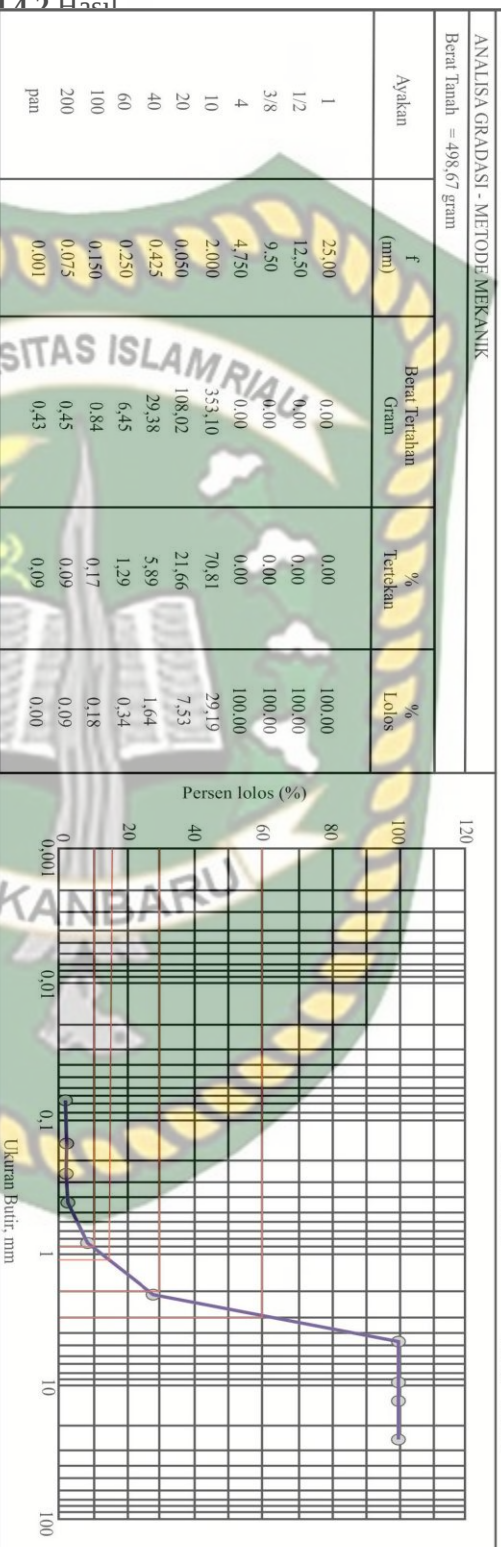
ANALISA SARINGAN

Lokasi : Simpang SKA, Pekanbaru
 Jenis Tanah : Pasir

Lubang Bor : 02
 Kedalaman : 24,5 - 25 m

ANALISA GRADASI - METODE MEKANIK

Berat Tanah = 498,67 gram



Tabel 4.2 Hasil

Table 1					
Proportion		Gravel	Cu		
Clay + Silt	0,09 %	Sand	99,91 %	Cz	3,14
		D10	0,94 mm		1,67
Pass 4	100,00 %	D25	1,85 mm		
Pass 10	29,19 %	D30	2,15 mm		
Pass 100	0,18 %	D60	2,95 mm		
Pass 200	0,09 %	D75	3,55 mm		

Berdasarkan hasil proyeksi yang telah dilakukan, kurva yang terbentuk pada grafik termasuk kedalam kurva tipe A, dimana jenis tanah merupakan tanah berpasir sedang yang memiliki gradasi yang buruk. Dari grafik ini juga bisa dihitung nilai koefisien keseragaman (C_u) dan Koefisien Gradasi (C_z), dengan menentukan nilai D_{10} , D_{25} , D_{30} , D_{60} dan D_{75} , arti dari D_{10} yaitu persentase lolos 10 % yang dilihat pada bagian vertikal grafik, begitu juga nilai D yang lainnya

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai koefisien keseragaman sebesar 3.14 dan nilai koefisien Gradasi sebesar 1,67. Dari nilai koefisien keseragaman dan koefisien gradasi, maka dapat dikategorikan bahwa tanah pada kedalaman 24,5 sampai 25 meter ini termasuk dalam tanah yang tergradasi dengan baik, hal ini karena nilai koefisien keseragaman (C_u) yang diperoleh >3 yang mengindikasikan tanah mulai tergradasi (*early graded soil*), dan nilai koefisien gradasi (C_z) yang di peroleh terletak di antara $0.5 < C_z < 2$ yang mengindikasikan tanah tergradasi (*graded soil*)

4.1.3 ANALISIS AYAKAN SAMPEL TANAH (KEDALAMAN 34,5 – 35 M)

Tanah pada kedalaman 34,5 sampai 35 meter pada titik bor 02 ini adalah jenis tanah berpasir. Analisis ayakan sampel tanah pada kedalaman 34,5 sampai 35 meter ini menggunakan berat sampel tanah 498,67 gram. Tingkat persentase lolos dari tanah yang diayak mencapai 100 % pada ayakan 1 dan 0 % pada pan yang berarti bahwa analisis ayakan dilakukan tanpa terjadi pengurangan berat sampel tanah. Persentase tanah yang lolos saringan no 200 ($F_{<50}$) adalah 0,62 %, maka tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah berbutir kasar yaitu tanah berpasir (USCS, Bowles, 1989). Hasil persentase kelolosan ayakan ini kemudian di proyeksikan kedalam grafik untuk mempermudah dalam menentukan persebaran ukuran butir tanah, hasil proyeksi ini akan membentuk sebuah kurva, bagian vertikal dari grafik untuk menyatakan persen lolos (%) dan bagian horizontal dari grafik menyatakan ukuran butiran tanah dalam millimeter. Berikut ini adalah hasil analisis ayakan yang di representasikan dalam bentuk table dan grafik :

ANALISA SARINGAN

Lokasi : Simpang SKA, Pekanbaru
Jenis Tanah : Pasir

Lubang Bor : 02
Kedalaman : 34,5 - 35 m

ANALISA GRADASI - METODE MEKANIK

Berat Tanah = 498,67 gram

Ayakan	f (mm)	Berat tertahan Gram	% Terekan	% 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	0,15	0,03	99,97
20	0,850	4,60	0,92	99,05
40	0,425	171,07	34,31	64,74
60	0,250	224,50	45,02	19,72
100	0,150	73,03	14,64	5,06
200	0,075	22,23	4,46	0,62
pam	0,001	3,09	0,62	0,00

Persentase lolos (%)

Ukuran Butir, mm

Proportion					
Clay + Silt	0,62 %	Gravel	0,00 %	Cu	2,22
		Sand	99,36 %	Cz	1,09
		D10	0,18 mm		
Pass 4	100,00 %	D25	0,26 mm		
Pass 10	99,97 %	D30	0,28 mm		
Pass 100	5,00 %	D60	0,40 mm		
Pass 200	0,62 %	D75	0,52 mm		

Be pada grafik termasuk kedalam kurva tipe A, dimana jenis tanah merupakan tanah berpasir

sedang yang memiliki gradasi yang buruk. Dari grafik ini juga bisa dihitung nilai koefisien keseragaman (C_u) dan Koefisien Gradasi (C_z), dengan menentukan nilai D_{10} , D_{25} , D_{30} , D_{60} dan D_{75} , arti dari D_{10} yaitu persentase lolos 10 % yang dilihat pada bagian vertikal grafik, begitu juga nilai D yang lainnya

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai koefisien keseragaman sebesar 2,22 dan nilai koefisien Gradasi sebesar 1,09. Dari nilai koefisien keseragaman dan koefisien gradasi, maka dapat dikategorikan bahwa tanah pada kedalaman 34,5 sampai 35 meter ini termasuk dalam tanah seragam yang mulai tergradasi, dikatakan tanah seragam karena nilai koefisien keseragaman (C_u) yang diperoleh < 3 yang mengindikasikan tanah seragam (*Uniform Soil*), dan dikatakan mulai tergradasi karena nilai koefisien gradasi (C_z) yang di peroleh terletak di antara $0.5 < C_z < 2$ yang mengindikasikan tanah tergradasi (*graded soil*).

Berikut ini adalah hasil analisis ayakan semua kedalaman di daerah Penelitian :

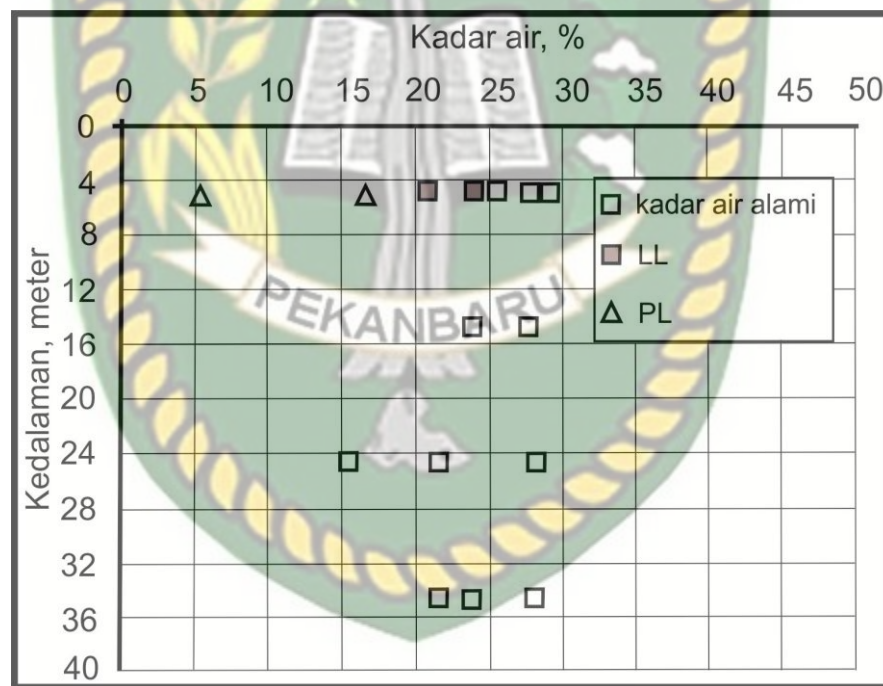
Tabel 4.4 Hasil analisis ayakan semua kedalaman di daerah penelitian

Kedalaman	Berat Sampel	% Saringan No 200	Jenis Tanah	Nilai C_u	Nilai C_z	Keterangan
14,5-15 m	498,56 gram	3,31 %	Tanah berpasir	2,6	1,46	Tanah Seragam Mulai tergradasi
24,5-25 m	498,67 gram	0.09 %	Tanah berpasir	3,14	1,67	Tanah Seragam Mulai tergradasi
34,5-35 m	498,67 gram	0,62 %	Tanah berpasir	2,22	1,09	Tanah Seragam Mulai tergradasi

Tabel 4.3 Hasil perhitungan dan grafik shieve analisis pada kedalaman 34,5 – 35 m

4.2 ANALISIS BATAS – BATAS ATTERBERG (ATTERBERG LIMIT)

Sampel tanah diambil pada kedalaman 4,5 – 5 meter, 14,5 – 15 meter, 24,5 – 25 meter dan 34,5 – 35 meter. Tipe tanah pada kedalaman 4,5 – 5 meter merupakan tanah berbutir halus, cenderung mempunyai plastisitas rendah – menengah. Apabila kadar air mendekati nilai batas plastis maka dapat dikategorikan tanah yang mempunyai konsistensi menengah – kaku, namun apabila nilai kadar air mendekati nilai batas cair maka dapat dikategorikan tanah yang mempunyai konsistensi lunak (*Soft Soil*). Sesuai gambar 4.1 menunjukan bahwa lapisan tanah pada kedalaman 4.5 – 5 meter secara umum kadar air $>25\%$, sedangkan nilai LL Antara 20 – 24, sehingga dapat dikategorikan tanah tersebut mempunyai konsistensi lunak (*Soft Soil*).



Gambar 4.1 Kadar air alami, LL dan PL sampel tanah pada semua titik bor

4.2.1 BATAS CAIR (*LIQUID LIMIT*)

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 dengan alat Cassagrande, tanah sudah dapat merapat (sebelumnya terpisah dalam jalur yang dibuat dengan solet).

A. BATAS CAIR SAMPEL TANAH PADA KEDALAMAN 4.5 – 5 M

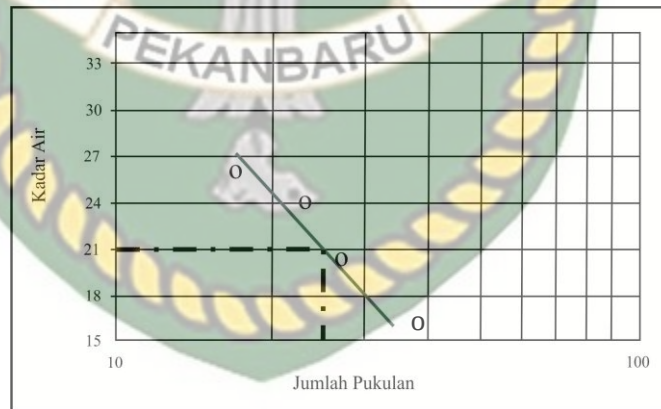
Jenis tanah pada kedalaman 4,5 sampai 5 meter adalah tanah berpasir. Hasil uji batas cair sampel tanah pada kedalaman 4,5 sampai 5 meter yang di lakukan dengan uji laboratorium dengan berat sampel tanah 87,78 gram yang dibagi ke dalam 4 buah cawan untuk di hitung berat basah dan berat kering dari sampel tanah sehingga dapat diperoleh kadar air atau batas cair.

Nilai batas cair yang diperoleh juga harus memerhatikan jumlah pukulan yang terjadi pada saat uji batas cair dengan menggunakan alat Cassagrande. Hasil uji batas cair dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.5 Hasil uji batas cair sampel tanah pada kedalaman 4.5 – 5 M

Uji Batas Cair (Jenis Tanah : Lempung Berpasir)					
Nomor Cawan		1	2	3	4
Berat Cawan	Gram	4,0	4,03	3,68	4,16
Berat Cawan + Tanah Basah	Gram	23,92	24,68	24,20	30,87
Berat Cawan + Tanah Kering	Gram	21,33	21,19	20,22	25,35
Berat Tanah Basah	Gram	19,92	20,63	20,52	26,71
Berat Tanah Kering	Gram	17,33	17,16	16,54	21,19
Berat Air	Gram	2,59	3,49	3,98	5,52
Kadar Air (LL)	%	14,95	20,34	24,06	26,05
Jumlah Pukulan	kali	33	26	23	17
Rata-rata Batas Cair (LL)		21,35 %			

Pada hasil analisis batas cair diperoleh data cawan 1 dengan berat cawan kosong 4 gram, kemudian setelah ditambahkan tanah beratnya menjadi 23,92 gram, setelah dioven berat cawan 1 menjadi 21.33 gram. Data cawan 2 dengan berat cawan kosong 4,03 gram, kemudian setelah ditambahkan tanah beratnya menjadi 24,68 gram, setelah dioven berat cawan 2 menjadi 21.19 gram. Data cawan 3 dengan berat cawan kosong 3.68 gram, kemudian setelah ditambahkan tanah beratnya menjadi 24,20 gram, setelah dioven berat cawan 3 menjadi 20,22 gram. Data cawan 4 dengan berat cawan kosong 4.16 gram, kemudian setelah ditambahkan tanah beratnya menjadi 30,87 gram, setelah dioven berat cawan 4 menjadi 25,35 gram. Hasil perhitungan nilai batas cair pada masing – masing cawan diperoleh dengan data cawan 1 nilai batas cairnya sebesar 14,95 % dengan jumlah ketukan 33 kali, data cawan 2 nilai batas cairnya sebesar 20.34 % dengan jumlah ketukan 26 kali, data cawan 3 nilai batas cairnya sebesar 24,06 % dengan jumlah ketukan 23 kali, data cawan 4 nilai batas cairnya sebesar 26,05 % dengan jumlah ketukan 17 kali, dari ke 4 nilai batas cair dapat diperoleh nilai batas cair rata – rata 21,35 % dengan jumlah ketukan rata – rata 24,75



Gambar 4.2 Grafik Hubungan kadar air dengan jumlah ketukan

Dari tabel 4.4 hasil uji batas cair sampel tanah pada kedalaman 4,5 sampai 5 meter, dapat ditarik hubungan Antara kadar air (Batas Cair) dengan jumlah ketukan Cassagrande yang membentuk sebuah kurva seperti pada gambar 4.2

diatas. Dari grafik tersebut dapat kita simpulkan bahwa semakin sedikit jumlah ketukan, maka semakin banyak kadar air yang terkandung, dan semakin banyak jumlah ketukan, maka semakin sedikit kadar air yang terkandung.

B. BATAS CAIR SAMPEL TANAH PADA KEDALAMAN 14.5 – 15 M

Berikut ini adalah tabel hasil uji batas cair sampel tanah dan Grafik hubungan antara jumlah ketukan dan batas cair pada sampel tanah kedalaman 14,5 sampai 15 meter yang memiliki jenis tanah berpasir

Tabel 4.6 Hasil Uji Batas Cair sampel tanah pada kedalaman 14.5 – 15 M

Uji Batas Cair (Jenis Tanah : Pasir)				
Nomor Cawan	1	2	3	4
Berat Cawan	Gram			
Berat Cawan + Tanah Basah	Gram			
Berat Cawan + Tanah Kering	Gram			
Berat Tanah Basah	Gram			
Berat Tanah Kering	Gram			
Berat Air	Gram			
Kadar Air (LL)	%			
Jumlah Pukulan	Kali			

Non Plastis



Gambar 4.3 Grafik Hubungan kadar air dengan jumlah ketukan

Sampel tanah pada kedalaman 14,5 – 15 meter tidak dapat diuji nilai batas cair karena jenis tanah pada kedalaman ini adalah tanah berpasir, dimana pasir bersifat semi padat dan padat atau dikarenakan batas cair merupakan batas Antara keadaan semi cair dan semi plastis, sehingga jenis tanah yang hanya bisa di uji batas cairnya adalah tanah lempung, tanah berlanau, atau tanah berpasir yang mengandung campuran lempung, dengan kata lain tanah yang memiliki campuran dengan material yang bersifat plastis, sehingga sampel tanah pada kedalaman 14,5 sampai 15 meter ini tidak dapat dilakukan uji batas cair seperti sampel tanah pada kedalaman 4,5 sampai 5 meter.

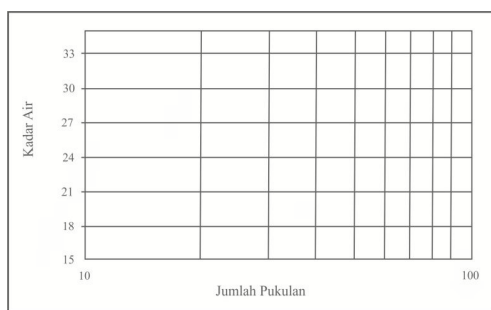
C. BATAS CAIR SAMPEL TANAH PADA KEDALAMAN 24.5 – 25 M

Berikut ini adalah tabel hasil uji batas cair sampel tanah dan Grafik hubungan antara jumlah ketukan dan batas cair pada sampel tanah kedalaman 24,5 sampai 25 meter yang memiliki jenis tanah berpasir

Tabel 4.7 Hasil Uji Batas Cair sampel tanah pada kedalaman 24,5 – 25 M

Uji Batas Cair (Jenis Tanah : Pasir)				
Nomor Cawan	1	2	3	4
Berat Cawan	Gram			
Berat Cawan + Tanah Basah	Gram			
Berat Cawan + Tanah Kering	Gram			
Berat Tanah Basah	Gram			
Berat Tanah Kering	Gram			
Berat Air	Gram			
Kadar Air (LL)	%			
Jumlah Pukulan	Kali			

Non Plastis



Gambar 4.4 Grafik Hubungan kadar air dengan jumlah ketukan

Sampel tanah pada kedalaman 24.5 – 25 meter tidak dapat diuji nilai batas cair karena jenis tanah pada kedalaman ini adalah tanah berpasir, dimana pasir bersifat semi padat dan padat atau dikarenakan batas cair merupakan batas Antara keadaan semi cair dan semi plastis, sehingga jenis tanah yang hanya bisa di uji batas cairnya adalah tanah lempung, tanah berlanau, atau tanah berpasir yang mengandung campuran lempung, dengan kata lain tanah yang memiliki campuran dengan material yang bersifat plastis, sehingga sampel tanah pada kedalaman 24,5 sampai 25 meter ini tidak dapat dilakukan uji batas cair seperti sampel tanah pada kedalaman 4,5 sampai 5 meter.

D. BATAS CAIR SAMPEL TANAH PADA KEDALAMAN 34.5 – 35 M

Berikut ini adalah tabel hasil uji batas cair sampel tanah dan Grafik hubungan antara jumlah ketukan dan batas cair pada sampel tanah kedalaman 34,5 sampai 35 meter yang memiliki jenis tanah berpasir

Tabel 4.8 Hasil Uji Batas Cair sampel tanah pada kedalaman 34.5 – 35 M

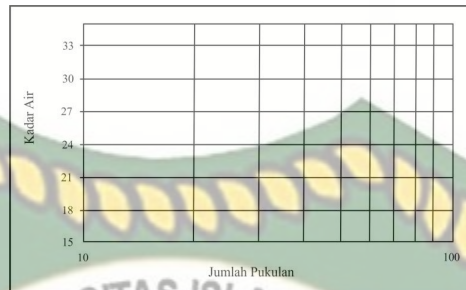
Uji Batas Cair (Jenis Tanah : Pasir)

Nomor Cawan	1	2	3	4
Berat Cawan	Gram			
Berat Cawan + Tanah Basah	Gram			
Berat Cawan + Tanah Kering	Gram			
Berat Tanah Basah	Gram			
Berat Tanah Kering	Gram			
Berat Air	Gram			
Kadar Air (LL)	%			

Non Plastis

Jumlah Pukulan

Kali



Gambar 4.5 Grafik Hubungan kadar air dengan jumlah ketukan

Sampel tanah pada kedalaman 34,5 – 35 meter tidak dapat diuji nilai batas cair karena jenis tanah pada kedalaman ini adalah tanah berpasir, dimana pasir bersifat semi padat dan padat atau dikarenakan batas cair merupakan batas Antara keadaan semi cair dan semi plastis, sehingga jenis tanah yang hanya bisa di uji batas cairnya adalah tanah lempung, tanah berlanau, atau tanah berpasir yang mengandung campuran lempung, dengan kata lain tanah yang memiliki campuran dengan material yang bersifat plastis, sehingga sampel tanah pada kedalaman 34,5 sampai 35 meter ini tidak dapat dilakukan uji batas cair seperti sampel tanah pada kedalaman 4,5 sampai 5 meter.

4.2.2 BATAS PLASTIS (*PLASTIC LIMIT*)

Batas Plastis didefinisikan sebagai kadar air di dalam tanah pada fase antara plastis dan semi padat. Apabila kadar air di dalam tanah berkurang, maka tanah menjadi lebih keras dan memiliki kemampuan untuk menahan perubahan bentuk. Perubahan tanah dari cair menjadi padat tersebut akan melalui fase yang dinamakan semi padat. Pengujian batas plastis dimaksudkan untuk menentukan besarnya kadar air di dalam sampel tanah pada saat tanah akan berubah dari fase plastis menjadi fase semi padat atau sebaliknya

A. BATAS PLASTIS SAMPEL TANAH PADA KEDALAMAN 4.5 – 5 M

Berikut ini adalah hasil pengujian batas plastis pada sampel tanah kedalaman 4,5 meter sampai 15 meter yang memiliki jenistanah lempung berpasir

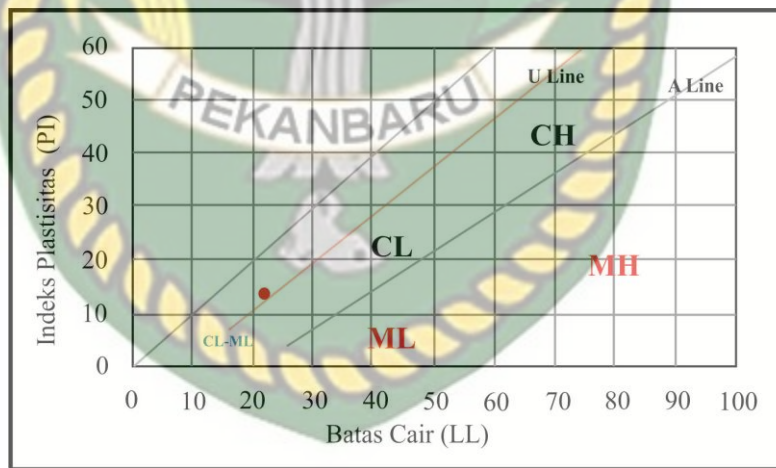
Tabel 4.9 Hasil uji batas plastis sampel tanah pada kedalaman 4.5 – 5 M

Uji Batas Plastis (Jenis Tanah : Lempung Berpasir)				
Nomor Cawan		1	2	3
Berat Cawan	Gram	3,8	3,8	3,8
Berat Cawan + Tanah Basah	Gram	22,3	22,4	22,3
Berat Cawan + Tanah Kering	Gram	21,4	21,4	21,4
Berat Tanah Basah	Gram	18,5	18,5	18,5
Berat Tanah Kering	Gram	17,6	17,6	17,6
Berat Air	Gram	0,9	1	0,9
Kadar Air (PL)	%	5,2	5,6	5,2
Rata-rata Batas Plastis (PL)	%		5,3	
Rata-rata Batas Cair (LL)		21,35 %		
Rata-rata Indeks Plastisitas (PI)		16,05 %		
Indeks Plastisitas 1 (PI 1)		16.15%		
Indeks Plastisitas 2 (PI 2)		15.75%		
Indeks Plastisitas 3 (PI 3)		16.15%		

Pada hasil analisis batas plastis diperoleh data cawan 1 dengan berat cawan kosong 3.8 gram, kemudian setelah ditambahkan tanah beratnya menjadi 22,3 gram, setelah dioven berat cawan 1 menjadi 21.4 gram. Data cawan 2 dengan berat cawan kosong 3.8 gram, kemudian setelah ditambahkan tanah beratnya menjadi 22,4 gram, setelah dioven berat cawan 2 menjadi 21.4 gram. Data cawan 3 dengan berat cawan kosong 3.8 gram, kemudian setelah ditambahkan tanah beratnya menjadi 22,3 gram, setelah dioven berat cawan 3 menjadi 21,4 gram. Hasil batas plastis pada masing – masing cawan diperoleh dengan data cawan 1 mempunyai nilai batas plastis 5,2 %, data cawan 2 mempunyai nilai batas plastis

5,6% dan data cawan 3 mempunyai nilai batas plastis 5,2%. Nilai rata-rata batas plastis dari ketiga cawan adalah 5,3%.

Untuk mendapatkan nilai indeks plastisitas dapat dilakukan dengan cara mengurangkan nilai batas plastic yang telah didapat dengan nilai batas cair yang telah dihitung sebelumnya, berdasarkan perhitungan yang dilakukan nilai indeks plastisitas cawan 1 adalah 16,15%, nilai indeks plastisitas cawan 2 adalah 15,75% dan nilai indeks plastisitas cawan 3 adalah 16,15%. Nilai indeks plastisitas rata-rata dapat diperoleh dengan mencari nilai rata-rata dari ketiga nilai indeks plastisitas atau dengan mengurangkan nilai rata-rata batas cair dengan nilai rata-rata batas plastis. Berdasarkan perhitungan nilai rata-rata indeks plastisitas tanah pada kedalaman 4,5 sampai 5 meter memiliki nilai 16,05% yang mengindikasikan bahwa tingkat plastisitas tanah yang terjadi adalah sedang, karena nilai indeks plastisitasnya berkisar di antara nilai 10 – 35 (Sedang). Berikut ini adalah grafik hubungan antara nilai batas cair (*Liquid Limit*) dengan indeks plastisitas :



Gambar 4.6 Grafik Hubungan kadar air dengan jumlah ketukan

Berdasarkan hasil proyeksi nilai batas cair dengan indeks plastisitas pada grafik berkisar antara ML dan CL, ML menandakan bahwa sampel tanah terdiri dari lanau pasir, lanau lempung atau lanau organic yang termasuk tanah jenis butiran

lepas, CL menandakan bahwa sampel tanah terdiri dari lempung seperti lempung pasir atau lempung lanau. Berdasarkan perhitungan nilai plastic limit dapat diketahui bahwa rata-rata nilai plastic limit berkisar 5.3% dengan nilai rata-rata indeks plastisitas sebesar 16.05% sehingga dapat disimpulkan tanah pada kedalaman 4.5 – 5 m memiliki tingkat plastisitas yang sedang.

B. BATAS PLASTIS SAMPEL TANAH PADA KEDALAMAN 14.5 – 15 M

Berikut ini adalah hasil uji batas plastisitas sampel tanah pada kedalaman 14,5 sampai 15 meter yang memiliki jenis tanah berpasir.

Tabel 4.10 Hasil uji batas plastis sampel tanah pada kedalaman 14.5 – 15 M

Uji Batas Plastis (Jenis Tanah : Pasir)			
Nomor Cawan		1	2 3
Berat Cawan	Gram		
Berat Cawan + Tanah Basah	Gram		
Berat Cawan + Tanah Kering	Gram		
Berat Tanah Basah	Gram		
Berat Tanah Kering	Gram		
Berat Air	Gram		
Kadar Air (PL)	%		
Rata-rata Batas Plastis (PL)	%		

Non Plastis

Sampel tanah pada kedalaman 14.5 – 15 meter tidak dapat diuji nilai batas plastis karena jenis tanah pada kedalaman ini adalah tanah berpasir, dimana pasir bersifat semi padat dan padat atau dikarenakan batas plastis merupakan batas Antara keadaan plastis dan semi padat, sehingga jenis tanah yang hanya bisa di uji batas cairnya adalah tanah lempung, tanah berlanau, atau tanah berpasir yang mengandung campuran lempung, dengan kata lain tanah pada kedalaman 14,5 – 15 meter ini hampir tidak memiliki sifat plastisitas atau indeks plastisitasnya

sangat rendah, sehingga tanah ini sangat ideal untuk dijadikan dasar pondasi konstruksi *Flyover* karena kemungkinan untuk mengalami penurunan tanah akibat beban bangunan sangatlah rendah.

C. BATAS PLASTIS SAMPEL TANAH PADA KEDALAMAN 24.5 – 25 M

Berikut ini adalah hasil uji batas plastisitas sampel tanah pada kedalaman 24,5 sampai 25 meter yang memiliki jenis tanah berpasir.

Tabel 4.11 Hasil uji batas plastis sampel tanah pada kedalaman 24.5 – 25 M

Uji Batas Cair (Jenis Tanah : Pasir)			
Nomor Cawan		1	2 3
Berat Cawan	Gram		
Berat Cawan + Tanah Basah	Gram		
Berat Cawan + Tanah Kering	Gram		
Berat Tanah Basah	Gram		
Berat Tanah Kering	Gram		
Berat Air	Gram		
Kadar Air (PL)	%		
Rata-rata Batas Plastis (PL)	%		

Non Plastis

Sampel tanah pada kedalaman 24.5 – 25 meter tidak dapat diuji nilai batas plastis karena jenis tanah pada kedalaman ini adalah tanah berpasir, dimana pasir bersifat semi padat dan padat atau dikarenakan batas plastis merupakan batas antara keadaan plastis dan semi padat, sehingga jenis tanah yang hanya bisa di uji batas cairnya adalah tanah lempung, tanah berlanau, atau tanah berpasir yang mengandung campuran lempung, dengan kata lain tanah pada kedalaman 24,5 – 25 meter ini hampir tidak memiliki sifat plastisitas atau indeks plastisitasnya sangat rendah, sehingga tanah ini sangat ideal untuk dijadikan dasar pondasi

konstruksi *Flyover* karena kemungkinan untuk mengalami penurunan tanah akibat beban bangunan sangatlah rendah.

D. BATAS PLASTIS SAMPEL TANAH PADA KEDALAMAN 34.5 – 35 M

Berikut ini adalah hasil uji batas plastisitas sampel tanah pada kedalaman 34,5 sampai 35 meter yang memiliki jenis tanah berpasir.

Tabel 4.12 Hasil uji batas plastis sampel tanah pada kedalaman 34.5 – 35 M

Uji Batas Cair (Jenis Tanah : Pasir)

Nomor Cawan	1	2	3
Berat Cawan	Gram		
Berat Cawan + Tanah Basah	Gram		
Berat Cawan + Tanah Kering	Gram		
Berat Tanah Basah	Gram		
Berat Tanah Kering	Gram		
Berat Air	Gram		
Kadar Air (PL)	%		
Rata-rata Batas Plastis (PL)	%		

Non Plastis

Sampel tanah pada kedalaman 34.5 – 35 meter tidak dapat diuji nilai batas plastis karena jenis tanah pada kedalaman ini adalah tanah berpasir, dimana pasir bersifat semi padat dan padat atau dikarenakan batas plastis merupakan batas Antara keadaan plastis dan semi padat, sehingga jenis tanah yang hanya bisa di uji batas cairnya adalah tanah lempung, tanah berlanau, atau tanah berpasir yang mengandung campuran lempung, dengan kata lain tanah pada kedalaman 34,5 – 35 meter ini hampir tidak memiliki sifat plastisitas atau indeks plastisitasnya sangat rendah, sehingga tanah ini sangat ideal untuk dijadikan dasar pondasi konstruksi *Flyover* karena kemungkinan untuk mengalami penurunan tanah akibat beban bangunan sangatlah rendah.

Berikut ini adalah Tabel hasil uji batas cair dan plastis pada semua kedalaman :

Tabel 4.13 Hasil uji batas cair dan plastis sampel tanah pada semua kedalaman

Kedalaman	Jenis Tanah	LL	Jumlah	PL	IP	Plastisitas
(m)		(%)	Pukulan	(%)	(%)	
4.5 – 5	Lempung Pasiran	21.35	24.76	5.3	16.05	Sedang
14,5 – 15	Pasir					Non Plastis
24,5 – 25	Pasir					Non Plastis
34,5 – 35	Pasir					Non Plastis

4.3 ANALISIS PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH PADA TITIK BOR 2 FLYOVER SKA.

Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*). Penurunan secara umum dapat dibagi menjadi dua yaitu : Penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Penurunan tanah segera merupakan penurunan tanah yang terjadi pada setelah pembebanan dalam waktu 7 hari. Sedangkan, penurunan konsolidasi adalah penurunan yang terjadi dalam waktu yang lama atau dalam skala waktu tertentu yang dapat diperhitungkan nilai penurunannya.

Namun pada penelitian ini, hanya menghitung nilai dari penurunan segera dengan menggunakan beberapa metode sebagai bahan perbandingan hasil antara nilai penurunan segera metode yang satu dengan metode yang lainnya. Terdapat 3 metode perhitungan yang digunakan yaitu perhitungan penurunan dengan menggunakan data sondir berdasarkan De Beer dan Marten (1957), perhitungan penurunan dengan menggunakan hasil uji spt berdasarkan Bowles (1977) dan perhitungan penurunan dengan menggunakan *software plaxis 2d*.

4.3.1 ANALISIS PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN DATA SONDIR BERDASARKAN DE BEER DAN MARTEN (1957).

Tujuan sondir secara umum adalah untuk mengetahui kekuatan tanah tiap kedalaman dan stratifikasi tanah secara pendekatan. Uji ini dilakukan untuk mengetahui elevasi lapisan “keras” (*Hard Layer*) dan homogenitas tanah dalam arah lateral. Hasil *Cone Penetration Test* disajikan dalam bentuk diagram sondir yang mencatat nilai tahanan konus dan friksi selubung, kemudian digunakan untuk menghitung daya dukung dan penurunan pondasi yang diletakkan pada tanah tersebut. Dalam penelitian ini untuk menghitung perkiraan nilai penurunan tanah yang terjadi pada lubang bor 2 *Flyover* Ska dari data-data nilai hasil uji sondir dengan menggunakan metode Dee Beer dan martin.

$$C = \frac{1,5 q_c}{p_o}$$

dengan ,

C = angka pemampatan / angka kompresibilitas

qc = tahanan kerucut statis (dalam Kg/cm²)

po' = tekanan overburden efektif (dalam Kg/cm²)

nilai C disubsitusikan ke persamaan Terzaghi untuk penurunan pada lapisan tanah, yaitu :

$$S_i = \frac{H}{C} \ln \frac{p_o + \Delta p}{p_o}$$

dengan,

Si = penurunan akhir dari lapisan setebal H

po' = overburden efektif awal, tegangan efektif sebelum beban bekerja

Δp = tambahan tegangan vertikal ditengah lapisan akibat beban pondasi netto.

Berikut ini adalah korelasi nilai konus (q_c) dengan tingkat konsistensi tanah pada bor 2 pembangunan *Flyover Ska*, yaitu :

Tabel 4.14 Korelasi nilai konus (q_c) dengan tingkat konsistensi tanah

Kedalaman (Cm)	Jenis Tanah	Nilai q_c (Kg/cm ²)	Konsistensi Tanah
20	Lempung Organik Bercampur Tanah	6	Lunak
40	Lempung Organik	8	Lunak
60	Lempung Organik	8	Lunak
80	Lempung Lanauan & Pasiran	15	Agak Lunak
100	Lempung Organik Bercampur Tanah	10	Lunak
120	Lempung Lanauan & Pasiran	16	Agak Lunak
140	Pasir Lepas	18	Agak Lunak
160	Lempung Lanauan & Pasiran	12	Agak Lunak
180	Lempung Organik	4	Sangat Lunak
200	Lempung Organik Bercampur Tanah	3	Sangat Lunak
220	Lempung Organik	4	Sangat Lunak
240	Lempung Organik Bercampur Tanah	4	Sangat Lunak
260	Lempung Organik	3	Sangat Lunak
280	Lempung lanauan	8	Lunak
300	Lempung Organik Bercampur	3	Sangat Lunak

Tanah

320	Lempung Lanauan & Pasiran	4	Sangat Lunak
340	Lempung Lanauan & Pasiran	6	Lunak
360	Lempung Lanauan & Pasiran	9	Lunak
380	Lempung lanauan	8	Lunak
400	Lempung Lanauan & Pasiran	20	Agak Lunak
420	Lempung Lanauan & Pasiran	20	Agak Lunak
440	Lempung Organik	8	Lunak
460	Lempung Organik Bercampur Tanah	8	Lunak
480	Lempung Organik	15	Agak Lunak
500	Lempung Lanauan & Pasiran	30	Agak Lunak
520	Pasir Sedang	40	Sedang / Kaku
540	Lempung Lanauan & Pasiran	10	Lunak
560	Lempung Lanauan & Pasiran	16	Agak Lunak
580	Pasir Sedang	30	Agak Lunak
600	Pasir Sedang	46	Sedang / Kaku
620	Lempung lanauan	37	Sedang / Kaku
640	Lempung Lanauan & Pasiran	29	Agak Lunak
660	Lempung Lanauan & Pasiran	22	Agak Lunak
680	Lempung Organik	13	Agak Lunak

700	Lempung lanauan	18	Agak Lunak
720	Lempung lanauan	19	Agak Lunak
740	Pasir Lepas	10	Lunak
760	Lempung lanauan	8	Lunak
780	Lempung Organik	8	Lunak
800	Lempung Organik	12	Agak Lunak
820	Pasir Lepas	16	Agak Lunak
840	Pasir Sedang	25	Agak Lunak
860	Pasir Sedang	35	Agak Lunak
880	Pasir Sedang	30	Agak Lunak
900	Lempung lanauan	15	Agak Lunak
920	Pasir Sedang	46	Sedang / Kaku
940	Pasir Sedang	52	Sedang / Kaku
960	Lempung Organik Bercampur Tanah	15	Agak Lunak
980	Lempung Organik	15	Agak Lunak
1000	Lempung Organik	12	Agak Lunak
1020	Pasir Lepas	15	Agak Lunak
1040	Pasir Lepas	20	Agak Lunak
1060	Pasir Lepas	18	Agak Lunak
1080	Pasir Lepas	17	Agak Lunak

1100	Lempung Organik Bercampur Tanah	12	Agak Lunak
1120	Lempung Lanauan & Pasiran	11	Agak Lunak
1140	Lempung Organik Bercampur Tanah	12	Agak Lunak
1160	Lempung Organik Bercampur Tanah	12	Agak Lunak
1180	Lempung Organik	20	Agak Lunak
1200	Lempung Organik	25	Agak Lunak
1220	Lempung Organik	14	Agak Lunak
1240	Lempung Organik Bercampur Tanah	9	Lunak
1260	Pasir Lepas	10	Lunak
1280	Lempung Organik	10	Lunak
1300	Pasir Sedang	25	Agak Lunak
1320	Lempung Lanauan & Pasiran	29	Agak Lunak
1340	Lempung lanauan	39	Sedang / Kaku
1360	Lempung lanauan	38	Sedang / Kaku
1380	Pasir Sedang	30	Agak Lunak
1400	Lempung Organik	10	Lunak
1420	Lempung lanauan	14	Agak Lunak
1440	Lempung Organik	13	Agak Lunak
1460	Lempung Organik	16	Agak Lunak

1480	Lempung lanauan	20	Agak Lunak
1500	Pasir Sedang	32	Agak Lunak
1520	Lempung lanauan	55	Sedang / Kaku
1540	Lempung Organik	10	Lunak
1560	Lempung Organik	11	Agak Lunak
1580	Lempung Organik	5	Sangat Lunak
1600	Lempung lanauan	20	Agak Lunak
1620	Lempung Lanauan & Pasiran	22	Agak Lunak
1640	Lempung Lanauan & Pasiran	33	Agak Lunak
1660	Lempung lanauan	37	Sedang / Kaku
1680	Pasir Sedang	36	Agak Keras
1700	Pasir Sedang	65	Agak Keras
1720	Pasir Keras	160	Keras
1740	Pasir Keras	170	Keras
1760	Pasir Keras	200	Keras
1780	Pasir Keras	200	Keras
1800	Pasir Keras	200	Keras

Berdasarkan hasil korelasi nilai konus (qc) dengan tingkat konsistensi tanah pada tabel 4.14 maka tingkat kekerasan tanah didaerah penelitian dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

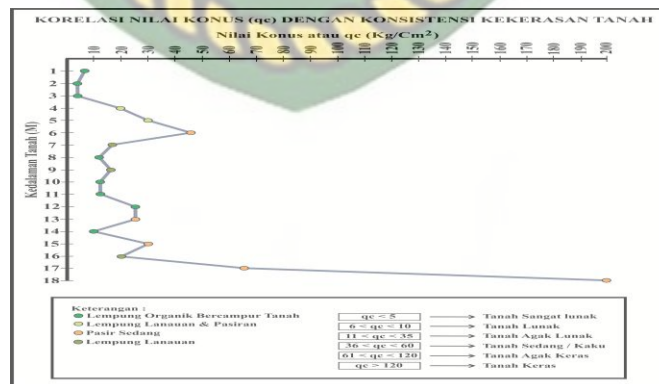
1. Tanah pada kedalaman 20 – 60 cm dan 100 cm dengan jenis tanah Lempung Organik dan lempung Organik bercampur tanah memiliki konsistensi kekerasan tanah yang lunak dengan nilai konus 6 – 10 Kg/cm²
2. Tanah pada kedalaman 120 – 160 cm dan 80 cm dengan jenis tanah Lempung Lanauan & Pasiran, dan Pasir Lepas bercampur tanah memiliki konsistensi kekerasan tanah yang agak lunak dengan nilai konus 12 – 18 Kg/cm²
3. Tanah pada kedalaman 180 – 260 cm dan 300 - 320 cm dengan jenis tanah Lempung Organik dan Lempung Organik bercampur tanah bercampur tanah memiliki konsistensi kekerasan tanah yang sangat lunak dengan nilai konus < 5 Kg/cm²
4. Tanah pada kedalaman 280 cm dan 340 - 380 cm dengan jenis tanah Lempung Lanauan dan Lempung Lanauan & Pasiran memiliki konsistensi kekerasan tanah yang lunak dengan nilai konus 6 - 9 Kg/cm²
5. Tanah pada kedalaman 400 - 420 cm dengan jenis tanah Lempung Lanauan & Pasiran memiliki konsistensi kekerasan tanah agak lunak dengan nilai konus 20 Kg/cm²
6. Tanah pada kedalaman 440 - 460 cm dengan jenis tanah Lempung Organik dan lempung Organik bercampur tanah memiliki konsistensi kekerasan tanah yang lunak dengan nilai konus 8 Kg/cm²
7. Tanah pada kedalaman 480 -500 cm dan 540 - 560 cm dengan jenis tanah Lempung Organik dan Lempung Lanauan & Pasiran memiliki konsistensi kekerasan tanah yang agak lunak dengan nilai konus 15 - 30 Kg/cm²
8. Tanah pada kedalaman 520 cm dan 600 - 620 cm dengan jenis tanah Pasir Sedang dan Lempung Lanauan memiliki konsistensi kekerasan tanah yang sedang atau kaku dengan nilai konus 37 - 46 Kg/cm²
9. Tanah pada kedalaman 640 - 720 cm dan 800 - 900 cm dengan jenis tanah Lempung Lanauan, Lempung Organik, dan Lempung Lanauan & Pasiran memiliki konsistensi kekerasan tanah yang agak lunak dengan nilai konus 13 - 29 Kg/cm²

10. Tanah pada kedalaman 740 -780 cm dengan jenis tanah Lempung Lanauan, Lempung Organik, dan Pasir Lepas memiliki konsistensi kekerasan tanah yang lunak dengan nilai konus 8 - 10 Kg/cm²
11. Tanah pada kedalaman 920 - 940 cm dengan jenis tanah Pasir sedang memiliki konsistensi kekerasan tanah yang sedang atau kaku dengan nilai konus 46 - 52 Kg/cm²
12. Tanah pada kedalaman 960 -1220 cm dengan jenis tanah Lempung Organik bercampur tanah, Lempung Organik, Pasir Lepas, dan Lempung Lanauan & Pasiran memiliki konsistensi kekerasan tanah yang agak lunak dengan nilai konus 11 - 25 Kg/cm²
13. Tanah pada kedalaman 1240 -1280 cm dengan jenis tanah Lempung Organik bercampur tanah, Lempung Organik, dan Pasir Lepas, memiliki konsistensi kekerasan tanah yang lunak dengan nilai konus 9 - 10 Kg/cm²
14. Tanah pada kedalaman 1340 -1360 cm dengan jenis tanah Lempung Lanauan memiliki konsistensi kekerasan tanah yang sedang atau kaku dengan nilai konus 38 - 39 Kg/cm²
15. Tanah pada kedalaman 1380 cm dan 1420 – 1500 cm dengan jenis tanah Pasir Sedang, Lempung Lanauan dan Lempung Organik memiliki konsistensi kekerasan tanah yang agak lunak dengan nilai konus 13 - 32 Kg/cm²
16. Tanah pada kedalaman 1400 cm dan 1540 cm dengan jenis tanah Lempung Organik memiliki konsistensi kekerasan tanah yang lunak dengan nilai konus 10 Kg/cm²
17. Tanah pada kedalaman 1520 cm dan 1660 cm dengan jenis tanah Lempung Lanauan memiliki konsistensi kekerasan tanah yang sedang atau kaku dengan nilai konus 37 - 55 Kg/cm²
18. Tanah pada kedalaman 1580 cm dengan jenis tanah Lempung Organik memiliki konsistensi kekerasan tanah yang sangat lunak dengan nilai konus 5 Kg/cm²

19. Tanah pada kedalaman 1560 cm dan 1600 – 1640 cm dengan jenis tanah Lempung Lanauan, Lempung Organik dan Lempung Lanauan & Pasiran memiliki konsistensi kekerasan tanah yang agak lunak dengan nilai konus 11 - 33 Kg/cm²
20. Tanah pada kedalaman 1680– 1700 cm dengan jenis tanah Pasir Sedang memiliki konsistensi kekerasan tanah yang agak keras dengan nilai konus 36 - 37 Kg/cm²
21. Tanah pada kedalaman 1720– 1800 cm dengan jenis tanah Pasir memiliki konsistensi kekerasan tanah keras dengan nilai konus 160 - 200 Kg/cm²

Berdasarkan korelasi antara nilai qc dengan konsistensi tanah, tanah dengan jenis lempung dan organik memiliki kekerasan dari sangat lunak sampai agak lunak, tanah dengan jenis pasir lepas memiliki kekerasan lunak sampai agak lunak, tanah dengan jenis pasir sedang memiliki kekerasan agak lunak sampai agak keras dan tanah dengan jenis pasir memiliki kekerasan tanah yang keras, tanah yang memiliki kekerasan yang keras ini mulai ditemukan pada kedalaman 17,20 meter dengan nilai konus >150 kg/cm². Dari korelasi yang telah dilakukan antara kekerasan tanah dengan nilai konus, maka dapat disimpulkan bahwa, semakin bertambah kedalaman tanah maka tingkat konsistensi kekerasan tanah akan semakin bertambah.

Berikut ini adalah grafik korelasi antara nilai konus dengan konsistensi kekerasan tanah :



Gambar 4.7 Grafik korelasi nilai qc terhadap konsistensi kekerasan tanah

Berdasarkan hasil proyeksi nilai qonus terhadap kedalaman dapat disimpulkan bahwa jenis tanah lempung organik memiliki konsistensi kekerasan yang sangat lunak – agak lunak, tanah lempung lanauan dan pasir memiliki konsistensi kekerasan agak lunak, tanah lempung lanauan memiliki konsistensi kekerasan agak lunak, dan tanah berpasir memiliki konsistensi kekerasan tanah agak lunak sampai keras. Semakin bertambah kedalaman maka kekerasan tanah akan semakin keras.

Berikut ini adalah hasil perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan uji sondir pada bor 2 pembangunan *Flyover Ska*, yaitu :

Tabel 4.15 Hasil perhitungan tanah pada lubang bor 2 menurut Dee Beer dan Marten, 1957.

Dalam (cm)	Jenis Tanah	Berat Unit	Po'	ΔP	qc	C	H/C	$Po' + \frac{\Delta P}{Po'}$	$\ln \frac{Po' + \Delta P/Po'}{Po'}$	Si cm
0		0.0000	0.00	0.00	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	Lempung Organik Lunak Bercampur Tanah	0.0166	0.33	0.33	6	27.11	0.74	2.00	0.69	25.56
40	Lempung Organik Lunak	0.0166	0.66	0.33	8	18.07	2.21	1.50	0.41	24.96
60	Lempung Organik Lunak	0.0166	1.33	0.66	8	9.04	6.64	1.50	0.41	24.96
80	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	2.30	0.97	15	9.78	8.18	1.42	0.35	18.62
100	Lempung Organik Lunak Bercampur Tanah	0.0166	3.65	1.35	10	4.11	24.35	1.37	0.31	24.89
120	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	5.25	1.60	16	4.57	26.26	1.30	0.27	18.57
140	Pasir Lepas Lunak	0.0140	6.92	1.66	18	3.90	35.86	1.24	0.22	7.73
160	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	9.52	2.60	12	1.89	84.62	1.27	0.24	20.46
180	Lempung Organik Sangat Lunak	0.0166	11.86	2.34	4	0.51	355.80	1.20	0.18	26.12
200	Lempung Organik Sangat Lunak Bercampur Tanah	0.0166	14.47	2.61	3	0.31	643.02	1.18	0.17	26.45
220	Lempung Organik Sangat Lunak	0.0166	17.12	2.66	4	0.35	627.88	1.16	0.14	26.12
240	Lempung Organik Sangat Lunak Bercampur Tanah	0.0166	19.78	2.66	4	0.30	791.20	1.13	0.13	26.14

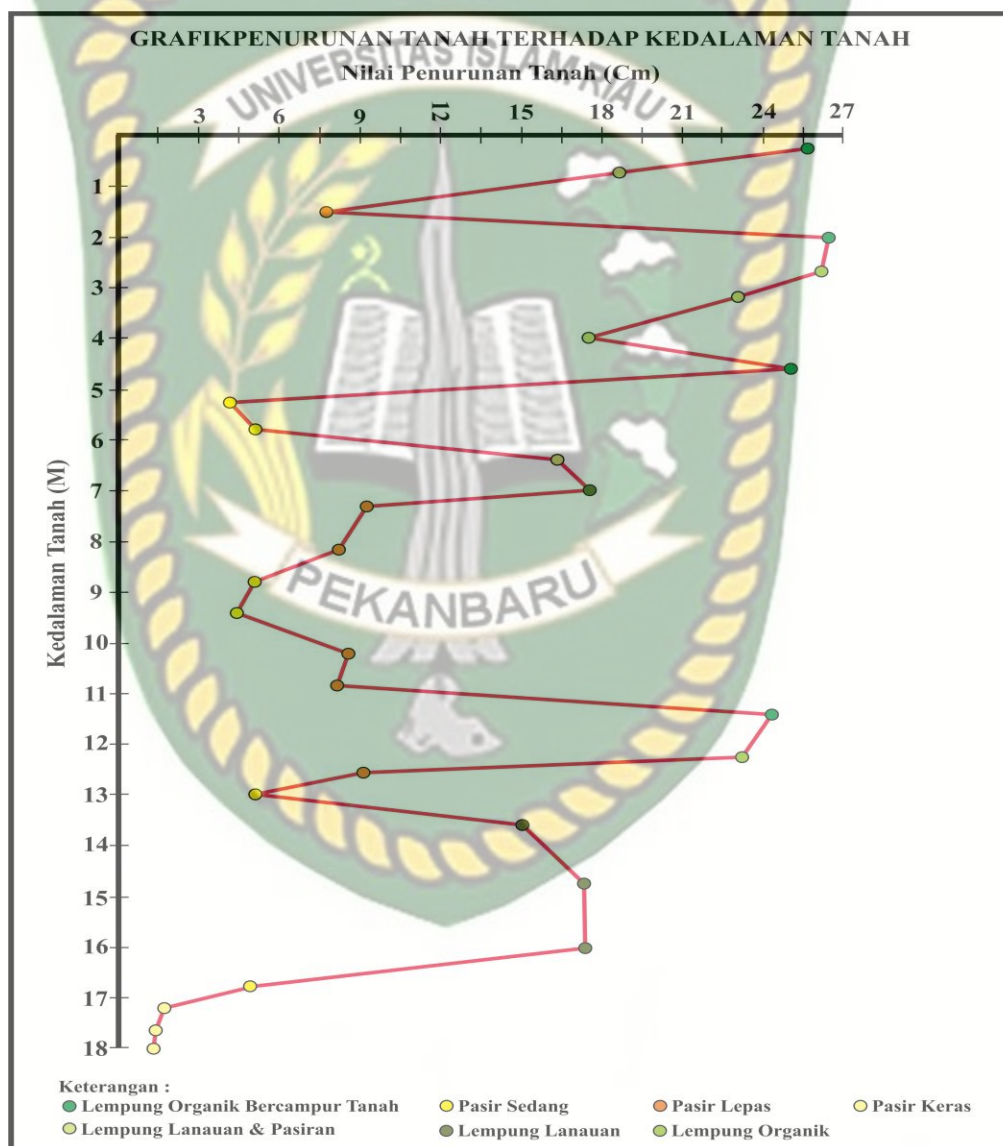
260	Lempung Organik Sangat Lunak	0.0166	22.46	2.68	3	0.20	1297.6 ₉	1.12	0.11	26,38
280	Lempung lanauan Lunak	0.0166	25.12	2.66	8	0.48	586.04	1.11	0.10	25.10
300	Lempung Organik Sangat Lunak Bercampur Tanah	0.0166	27.81	2.69	3	0.16	1853.8 ₇	1.10	0.09	26.45
320	Lempung Lanauan & Pasiran Sangat Lunak	0.0163	30.73	2.92	4	0.20	1639.0 ₄	1.10	0.09	23.14
340	Lempung Lanauan & Pasiran Lunak	0.0163	33.43	2.70	6	0.27	1262.9 ₁	1.08	0.08	22.86
360	Lempung Lanauan & Pasiran Lunak	0.0163	35.98	2.55	9	0.38	959.57	1.07	0.07	21.43
380	Lempung lanauan Lunak	0.0166	38.65	2.66	8	0.31	1223.7 ₉	1.07	0.07	25.10
400	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	41.07	2.43	20	0.73	547.65	1.06	0.06	17.78
420	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	43.72	2.65	20	0.69	612.14	1.06	0.06	17.78
440	Lempung Organik Lunak	0.0166	46.39	2.66	8	0.26	1700.8 ₂	1.06	0.06	24.96
460	Lempung Organik Lunak Bercampur Tanah	0.0166	48.92	2.53	8	0.25	1875.1 ₁	1.05	0.05	25.12
480	Lempung Organik Agak Lunak	0.0166	51.57	2.66	15	0.44	1100.2 ₀	1.05	0.05	23.12
500	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	54.17	2.60	30	0.83	601.93	1.05	0.05	16.04
520	Pasir Sedang Kaku	0.0167	57.13	2.96	40	1.05	495.16	1.05	0.05	4.16
540	Lempung Lanauan & Pasiran Lunak	0.0163	59.53	2.40	10	0.25	2143.2 ₂	1.04	0.04	21.39
560	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	62.24	2.70	16	0.39	1452.1 ₇	1.04	0.04	18.57
580	Pasir Sedang Agak Lunak	0.0167	65.08	2.84	30	0.69	838.76	1.04	0.04	5.11
600	Pasir Sedang Kaku	0.0167	67.69	2.62	46	1.02	588.63	1.04	0.04	4.65
620	Lempung lanauan Kaku	0.0167	70.41	2.72	37	0.79	786.54	1.04	0.04	15.19
640	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	72.87	2.46	29	0.60	1072.1 ₁	1.03	0.03	16.22
660	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	75.58	2.71	22	0.44	1511.6 ₄	1.04	0.04	17.47
680	Lempung Organik Agak Lunak	0.0166	78.39	2.81	13	0.25	2733.7 ₄	1.04	0.04	23.88
700	Lempung lanauan Agak Lunak	0.0166	80.80	2.41	18	0.33	2094.8 ₁	1.03	0.03	17.74
720	Lempung lanauan Agak Lunak	0.0166	83.62	2.82	19	0.34	2112.4 ₅	1.03	0.03	17.62

740	Pasir Lepas Lunak	0.0140	84.52	0.90	10	0.18	4169.5 5	1.01	0.01	9.18
760	Lempung lanauan Lunak	0.0166	89.04	4.52	8	0.13	5639.2 0	1.05	0.05	25.10
780	Lempung Organik Lunak	0.0166	89.71	0.67	8	0.13	5831.2 8	1.01	0.01	24.96
800	Lempung Organik Agak Lunak	0.0166	92.31	2.59	12	0.20	4102.4 9	1.03	0.03	24.06
820	Pasir Lepas Agak Lunak	0.0140	93.02	0.72	16	0.26	3178.2 5	1.01	0.01	8.25
840	Pasir Sedang Agak Lunak	0.0167	98.09	5.07	25	0.38	2197.2 6	1.05	0.05	5.34
860	Pasir Sedang Agak Lunak	0.0167	98.62	0.53	35	0.53	1615.4 6	1.01	0.01	4.96
880	Pasir Sedang Agak Lunak	0.0167	101.36	2.74	30	0.44	1982.1 5	1.03	0.03	5.11
900	Lempung lanauan Agak Lunak	0.0166	104.01	2.65	15	0.22	4160.5 6	1.03	0.03	20.48
920	Pasir Sedang Kaku	0.0167	108.77	4.76	46	0.63	1450.3 2	1.04	0.04	4.65
940	Pasir Sedang Kaku	0.0167	111.43	2.66	52	0.70	1342.9 0	1.02	0.02	4.47
960	Lempung Organik Agak Lunak Bercampur Tanah	0.0166	114.09	2.65	15	0.20	4867.6 7	1.02	0.02	23.43
980	Lempung Organik Agak Lunak	0.0166	116.84	2.75	15	0.19	5088.8 6	1.02	0.02	23.12
1000	Lempung Organik Agak Lunak	0.0166	121.62	4.79	12	0.15	6756.8 9	1.04	0.04	24.06
1020	Pasir Lepas Agak Lunak	0.0140	121.54	0.08	15	0.19	5509.9 9	1.00	0.00	8.45
1040	Pasir Lepas Agak Lunak	0.0140	124.06	2.52	20	0.24	4300.8 2	1.02	0.02	6.94
1060	Pasir Lepas Agak Lunak	0.0140	123.93	0.14	18	0.22	4865.2 4	1.00	0.00	7.73
1080	Pasir Lepas Agak Lunak	0.0140	123.83	0.10	17	0.21	5244.4 0	1.00	0.00	7.87
1100	Lempung Organik Agak Lunak Bercampur Tanah	0.0166	126.44	2.62	12	0.14	7727.0 1	1.02	0.02	24.36
1120	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	125.86	0.58	11	0.13	8543.2 2	1.00	0.00	21.24
1140	Lempung Organik Agak Lunak Bercampur Tanah	0.0166	128.85	2.99	12	0.14	8160.6 3	1.02	0.02	24.36
1160	Lempung Organik Agak Lunak Bercampur Tanah	0.0166	131.17	2.32	12	0.14	8453.3 1	1.02	0.02	24.36
1180	Lempung Organik Agak Lunak	0.0166	133.83	2.66	20	0.22	5263.9 0	1.02	0.02	17,60
1200	Lempung Organik Agak Lunak	0.0166	139.14	5.31	25	0.27	4452.3 5	1.04	0.04	17.18
1220	Lempung Organik Agak Lunak	0.0166	144.50	5.36	14	0.15	8394.5 3	1.04	0.04	23.36

1240	Lempung Organik Lunak Bercampur Tanah	0.0166	149.91	5.41	9	0.09	13769.33	1.04	0.04	25.03
1260	Pasir Lepas Lunak	0.0140	152.10	2.19	10	0.10	12776.06	1.01	0.01	9.18
1280	Lempung Organik Lunak	0.0166	158.03	5.93	10	0.09	13485.06	1.04	0.04	24.78
1300	Pasir Sedang Agak Lunak	0.0167	157.87	0.15	25	0.24	5472.97	1.00	0.00	5.34
1320	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	160.00	2.13	29	0.27	4855.29	1.01	0.01	16.22
1340	Lempung lanauan Kaku	0.0166	163.19	3.18	39	0.36	3737.94	1.02	0.02	14.90
1360	Lempung lanauan kaku	0.0166	165.45	2.26	38	0.34	3947.48	1.01	0.01	15.02
1380	Pasir Sedang Agak Lunak	0.0167	168.24	2.79	30	0.27	5159.36	1.02	0.02	5.11
1400	Lempung Organik Lunak	0.0166	170.76	2.52	10	0.09	15937.41	1.01	0.01	24.78
1420	Lempung lanauan Agak Lunak	0.0166	173.55	2.79	14	0.12	11735.42	1.02	0.02	20.64
1440	Lempung Organik Agak Lunak	0.0166	179.48	5.93	13	0.11	13254.20	1.03	0.03	23.88
1460	Lempung Organik Agak Lunak	0.0166	182.14	2.66	16	0.13	11080.18	1.01	0.01	22.90
1480	Lempung lanauan Agak Lunak	0.0166	184.67	2.53	20	0.16	9110.19	1.01	0.01	17.48
1500	Pasir Sedang Agak Lunak	0.0167	187.87	3.20	32	0.26	5870.88	1.02	0.02	5.02
1520	Lempung lanauan Kaku	0.0166	190.37	2.51	55	0.43	3507.50	1.01	0.01	10.22
1540	Lempung Organik Lunak	0.0166	193.18	2.81	10	0.08	19833.15	1.01	0.01	24.78
1560	Lempung Organik Agak Lunak	0.0166	195.70	2.52	11	0.08	18502.36	1.01	0.01	24.62
1580	Lempung Organik Sangat Lunak	0.0166	198.35	2.66	5	0.04	41786.58	1.01	0.01	25.00
1600	Lempung lanauan Agak Lunak	0.0166	201.01	2.66	20	0.15	10720.53	1.01	0.01	17.48
1620	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	203.18	2.17	22	0.16	9974.29	1.01	0.01	17.47
1640	Lempung Lanauan & Pasiran Agak Lunak	0.0163	205.83	2.65	33	0.24	6819.42	1.01	0.01	15.54
1660	Lempung lanauan Kaku	0.0166	208.49	2.66	37	0.27	6235.98	1.01	0.01	15.19
1680	Pasir Sedang Agak Lunak	0.0167	210.67	2.18	35	0.25	6741.57	1.01	0.01	4,96
1700	Pasir Sedang Agak Keras	0.0167	213.33	2.66	65	0.46	3719.63	1.01	0.01	4.13
1720	Pasir Keras	0.0163	215.47	2.14	160	1.11	1544.20	1.01	0.01	1.68
1740	Pasir Keras	0.0163	218.29	2.82	170	1.17	1489.51	1.01	0.01	1.56

1760	Pasir Keras	0.0163	220.42	2.13	20 0	1.36	1293.1 5	1.01	0.01	1.40
1780	Pasir Keras	0.0163	222.55	2.13	20 0	1.35	1320.4 8	1.01	0.01	1.40
1800	Pasir Keras	0.0163	225.16	2.61	20 0	1.33	1350.9 6	1.01	0.01	1.40

Berikut ini adalah grafik korelasi antara kedalaman tanah dengan nilai penurunan tanah, yaitu :



Gambar 4.8 Grafik korelasi antara kedalaman tanah dengan nilai penurunan tanah

Berdasarkan hasil dari tabel dan grafik perhitungan penurunan tanah dari data sondir, maka dapat diketahui bahwa secara umum jenis tanah pada lubang bor 2 ini terdiri dari tanah pasir lepas, pasir sedang, lempung organik, lempung organik bercampur tanah, lempung lanauan, Lempung lanauan dan pasir dan pasir keras. Kedalaman sondir pada lubang bor 2 adalah 18 meter, tanah yang memiliki kekerasan yg keras untuk pondasi mulai ditemukan pada kedalaman 17,20 meter dengan nilai $q_c > 150 \text{ Kg/cm}^2$. Hasil penurunan tanah dapat dilihat pada kolom Si (Penurunan) yang dinyatakan dengan satuan centimeter.

Hasil penurunan tanah yang diperoleh dengan menggunakan metode sondir menunjukan penurunan tanah yang relative kecil dengan nilai bervariasi $< 27 \text{ cm}$, perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan uji sondir berdasarkan sifat fisik tanah seperti konsistensi tanah dan jenis tanah tanpa memasukan berat beban. Nilai penurunan tanah dipengaruhi oleh jenis tanah dan nilai dari q_c . Lapisan tanah yang mengandung lempung, lanau, organik akan memiliki nilai penurunan tanah yang lebih besar dibandingkan dengan lapisan tanah yang mengandung pasir, baik pasir halus maupun pasir sedang. Nilai q_c juga mempengaruhi nilai penurunan yang terjadi karena nilai q_c merupakan nilai dari tingkat konsistensi kekerasan tanah. semakin kecil nilai q_c pada suatu lapisan tanah, maka nilai penurunannya akan semakin besar, dan semakin besar nilai q_c pada suatu lapisan tanah, maka nilai penurunannya akan semakin kecil, hal ini dapat kita lihat pada hasil perhitungan, terdapat dua lapisan tanah berpasir sedang yang memiliki nilai penurunan yang berbeda, lapisan tanah pada kedalaman 8.40 dengan nilai $q_c 25 \text{ kg/cm}^2$ memiliki nilai penurunan sebesar 5.34 cm sedangkan lapisan tanah pada kedalaman 8.60 dengan nilai $q_c 35 \text{ kg/cm}^2$ memiliki nilai penurunan sebesar 4.96 cm, hal ini menunjukan bahwa jenis tanah yang sama jika memiliki nilai q_c berbeda akan menghasilkan nilai penurunan berbeda, dimana tanah yang memiliki nilai q_c lebih besar memiliki penurunan yang lebih kecil dibandingkan dengan tanah yang sama namun memiliki nilai q_c yang lebih kecil.

Lapisan tanah pada kedalaman dibawah 17,20 meter dengan nilai $q_c < 150 \text{ kg/cm}^2$ memiliki nilai penurunan tanah yang bervariasi $> 1.7 \text{ cm}$. Lapisan tanah pada kedalaman diatas 17,20 meter dengan nilai $q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$ memiliki nilai penurunan tanah $< 1.7 \text{ cm}$ yang menunjukkan konsistensi tanah pada lapisan ini keras sehingga bagus untuk dijadikan sebagai patokan dasar pondasi.

4.3.2 ANALISIS PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN HASIL UJI SPT BERDASARKAN BOWLES (1977).

SPT (*Standard penetration test*) adalah salah satu jenis uji tanah yang sering digunakan untuk mengetahui daya dukung dan penurunan tanah selain Sondir atau CPT. SPT dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Adapun rumus yang digunakan dalam menghitung penurunan tanah dengan menggunakan hasil uji SPT ini mengacu dengan menggunakan rumus Bowles (1977) yang telah dimodifikasi sebagai berikut :

$$S_i = \frac{2.5 \times q}{10 \times N}$$

dengan,

S_i = Penurunan Segera (Dalam Kg/cm^2)

q = Intensitas beban yang diterapkan (Dalam Kip/ft^2 atau Kg/cm^2)

N = Jumlah Pukulan pada Uji SPT

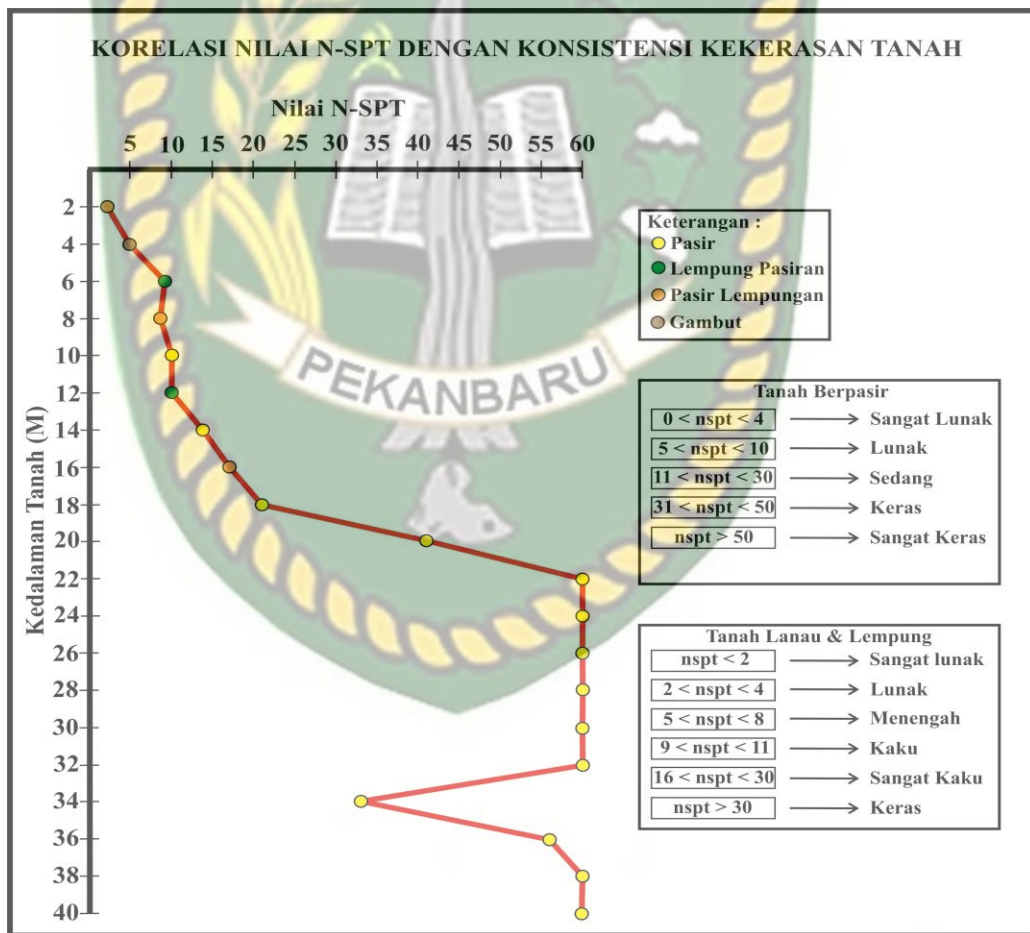
Berikut ini adalah korelasi antara konsistensi kekerasan tanah dengan nilai nspt pada bor 2 pembangunan *Flyover* Ska, yaitu :

Tabel 4.16 Korelasi antara konsistensi kekerasan tanah dengan nilai nspt

Kedalaman	Jenis Tanah	Nilai NSPT	Kekerasan
(m)			Tanah

2	Pasir Kasar Lempungan	2	Sangat Lunak
4	Tanah Gambut	5	Lunak
6	Lempung Pasiran	9	Menengah
8	Pasir Halus Lempungan	8	Lunak
10	Pasir Halus	10	Lunak
12	Lempung Pasiran + Kayu	10	Kaku
14	Pasir Halus	14	Sedang
16	Pasir Lempungan	17	Sedang
18	Pasir Halus	21	Sedang
20	Pasir Kasar	41	Keras
22	Pasir Halus	60	Sangat Keras
24	Pasir Kasar	60	Sangat Keras
26	Pasir Kasar	60	Sangat Keras
28	Pasir Kasar	60	Sangat Keras
30	Pasir Kasar	60	Sangat Keras
32	Pasir Kasar	60	Sangat Keras
34	Pasir Kasar	33	Sangat Keras
36	Pasir Kasar	56	Sangat Keras
38	Pasir Kasar	60	Sangat Keras
40	Pasir Halus	60	Sangat Keras

Berdasarkan korelasi antara nilai nspt dengan konsistensi kekerasan tanah pada daerah penelitian dapat diketahui bahwa tanah pada kedalaman 2 meter memiliki kekerasan sangat lunak, tanah pada kedalaman meter memiliki kekerasan lunak, tanah pada kedalaman 6 meter memiliki kekerasan menengah, tanah pada kedalaman 8 - 10 meter memiliki kekerasan lunak, tanah pada kedalaman 12 meter memiliki kekerasan kaku, tanah pada kedalaman 14 - 18 meter memiliki kekerasan sedang, tanah pada kedalaman 20 meter memiliki kekerasan tanah yang keras, dan tanah pada kedalaman 22 - 40 meter memiliki kekerasan tanah yang sangat keras. Hasil korelasi antara nilai nspt dengan konsistensi kekerasan tanah pada daerah penelitian dapat di proyeksikan dalam bentuk grafik dibawah ini :



Gambar 4.9 Grafik korelasi nilai nspt terhadap konsistensi kekerasan tanah

Berdasarkan hasil grafik korelasi antara nilai nspt dengan konsistensi kekerasan tanah pada daerah penelitian, dapat diketahui tanah pada kedalaman < 20 meter memiliki tingkat kekerasan dari sangat lunak sampai sedang atau menengah. tanah pada kedalaman > 20 meter memiliki tingkat kekerasan dari keras sampai sangat keras, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin dalam maka nilai nspt akan semakin besar yang berarti tingkat kekerasan tanah akan semakin besar. Berikut ini adalah hasil perhitungan penurunan tanah pada bor 2 pembangunan Flyover Ska, yaitu :

Tabel 4.17 Hasil perhitungan penurunan tanah pada lubang bor 2 (Bowles, 1977)

No	Dalam (Cm)	Jenis Tanah	NSPT	QPU Terbesar Kg/cm ²	Berat Unit Kg/cm ²	Q Kg/cm ²	BOWLES Kg/cm ²
1	200	Pasir Kasar Lempungan Sangat Lunak	2	200	0.0166	199.97	25.00
2	400	Tanah Gambut Lunak	5	200	0.0166	199.92	10.00
3	600	Lempung Pasiran Kekerasan Menengah	9	200	0.0166	199.85	5.55
4	800	Pasir Halus Lempungan Lunak	8	200	0.0166	199.87	6.25
5	1000	Pasir Halus Lunak	10	200	0.0166	199.83	5.00
6	1200	Lempung Pasiran + Kayu Kaku	10	200	0.0166	199.83	5.00
7	1400	Pasir Halus Kekerasan Sedang	14	200	0,0167	199.77	3.57
8	1600	Pasir Lempungan Kekerasan Sedang	17	200	0,0167	199.72	2.94
9	1800	Pasir Halus Kekerasan Sedang	21	200	0,0167	199.65	2.38
10	2000	Pasir Kasar Keras	41	200	0,0167	199.32	1.22
11	2200	Pasir Halus Sangat Keras	60	200	0,0167	199.00	0.83
12	2400	Pasir Kasar Sangat Keras	60	200	0,014	199.16	0.83
13	2600	Pasir Kasar Sangat Keras	60	200	0,014	199.16	0.83
14	2800	Pasir Kasar Sangat Keras	60	200	0,014	199.16	0.83
15	3000	Pasir Kasar Sangat Keras	60	200	0,014	199.16	0.83

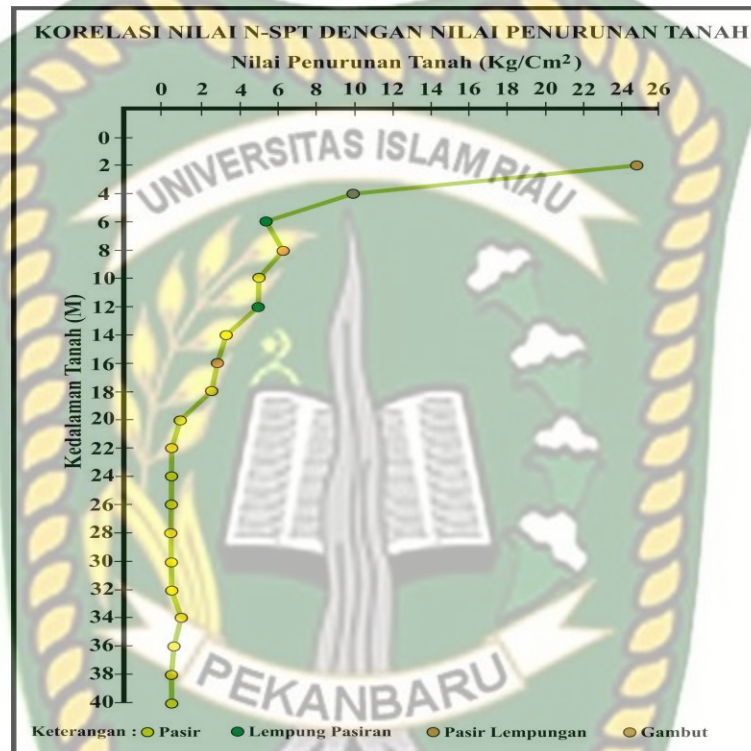
16	3200	Pasir Kasar Sangat Keras	60	200	0,014	199.16	0.83
17	3400	Pasir Kasar Sangat Keras	33	200	0,0163	199.46	1.51
18	3600	Pasir Kasar Sangat Keras	56	200	0,0163	199.09	0.89
19	3800	Pasir Kasar Sangat Keras	60	200	0,0163	199.02	0.83
20	4000	Pasir Halus Sangat Keras	60	200	0,0163	199.02	0.83

Berdasarkan hasil perhitungan nilai penurunan tanah pada bor 2 pembangunan Flyover Ska, maka dapat di ketahui bahwa

1. Pada kedalaman 0 sampai 12 meter didominasi oleh tanah berbutir halus seperti pasir kasar lempungan, pasir halus lempungan lempung pasiran, tanah gambut bercampur dengan material kayu, jenis tanah pada kedalaman ini memiliki nilai $NSPT \leq 10$ dengan konsistensi sangat lunak sampai lunak. Hasil perhitungan penurunan tanah pada kedalaman ini $5 \leq Si \leq 25$ centimeter, penurunan tanah yang terjadi dinilai cukup besar sebanding dengan jenis tanah yang mengalami penurunan tersebut yang umumnya tanah berbutir halus dengan konsistensi sangat lunak sampai Lunak
2. Pada kedalaman 14 sampai 20 meter didominasi oleh tanah berpasir seperti pasir halus, pasir lempungan dan pasir kasar dengan nilai $14 \leq NSPT \leq 41$ dengan konsistensi tanah sedang sampai keras. Hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada kedalaman ini $1.22 \leq Si \leq 3.57$ centimeter, penurunan tanah yang terjadi terbilang kecil sebanding dengan jenis tanah yang mengalami penurunan dengan konsistensi sedang sampai keras
3. Pada kedalaman 22 sampai 40 meter didominasi oleh tanah berpasir dengan ukuran butir halus - kasar dengan nilai $33 \leq NSPT \leq 60$ dengan konsistensi tanah keras sampai sangat keras. Hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada kedalaman ini sebesar $0.83 \leq Si \leq 1.51$, penurunan tanah yang

terjadi sangat kecil sebanding dengan jenis tanah yang mengalami penurunan dengan konsistensi keras sampai sangat keras

Hasil korelasi antara nilai nspt dengan penurunan tanah pada daerah penelitian dapat di proyeksikan dalam bentuk grafik dibawah ini :



Gambar 4.10 Grafik korelasi nilai nspt terhadap penurunan tanah

Berdasarkan grafik korelasi antara nilai nspt terhadap penurunan tanah, dapat kita interpretasikan bahwa nilai penurunan tanah pada kedalaman awal cukup besar, namun semakin kedalaman bertambah nilai penurunan yang diperoleh semakin kecil, tentunya pengurangan nilai penurunan tanah ini disebabkan oleh konsistensi tanah yang semakin dalam semakin keras sebanding dengan nilai SPT yang semakin dalam semakin besar.

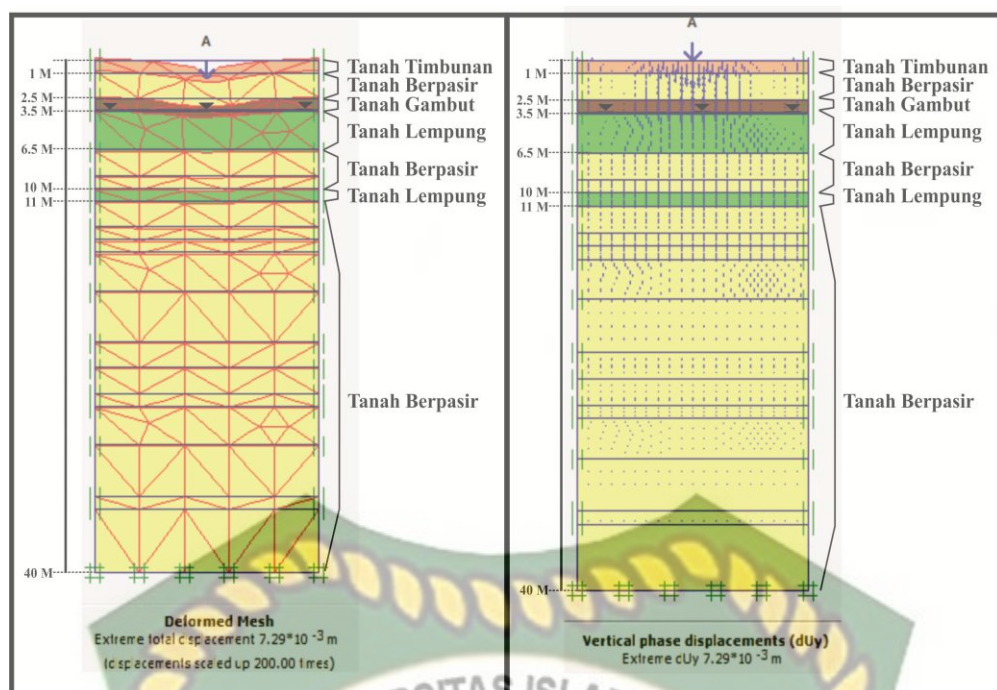
4.3.3 ANALISIS PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MEGGUNAKAN SOFTWARE PLAXIS 2D.

Aplikasi *Plaxis 2d* merupakan aplikasi yang dikembangkan dalam bidang ilmu sipil dan geologi keteknikan. Aplikasi ini banyak digunakan dalam membuat profil tanah, mendeterminasi tanah, menghitung penurunan serta deformasi tanah. Karena fungsi dari aplikasi *plaxis 2d* ini bisa menghitung penurunan, oleh sebab itu, pada penelitian ini aplikasi *plaxis 2d* juga digunakan dalam menghitung penurunan tanah pada daerah penelitian.

Mekanisme perhitungan menggunakan *plaxis* ini cukup sederhana, yaitu dengan memasukkan semua informasi profil tanah baik seperti jenis tanah, ketebalan tanah dan juga muka air tanah, untuk menghitung penurunan, perlu ditetapkan beban yang diinginkan oleh pengguna terlebih dahulu, dalam penelitian ini, digunakan beban 25 ton (beban standar 1 buah truk) dan hasil analisis penurunan tanah yang terjadi yaitu :

Berdasarkan profil penurunan tanah yang dihasilkan dengan menggunakan aplikasi *plaxis 2d*, dapat diketahui bahwa :

1. Terdapat 4 jenis tanah pada profil penurunan, yaitu tanah timbunan, tanah gambut, tanah berpasir dan tanah lempung. Masing-masing jenis tanah di ekspresikan dengan warna tertentu, seperti tanah berpasir berwarna kuning, tanah lempung berwarna hijau, tanah gambut berwarna coklat, dan tanah timbunan berwarna coklat terang, namun lapisan tanah yang muncul pada *plaxis* ini tidak bisa untuk ditambahkan simbol jenis tanah seperti simbol tanah berpasir, tanah lempung, tanah gambut hingga tanah timbunan



Gambar 4.11 Profil Penurunan Tanah dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2d*

2. Muka air tanah terletak pada kedalaman 4 meter dari permukaan tanah, yaitu terletak diantara lapisan tanah gambut dan lapisan tanah lempung, keberadaan muka air tanah ini sangat mempengaruhi konsistensi lapisan tanah terutama lapisan tanah gambut dan lapisan tanah lempung yang biasanya memiliki sifat mekanis tanah mudah mengembang dan mengkerut, hal ini tentu saja mempengaruhi tingkat penurunan tanah yang akan terjadi
3. Terdapat 2 buah profil penurunan tanah yang dihasilkan, yaitu profil *deformed mesh* dan *vertical*. Pada masing-masing profil terdapat tanda panah berwarna biru dengan huruf A dibagian atas yang merupakan letak symbol beban yang ingin digunakan dalam mengukur penurunan. Beban yang digunakan dalam mengukur penurunan tanah adalah 2,5 ton setara dengan berat normal satu truk biasa
4. Profil *deformed mesh* berfungsi untuk menunjukkan penurunan yang terjadi setelah beban diberikan, hal ini bisa kita lihat pada profil, terdapat lapisan tanah yang mengalami penurunan disekitar symbol beban. Profil *vertical* berfungsi untuk menunjukkan arah dari gaya atau tekanan yang bekerja terhadap lapisan tanah setelah diberikan beban, arah tekanan ini membentuk seperti pola yang bisa dilihat dalam profil penurunan *vertical*.
5. Berdasarkan hasil perhitungan, penurunan tanah yang terjadi setelah diberi beban 2,5 ton adalah $7,29 \times 10^{-3}$ meter atau 0,729 centimeter. Nilai

penurunan tanah yang diperoleh akan semakin kecil jika semakin bertambah kedalaman.

4.4 KORELASI ANTARA HASIL PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE SONDIR, HASIL UJI SPT DAN SOFTWARE *PLAXIS 2D*.

Nilai penurunan tanah pada lubang bor 2 pembangunan *Flyover* SKA telah diperoleh melalui perhitungan menggunakan 3 buah metode, yaitu : Metode Uji Sondir, Metode Uji SPT dan *Software Plaxis 2d*. hasil perhitungan masing – masing metode menunjukkan nilai penurunan yang relative sama, namun terdapat beberapa perbedaan antara ketiga metode tersebut, oleh karena itulah, hasil dari ketiga metode tersebut sebaiknya di perbandingkan untuk lebih memahami baik mekanisme perhitungan, penggunaan sumber data, pembacaan hasil perhitungan dan factor-faktor yang mempengaruhi nilai penurunan tanah dari masing-masing metode.

Berikut ini adalah hasil perhitungan penurunan tanah dari ketiga metode tersebut, yaitu :

Tabel 4.18 Hasil perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan 3 metode

No	METODE		
	Sondir (CPT)	Uji SPT (N60)	<i>Plaxis 2D</i>
1	Jenis tanah terdiri dari tanah berpasir lepas, pasir sedang, pasir keras, lempung organic bercampur tanah, lempung lanauan & Pasiran	Kedalaman Uji Spt mencapai 40 meter	Terdapat 4 jenis tanah pada profil penurunan, yaitu tanah timbunan, tanah gambut, tanah berpasir dan tanah lempung.

- | | | | |
|---|--|---|--|
| 2 | Kedalaman Uji Sondir mencapai 18 meter | Pada kedalaman 0 - 12 meter didominasi oleh tanah berbutir halus yang memiliki nilai SPT-N60 ≤ 10 dengan konsistensi sangat lunak sampai lunak | lapisan tanah yang muncul pada <i>plaxis</i> ini tidak bisa untuk ditambahkan simbol jenis tanah seperti simbol tanah berpasir, tanah lempung, tanah gambut hingga tanah timbunan |
| 3 | Tanah yang memiliki kekerasan yg bagus untuk pondasi mulai ditemukan pada kedalaman 17,20 meter dengan nilai $q_c > 150 \text{ Kg/cm}^2$ | Hasil perhitungan penurunan tanah pada kedalaman 0 – 12 m yaitu $5 \leq S_i \leq 25 \text{ cm}$ | Muka air tanah terletak pada kedalaman 4 meter dari permukaan tanah, yaitu terletak diantara lapisan tanah gambut dan lapisan tanah lempung, |
| 4 | Penurunan tanah yang terjadi relative kecil dengan nilai bervariasi $< 27 \text{ m}$ | Pada kedalaman 14 - 20 meter didominasi oleh tanah berpasir seperti pasir halus dan pasir kasar dengan nilai $14 \leq \text{SPT-N60} \leq 41$ dengan konsistensi tanah sedang sampai keras. | keberadaan muka air tanah ini sangat mempengaruhi konsistensi lapisan tanah yang memiliki sifat mekanis tanah mudah mengembang dan mengerut yang akan mempengaruhi tingkat penurunan tanah yang akan terjadi |
| 5 | Nilai penurunan tanah dipengaruhi oleh jenis tanah dan nilai dari q_c | Hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada kedalaman ini $1.22 \leq S_i \leq 3.57 \text{ cm}$ | Terdapat 2 buah profil penurunan tanah yang dihasilkan, yaitu profil <i>deformed mesh</i> dan <i>vertical</i> |
| 6 | Lapisan tanah yang mengandung lempung, lanau, organik/inorganik | Pada kedalaman 22 - 40 meter didominasi oleh tanah berpasir dengan | Pada masing-masing profil terdapat tanda panah berwarna biru |

akan memiliki nilai penurunan tanah yang lebih besar dibandingkan dengan lapisan tanah yang mengandung pasir

ukuran butir halus - kasar dengan nilai $33 \leq \text{SPT-N}_{60} \leq 60$ dengan konsistensi tanah keras sampai sangat keras.

dengan huruf A dibagian atas yang merupakan letak symbol beban yang ingin digunakan dalam mengukur penurunan. Beban yang digunakan dalam mengukur penurunan tanah adalah 2,5 ton setara dengan berat normal satu truk biasa

- 7 Semakin kecil nilai qc pada suatu lapisan tanah, maka nilai penurunannya akan semakin besar, dan semakin besar nilai qc pada suatu lapisan tanah, maka nilai penurunannya akan semakin kecil

Hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada kedalaman ini $0.83 \leq S_i \leq 1.51 \text{ cm}$

Profil *deformed mesh* berfungsi untuk menunjukkan penurunan yang terjadi setelah beban diberikan, hal ini bisa kita lihat pada profil, terdapat lapisan tanah yang mengalami penurunan disekitar symbol beban

- 8 Lapisan tanah pada kedalaman dibawah 17,20 meter dengan nilai qc $< 150 \text{ kg/cm}^2$ memiliki nilai penurunan tanah yang bervariasi $> 1.7 \text{ cm}$.

Nilai penurunan tanah pada kedalaman awal cukup besar, namun semakin kedalaman bertambah nilai penurunan ini semakin kecil..

Profil vertical berfungsi untuk menunjukan arah dari gaya atau tekanan yang bekerja terhadap lapisan tanah setelah diberikan beban

- 9 Lapisan tanah pada kedalaman diatas 17,20 meter dengan nilai qc $> 150 \text{ kg/cm}^2$ memiliki nilai penurunan tanah

Pengurangan nilai penurunan tanah ini disebabkan oleh konsistensi tanah yang semakin dalam semakin keras sebanding dengan

Penurunan tanah yang terjadi setelah diberi beban 2,5 ton adalah $7,29 \times 10^{-3}$ meter atau 0,729 centimeter. Nilai penurunan tanah yang

<1.7 cm

nilai SPT yang semakin
dalam semakin besar

diperoleh akan semakin
kecil jika semakin
bertambah kedalaman

Berdasarkan tabel hasil perhitungan penurunan dengan 3 metode diatas, maka dapat diketahui bahwa :

1. Perhitungan penurunan tanah menggunakan data sondir memiliki keterbatasan kedalaman, yaitu 18 meter (sampai ditemukan lapisan yang keras). Namun pengambilan data sondir secara real time dilapangan dengan hanya melihat hasil pada monitor sondir tanpa adanya analisis lanjutan seperti laboratorium. Lapisan tanah yang dihasilkan oleh sondir ini lebih bervariasi dengan pembacaan lapisan tanah setiap kedalaman 20 centimeter. Hasil perhitungan penurunan menggunakan sondir secara umum akan menghasilkan nilai penurunan yang relative besar pada lapisan tanah yang lunak dengan nilai qc yang rendah, dan sebaliknya.
2. Perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan uji spt memiliki kedalaman yang lebih dalam dibandingkan dengan sondir, yaitu 40 meter. Sampel yang diambil dari uji spt ini akan melalui uji laboratorium untuk uji ayakan dan batas-batas atterberg. Lapisan tanah yang terbaca pada uji spt tidak bervariasi dan sedetail dari uji sondir, lapisan tanah pada uji spt dapat dibedakan dari ukuran butir dan kekerasan tanah. Hasil perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan uji spt ini membentuk suatu pola, dengan penurunan pada lapisan atas bernilai besar (25 cm) yang semakin bertambah kedalaman lapisan tanah maka nilai penurunannya semakin kecil, tentunya dipengaruhi oleh ukuran butir partikel tanah dan tingkat kekerasan lapisan tanah.
3. Perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan *software plaxis 2d* biasanya dilakukan setelah memperoleh data lapangan, bisa berupa data sondir atau data uji spt. Perhitungan dengan menggunakan aplikasi ini

sebenarnya memudahkan bagi peneliti dalam menghitung penurunan dengan berat beban yang bisa dimasukan dan di ubah sesuai kebutuhan. Aplikasi akan menghasilkan beberapa profil penurunan tanah setelah menginput data tanah seperti jenis tanah, ketebalan dan muka air tanah, profil yang dihasilkan umumnya ada 3 yaitu profil deformed mesh, profil horizontal dan profil vertical. Profil deformed mesh berfungsi untuk menunjukkan perubahan penurunan disekitar area beban yang diberikan terhadap lapisan tanah, profil vertical berfungsi untuk memperlihatkan arah gaya atau persebaran tegangan secara vertical dari pusat beban ke segala arah secara vertical. profil horizontal berfungsi untuk memperlihatkan arah gaya atau persebaran tegangan secara horizontal dari pusat beban ke segala arah secara horizontal. Hasil perhitungan penurunan akan dihasilkan secara otomatis dari aplikasi tergantung pada profil apa yang hendak di hitung.

4.5 KORELASI ANTARA HASIL ANALISA AYAKAN, BATAS – BATAS ATTERBERG DENGAN HASIL PERHITUNGAN PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE SONDIR, HASIL UJI SPT DAN SOFTWARE PLAXIS 2D.

Dalam penelitian perhitungan penurunan tanah pada lubang bor 2 pembangunan *Flyover* SKA menggunakan beberapa analisis dan perhitungan, seperti analisis ayakan atau *shieve analysis*, analisis batas cair dan plastis, perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan metode sondir, metode uji spt dan aplikasi *plaxis* 2d. Masing – masing hasil analisis memiliki hubungan satu sama lain, seperti hasil analisis ayakan dan analisi batas cair dan plastis sebanding hasil perhitungan penurunan tanah atau tidak sebanding sama sekali. Berikut ini adalah analisis hubungan dari masing-masing hasil analisis yang telah dilakukan, yaitu :

1. Analisis ayakan dilakukan dilaboratorium dengan menggunakan sampel dari uji spt lubang bor 2, analisis ayakan ini dibagi menjadi 3 berdasarkan kedalamannya, yaitu pada kedalaman 14,5 – 15 meter, 24,5 – 25 meter, 34,5

– 35 meter dengan jenis tanah berpasir. Untuk kedalaman 4,5 sampai 5 meter tidak bisa di analisis karena jenis tanah nya adalah lempung pasir yang termasuk dalam jenis tanah berbutir halus yang hanya bisa di analisis dengan analisis hidrometer. Hasil analisis ayakan ini menyimpulkan bahwa lapisan tanah mulai dari kedalaman 14,5 meter sampai 35 meter memiliki gradasi butiran yang baik, hasil ini menjadi data tambahan untuk memperkuat hasil penurunan tanah yang dihitung, dimana dalam setiap metode perhitungan tanah menunjukan lapisan tanah yang bergradasi baik.

2. Hasil analisis ayakan juga menjadi data pelengkap dalam analisis batas cair dan batas plastis, dimana diketahui dalam analisis batas cair dan batas plastis ini terbagi 4 berdasarkan kedalaman yaitu kedalaman 4.5 – 5 meter dengan jenis tanah lempung berpasir, kedalaman 14,5 – 15 meter, 24,5 – 25 meter, 34,5 – 35 meter dengan jenis tanah berpasir. Pada analisis ayakan tidak terdapat kedalaman 4,5 – 5 meter namun pada analisis batas cair dan batas plastis ini hanya kedalaman 4.5 -5 meter yang bisa dilakukan uji batas cair dan batas plastis, karena jenis tanah pada kedalaman ini lempung berpasir yang memenuhi syarat analisis batas cair dan batas plastis, sementara itu, kedalaman lainnya memiliki jenis tanah berpasir yang tidak memenuhi syarat analisis batas cair dan batas plastis.
3. Hasil analisis batas cair pada kedalaman 4.5 – 5 meter menyatakan bahwa lapisan tanah pada kedalaman ini memiliki nilai batas cair 21,35 %, lapisan tanah pada kedalaman ini memiliki batas plastis sebesar 5,3% dengan indeks plastisitas 16,05% yang mengindikasikan plastisitas yang sedang. Hasil dari analisis batas cair dan batas plastis ini bisa menjadi bukti yang membenarkan hasil perhitungan dengan beberapa metode yg digunakan, setiap hasil perhitungan penurunan pada kedalaman 4,5 – 5 meter dari masing-masing metode menunjukan bahwa lapisan tanah pada kedalaman ini memiliki penurunan relative besar, seperti hasil uji sondir memiliki penurunan berkisar anatar 24.96 – 25.12 centimeter pada lapisan tanah lempung organic, hasil uji

spt memiliki penurunan sekitar 10 cm pada lapisan tanah gambut dengan konsistensi tanah lunak, begitu juga dengan hasil perhitungan *plaxis* 2d, dimana pada profil deformed mesh dapat dilihat kedalaman lapisan tanah 4,5 – 5 meter yang terletak antara lapisan tanah gambut dan tanah lempung menunjukkan penurunan yang jelas.

4. Hasil analisis batas cair dan batas plastis pada kedalaman 14,5 – 35 meter menunjukkan bahwa lapisan tanah pada kedalaman ini tidak memiliki sifat plastis, yang mengindikasikan tanah memiliki konsistensi kekerasan dari sedang sampai sangat keras, hal ini di buktikan dengan hasil perhitungan sondir, pada kedalaman 17,20 meter ditemukan lapisan tanah keras yang memiliki nilai $q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$, dengan nilai penurunan yang relative kecil dibawah 3 cm, hasil perhitungan dengan menggunakan uji spt juga menyatakan hal yang selaras dengan hasil uji batas cair dan plastis, pada kedalaman >14 meter mengindikasikan tanah memiliki kekerasan sedang sampai sangat keras. Pada hasil analisis menggunakan *plaxis* 2d dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah kedalaman semakin kecil nilai penurunan tanah, hal ini bisa dilihat pada profil penurunan tanah yang di hasilkan, tanah pada kedalaman >14 meter dengan jenis tanah berpasir hampir tidak mengalami atau sedikit terjadi penurunan yaitu sebesar 0,729 centimeter.

Berdasarkan hasil korelasi antara 3 metode perhitungan penurunan tanah, lapisan tanah keras mulai ditemukan pada kedalaman 17,20 meter dengan nilai penurunan kecil dari 1.7 centimeter yang didapat dari hasil perhitungan uji sondir, lapisan tanah keras mulai ditemukan pada kedalaman 22 - 40 meter dengan nilai penurunan kecil dari 0.83 centimeter yang didapat dari hasil perhitungan uji spt, nilai penurunan tanah dengan menggunakan *plaxis* 2d sebesar 0,729 centimeter, dari hasil analisis ayakan dan batas - batas atterberg tanah pada kedalaman 22 – 40 meter merupakan tanah berpasir yang memiliki gradasi baik dan bersifat non plastis sehingga kemungkinan terjadinya penurunan

tanah pada pembangunan pondasi Flyover SKa di Jalan Tuanku Tambusai – Jalan Soekarno Hatta bernilai sangat kecil atau hampir tidak terjadi.



BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan penurunan tanah pada bor 2 pembangunan Flyover SKA Pekanbaru yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil analisis ayakan, diperoleh nilai koefisien keseragaman sebesar 2.6 dan nilai koefisien Gradasi sebesar 1,46. Dari nilai koefisien keseragaman dan koefisien gradasi, maka dapat dikategorikan bahwa tanah pada kedalaman 14,5 sampai 15 meter ini termasuk dalam tanah seragam yang mulai tergradasi. Berdasarkan hasil proyeksi yang telah dilakukan, kurva yang terbentuk pada grafik termasuk kedalam kurva tipe A, dimana jenis tanah merupakan tanah berpasir sedang
2. Berdasarkan hasil analisis ayakan, diperoleh nilai koefisien keseragaman sebesar 3.14 dan nilai koefisien Gradasi sebesar 1,67. Dari nilai koefisien keseragaman dan koefisien gradasi, maka dapat dikategorikan bahwa tanah pada kedalaman 24,5 sampai 25 meter ini termasuk dalam tanah yang tergradasi dengan baik. Berdasarkan hasil proyeksi yang telah dilakukan, kurva yang terbentuk pada grafik termasuk kedalam kurva tipe A, dimana jenis tanah merupakan tanah berpasir sedang
3. Berdasarkan hasil analisis ayakan, diperoleh nilai koefisien keseragaman sebesar 2.22 dan nilai koefisien Gradasi sebesar 1,09. Dari nilai koefisien keseragaman dan koefisien gradasi, maka dapat dikategorikan bahwa tanah pada kedalaman 34,5 sampai 35 meter ini termasuk dalam tanah seragam yang mulai tergradasi. Berdasarkan hasil proyeksi yang telah dilakukan, kurva yang terbentuk pada grafik termasuk kedalam kurva tipe A, dimana jenis tanah merupakan tanah berpasir sedang

4. Pada kedalaman 4.5 – 5 meter, hasil analisis batas cair menyatakan bahwa tanah pada kedalaman ini memiliki nilai batas cair sebesar 21,35 % dengan jumlah ketukan 24,75 kali. Hasil analisis batas plastis menyatakan bahwa tanah pada kedalaman ini memiliki nilai batas plastis sebesar 5,3 % dengan indeks plastisitas 16,05% yang mengindikasikan tanah memiliki plastisitas yang sedang.
5. Untuk lapisan tanah pada kedalaman 14,5 – 15 meter, 24,5 – 25 meter, 34,5 – 35 meter tidak bisa dilakukan analisis ayakan karena tanah pada lapisan ini merupakan tanah berpasir yang tidak memenuhi syarat dalam melakukan analisis batas cair dan batas plastis
6. Hasil penurunan tanah yang diperoleh dengan menggunakan metode sondir menunjukkan penurunan tanah yang relative kecil dengan nilai bervariasi <1 m. Nilai penurunan tanah dipengaruhi oleh jenis tanah dan nilai dari qc. Lapisan tanah pada kedalaman dibawah 17,20 meter dengan nilai qc <150 kg/cm² memiliki nilai penurunan tanah yang bervariasi >1.7 cm. Lapisan tanah pada kedalaman diatas 17,20 meter dengan nilai qc >150 kg/cm² memiliki nilai penurunan tanah <1.7cm
7. Hasil penurunan tanah dengan menggunakan uji spt yaitu : Pada kedalaman 0 -12 meter, tanah memiliki nilai NSPT ≤ 10 dengan konsistensi sangat lunak sampai lunak. Hasil perhitungan penurunan tanah pada kedalaman ini $5 \leq Si \leq 25$ cm. Pada kedalaman 14 - 20 meter tanah memiliki nilai $14 \leq NSPT \leq 41$ dengan konsistensi tanah sedang sampai keras. Hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada kedalaman ini $1.22 \leq Si \leq 3.57$ cm. Pada kedalaman 22 - 40 meter tanah memiliki nilai $33 \leq NSPT \leq 60$ dengan konsistensi tanah keras sampai sangat keras. Hasil perhitungan penurunan tanah yang terjadi pada kedalaman ini $0.83 \leq Si \leq 1.51$ cm
8. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan *software plaxis 2d*, penurunan tanah yang terjadi setelah diberi beban 2,5 ton adalah $7,29 \times 10^{-3}$

meter atau 0,729 centimeter. Nilai penurunan tanah yang diperoleh akan semakin kecil jika semakin bertambah kedalaman.

9. Perbandingan perhitungan penurunan tanah antara 3 metode, yaitu :
Perhitungan penurunan tanah menggunakan data sondir memiliki kedalaman, 18 meter, pengambilan data sondir secara real time dilapangan dengan melihat hasil pada monitor sondir tanpa analisis lanjutan, pembacaan lapisan tanah setiap kedalaman 20 centimeter. Hasil perhitungan penurunan menghasilkan nilai penurunan yang relative besar pada lapisan tanah yang lunak dengan nilai qc yang rendah, dan sebaliknya. Perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan uji spt memiliki kedalaman 40 meter. Sampel yang diambil dari uji spt digunakan untuk uji laboratorium. Lapisan tanah pada uji spt dibedakan dari ukuran butir dan kekerasan tanah. Hasil perhitungan penurunan tanah membentuk suatu pola, dengan penurunan yang semakin bertambah kedalaman lapisan tanah maka nilai penurunannya semakin kecil. Perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan *software plaxis 2d* biasanya dilakukan setelah memperoleh data uji spt. profil yang menghasilkan profil deformed mesh, profil horizontal dan profil vertical..
10. Hasil analisis ayakan, analisis batas cair dan batas plastis memiliki hubungan dengan perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan metode yang berbeda – beda, hasil analisis – analisis ini menjadi data pelengkap bagi analisis lain dan menjadi data yang bisa membuktikan bahwa hasil analisis sebanding dan sesuai dengan hasil perhitungan tanah, baik dengan menggunakan metode uji sondir, metode uji spt maupun menggunakan *software plaxis 2d*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. 1989. *“Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah”*. Erlangga. Jakarta.
- Bowles, J.E. 1996; 1997. *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, Japan.
- 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
- Clarke, M.C.G., Kartawa, W., Djunuddin, A., Suganda, E. dan Bagdja, M., 1982. Peta Geologi Lembar Pakanbaru, Sumatra. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Jakarta.
- 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.
- De Beer, E and Marten, A, (1957), *Method of Computation of an Upper Limit for the Influence of Heterogeneity of Sand Layer in The Settlement of Bridges*, Proc of 4th ISSMFE, London, Vol. 1, pp.275-82.
- Fauziah, Ali. 2016. Kajian Geoteknik untuk Perencanaan Pembangunan Pemukiman Baru pada Kawasan Handil Berkat Makmur, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah. Universitas Diponegoro, Semarang.
- FHWA NHI-06-088, 2006. *Soil and Foundation, Reference Manual, Volume I*, National Highway Institute, US Departement of Transportation, Federal Highway Administration.
- Hardiyatmo, H. C., 1992, *Mekanika Tanah 1*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2002, *Mekanika Tanah 2*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Jumantoro. 2015. *Pembuatan Tanggul dengan Menggunakan Program Plaxis*. Erlangga. Jakarta.

- Laboratorium Geologi Keteknikan Dan Hidrologi. 2018. *Modul Pratikum Geoteknik*. Laboratorium Geologi Keteknikan Dan Hidrologi 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.
- Lexono . 2009. Metode Pengujian Batas Cair. <http://lexonos.blogspot.com/2009/03/metode-pengujian-batas-cair-dengan-alat.html>. (Diakses pada tanggal 1 April 2019)
- Muntaha, Muhammad. 2011. Penelitian Kondisi Tanah Bawah Permukaan Jalan Raya Babat-Bojonegoro-Padangan. *Jurnal Aplikasi*, Vol. 9 No.1.
- S, Asep, Dhalhar. M, dkk. 1990. Buku Penuntun Pengukuran Sifat Sifat Fisik dan Mekanik Tanah. Bogor.
- Terzaghi, K. and Peck, R. B., 1967, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd edition, John Wiley and Sons, inc., New York
- SNI (Standar Nasional Indonesia) 1967:2008 tentang Cara Pengujian Batas Cair Tanah
- Verhoef, PNW. 1994. *Geologi Untuk Teknik Sipil*. Erlangga. Jakarta