

SKRIPSI

**KORELASI NILAI HASIL UJI *CONE PENETRATION TEST* (CPT) ATAU
SONDIR TERHADAP PARAMETER HASIL UJI KUAT GESER TANAH**

Oleh

HENDI TRIONO SIRINGORINGO

NIM.DAB 114 108



JURUSAN / PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PALANGKA RAYA

PALANGKA RAYA

2021

RINGKASAN

KORELASI NILAI HASIL UJI CONE PENETRATION TEST (CPT) ATAU SONDIR TERHADAP PARAMETER HASIL UJI KUAT GESER TANAH,
Hendi Triono Siringoringo 2020, Jurusan /Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Tanah merupakan sumber daya alam yang sangat penting untuk mendukung keberhasilan pembangunan fisik infrastruktur yang berperan sebagai pijakan terakhir untuk menerima pembebanan yang ada di atasnya. Untuk itu perlu diketahui jenis dan karakteristik tanah, daya dukung tanah dan parameter tanah tersebut.

Setiap daerah memiliki jenis tanah yang beragam seperti pada daerah Kalimantan Tengah tepatnya pada pembangunan Gedung IPTEK dan Inovasi Gambut di Universitas Palangka Raya. Hal ini dapat mengakibatkan parameter tanah berubah. Nilai Parameter tanah tahanan konus (q_c) sebagai data sekunder didapat dari hasil pemeriksaan di lapangan dengan alat *Cone Penetration Test* (CPT) oleh pihak instansi yang terkait sedangkan parameter tanah sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) tanah sebagai data primer diperoleh dari hasil pemeriksaan di laboratorium dengan pengujian uji geser langsung (*Direct Shear Test*). Penelitian ini menggunakan *Microsoft Excel* untuk mencari korelasi dari nilai persamaan tahanan konus (q_c) terhadap sudut geser (ϕ) dan kohesi (c). Jenis tanah dalam penelitian ini merupakan tanah gambut, pasir dan lempung yang terdapat pada kedalaman 0,0 meter sampai 6,0 meter.

Hasil analisis regresi linier sederhana nilai tahanan konus (q_c) dengan sudut geser (ϕ) didapat persamaan $q_c = 0,0417 (\phi) + 13,669$ dengan nilai $R = 0,5083$. Hal ini menyatakan adanya hubungan antara parameter tersebut. Sedangkan hasil analisis regresi linier sederhana parameter nilai tahanan konus (q_c) dengan kohesi (c) didapat persamaan $q_c = 0,0001 (c) + 0,0168$ dengan nilai $R = 0,0168$. Hal ini menyatakan adanya hubungan antara parameter tersebut.

Kata kunci : Kohesi, Korelasi, Regresi Linier Sederhana, Sudut Geser, Tahanan Konus

SUMMARY

CORELATION OF CONE PENETRATION TEST (CPT) OR SONDIR TEST RESULTS TO WARDS RESULTS OF SOIL SHEAR STRENGTH TEST PARAMETER, Hendi Triono Siringoringo, 2020, Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

Soil is a natural resource that is very essential to support the success of the physical development of infrastructure which acts as the last step to accept the load that is on it. So that it is necessary to know the type and characteristic of soil, carrying capacity and parameter of soil.

Every region has a various type of soil such as in Central Borneo particularly for building construction of Science and Technology and peat soil innovation in Palangka Raya University. It caused the parameter of soil would change. Value parameter of conus resistance (q_c) as secondary data was gained from test result in the field using *Cone Penetration Test* (CPT) by the related instance, in other side the parameter of soil shear angle (ϕ) and cohesion (c) as primary data which was gained from the test result by using *Direct Shear Test*. This research used Microsoft Excel to find out correlation of the value of equation from conus resistance (q_c) toward shear angle (ϕ) and cohesion (c). The type of soil was used in this research were peat, sand and loam which laid in 0,0 - 6,0 meters depth.

The analysis result of simple linear regression of conus resistance value (q_c) with shear angle (ϕ) showed that $q_c = 0,0417 (\phi) + 13,669$ with R value = 0,5083. On the other hand, the analysis result of simple linear regression for the parameter with the cohesion showed that $q_c = 0,0001 (c) + 0,0168$ with R value = 0,0168. It could be concluded that there was relation between the parameters.

Keywords: Cohession, Correlation, Simple Linear Regression, Friciton Angle, Conus Resistance.

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat karunia-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir dengan judul **“KORELASI NILAI HASIL UJI *CONE PENETRATION TEST* (CPT) ATAU SONDIR TERHADAP PARAMETER HASIL UJI KUAT GESER TANAH ”**. Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Program Strata-1 Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya (UPR).

Pada kesempatan ini tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Dr.Sutan P. Silitonga, S.T.P.,S.T.,M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Tatau Wijaya Garib, S.T.,M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Dr.Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
6. Ibu Veronika Happy P.,S.T.,M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.

7. Bapak Ir. Suradji Gandi, M.M.selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Bapak M. Ikhwan Yani, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
9. Bapak Ir. Suradji Gandi, M.M.selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
10. Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji dan Pembahas I Tugas Akhir.
11. Bapak Okrobianus Hendri, S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji dan Pembahas II Tugas Akhir.
12. Bapak Ir. Desriantomy, M.T selaku Dosen Penguji dan Pembahas III Tugas Akhir.
13. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
14. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2014 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati dan menyadari bahwa penulisan akan Proposal Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu diharapkan berbagai tanggapan, kritik dan saran yang sifatnya membangun demi perbaikan di masa yang akan mendatang. Terima Kasih.

Palangka Raya, Juli 2020

HENDI TRIONO SIRINGORINGO
NIM. DAB 114 108

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
SUMMARY	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Lokasi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	5

	Halaman
2.2 Tanah	6
2.3 <i>Cone Penetration Test (CPT)</i>	7
2.3.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir atau CPT	8
2.3.2 <i>Friction Ratio</i>	9
2.4 Sifat Fisik Tanah dan Sifat Mekanik Tanah.	14
2.4.1 Sifat Fisik Tanah.....	14
2.4.2 Sifat Geser Tanah	22
2.5 Sistem Klasifikasi Tanah	25
2.5.1 Sistem Klasifikasi <i>Unified</i>	25
2.5.2 Sistem Klasifikasi AASHTO	28
2.6 Analisis Regresi dan Korelasi.....	31
2.7 Penelitian Terdahulu	34

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Pelaksanaan Penelitian	35
3.2 Tahapan dan Proses Penelitian Lapangan dengan <i>Hand Boring</i>	36
3.3 Pengolahan Data di Laboratorium	36
3.3.1 Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah	36
3.3.2 Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah.....	38
3.4 Cara Analisis Data.....	38
3.5 Bagan Alir Penelitian	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Umum	41
4.2	Hasil Penelitian	41
4.2.1	Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah	41
4.2.2	Klasifikasi Tanah	43
4.2.3	Hasil Pengujian Sifat-Sifat Mekanik Tanah	46
4.3	<i>Cone Penetration Test</i> (CPT).....	49
4.4	Pengolahan Data.....	54
4.4.1	Korelasi Antara q_c - CPT Dengan Sudut Geser (Θ).....	54
4.4.2	Korelasi Antara q_c - CPT Dengan Kohesi (C)	56
4.4.3	Korelasi Antara q_c - CPT Dengan Kuat Geser Tanah (τ)	58

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	60
4.1	Saran	61

DAFTAR PUSTAKA	62
-----------------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah	6
Tabel 2.2 Klasifikasi Kepadatan dan Sudut Geser Dalam	8
Tabel 2.3 Hubungan Nilai <i>Friction Ratio</i> dengan Jenis Tanah.....	10
Tabel 2.4 Zona Tipe Tanah qt-Fr (Robertson et al, 1986)	12
Tabel 2.5 Contoh Pembacaan Uji Sondir atau <i>Cone Penetration Test</i> (CPT)	13
Tabel 2.6 Jenis Tanah Terhadap Nilai Gs	16
Tabel 2.7 U. S. <i>Standart Sieve Numbers</i> dan Diameter Lubang Saringan (mm).....	18
Tabel 2.8 Nilai Indeks Plastisitas Tanah Dan Jenis Tanah.....	21
Tabel 2.9 Sistem Klasifikasi <i>Unified</i>	27
Tabel 2.10 Contoh Korelasi Antara q_c -CPT Dengan Sudut Geser (ϕ).....	32
Tabel 2.11 Penelitian Terdahulu	34
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah Pada Jenis Tanah Gambut.....	42
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah Pada Jenis Tanah Pasir.....	42
Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah Pada Jenis Tanah Lempung ..	42
Tabel 4.4 Perhitungan Data <i>Cone Penetration Test</i> (CPT)	50
Tabel 4.5 Nilai <i>Friction Ratio</i> Dengan Jenis Tanah.....	52
Tabel 4.6 Korelasi Antara q_c - CPT Dengan Sudut Geser (ϕ).....	54

Tabel 4.7	Korelasi Antara q_c - CPT Dengan Kohesi (c).....	56
Tabel 4.8	Korelasi Antara q_c -CPT Dengan Kuat Geser Tanah (τ).....	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Lokasi Pengambilan Sampel	4
Gambar 2.1 Alat Uji Cone Penetration Test.....	7
Gambar 2.2 Zona Tipe Tanah qt-Fr	11
Gambar 2.3 Contoh Grafik Sondir atau <i>Cone Penetration Test</i> (CPT)	14
Gambar 2.4 Lingkaran Mohr	22
Gambar 2.5 Rentang (Range) dari batas cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) Untuk Tanah dalam Kelompok A-2, A4, A-5, A-6, A-7	30
Gambar 2.6 Contoh Grafik Regresi Korelasi Sederhana	32
Gambar 3.1 Bagan Alir Penyusunan Penelitian.....	40
Gambar 4.1 Grafik Plastisitas Identifikasi Jenis Tanah	45
Gambar 4.2 Grafik Uji Geser Langsung Pada Jenis Tanah Gambut.....	46
Gambar 4.3 Grafik Uji Geser Langsung Pada Jenis Tanah Lempung	47
Gambar 4.4 Grafik Uji Geser Langsung Pada Jenis Tanah Pasir	48
Gambar 4.5 Grafik <i>Cone Penetration Test</i> CPT	53
Gambar 4.6 Grafik Regresi Korelasi Sederhana Nilai q_c -CPT Dengan Sudut Geser (ϕ)	55
Gambar 4.7 Grafik Regresi Korelasi Sederhana Nilai q_c -CPT Dengan Koheesi (c)	57
Gambar 4.8 Grafik Regresi Korelasi Sederhana Nilai q_c -CPT Dengan Kuat Geser Tanah (τ)	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo,1992). Dalam pandangan teknik sipil kita perlu mengetahui bagaimana penyelidikan tanah, bagaimana sifat tanah, dan karakter tanah yang nantinya akan dibangun sebuah konstruksi diatasnya. Penyelidikan tanah dilakukan untuk untuk mendapatkan analisis geoteknik yang baik dan benar. Dalam penyelidikan tanah terdapat beberapa alat yang akan diperlukan yaitu Sondir (CPT), Bor Dalam (SPT), alat-alat Pengujian Laboratorium seperti kuat geser, dan lain-lain dalam melakukan penyelidikan tanah tersebut.

Dalam merencanakan suatu konstruksi, hal yang sangat penting adalah mengetahui terlebih dahulu jenis dan karakter tanah yang akan dibangun suatu konstruksi diatas tanah tersebut. Data jenis dan karakter tanah didapat dari hasil penyelidikan tanah baik di lapangan ataupun di laboratorium. Dalam penyelidikan tanah dilapangan digunakan dengan alat *Cone Penetration Test* (CPT) dengan pembacaan manometer akibat perlawanan konus dengan gesekan lapisan tanah yang terjadi dibawah permukaan. Sedangkan penyelidikan tanah di laboratorium terdapat beberapa penyelidikan tanah salah satunya adalah penyelidikan kuat geser tanah. Penyelidikan kuat geser tanah di laboratorium

dapat dilakukan setelah pengambilan sampel tanah tidak terganggu (*Undisturbed Soil*) dengan alat uji *hand boring*.

Hasil penyelidikan tanah di lapangan ataupun di laboratorium didapat data-data parameter tanah yaitu tahanan konus (q_c), sudut geser (ϕ), kohesi (c) dalam satuan kg/cm^2 . Hasil penyelidikan tanah di laboratorium seringkali tidak mewakili kondisi sesungguhnya tanah dari lapangan dalam menentukan parameter kekuatan tanahnya sesuai dengan karakteristik masing-masing peralatan, hasil penyelidikan yang berbeda dengan sampel yang sama. Hal ini terjadi karena prosedur penyelidikan tanah dan cara alat kerja yang berbeda-beda dalam penentuan parameter tanah. Sehingga dibutuhkan bentuk hubungan atau korelasi antara parameter tanah

Penelitian yang dilakukan adalah mencari korelasi nilai parameter *Cone Penetration Test* (CPT) dengan nilai parameter kuat geser tanah, dengan tujuan yaitu mencari hubungan antara parameter *Cone Penetration Test* (CPT) yaitu besaran nilai konus penetrasi (q_c) dengan parameter kuat geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ), dengan menggunakan persamaan regresi linier.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas dapat diambil rumusan masalah adalah :

1. Bagaimanakah jenis dan karakteristik tanah setelah dilakukan penelitian secara langsung dari pengujian lapangan dan laboratorium?

2. Bagaimanakah korelasi parameter antara hasil CPT (q_c) dengan parameter hasil uji kuat geser (c dan ϕ)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui perbedaan karakteristik dan jenis tanah dengan pengujian CPT (*cone penetration test*) dan pengujian sifat fisik tanah.
2. Untuk mengetahui nilai hasil korelasi parameter CPT (q_c) dengan pengujian parameter kuat geser (c dan ϕ).

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan :

1. Mengetahui lebih dalam tentang deskripsi tanah dan stratifikasinya baik dalam pengujian di lapangan atau laboratorium.
2. Memberikan pengetahuan lebih kepada masyarakat maupun mahasiswa Teknik Sipil khususnya yang berminat dalam pengetahuan Geoteknik.
3. Dapat mengetahui nilai hasil korelasi parameter dari hasil percobaan pengujian lapangan dengan CPT dan Laboratorium.

1.5 Batasan Masalah

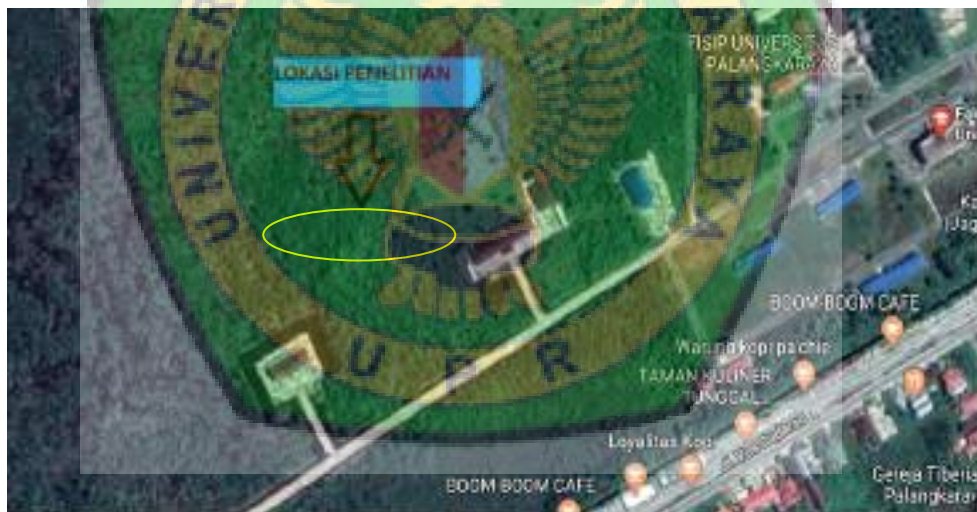
Agar penelitian yang dilakukan dapat lebih terarah dan sesuai dengan yang diharapkan, maka peneliti dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Data sondir sebagai data sekunder di dapatkan dari pihak instansi

2. Pengambilan sampel dilakukan dalam kondisi tanah asli atau tidak terganggu (*Undisturbed*) dengan cara *Hand Boring*
3. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah CV. Borneo Geotech yang beralamat di Jalan. Menteng No.10

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan disekitar pembangunan Gedung Pusat Pengembangan IPTEK dan Inovasi Gambut di Universitas Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 1.1 lokasi kegiatan



Gambar 1.1 Lokasi Pengambilan Sampel

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tanah selalu mempunyai peranan penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah merupakan pondasi pendukung suatu bangunan yang berdiri di atasnya dan menjadi salah satu pendukung kokohnya suatu konstruksi tersebut. Mengingat hampir semua bangunan itu dibuat di atas tanah maka kita perlu mengetahui karakter tanah dan daya dukung yang dapat diberikan oleh tanah tersebut terhadap bangunan konstruksi.

Hal yang sangat diperhitungkan dalam pembangunan sebuah bangunan konstruksi adalah daya dukung tanah. Analisis daya dukung langsung dengan data lapangan adalah perhitungan daya dukung tanpa melakukan korelasi parameter parameter metode statis seperti *Total stress Analysis* (TSA) atau *Effective stress analysis* (ESA). Braja M. Das mengungkapkan keuntungan dari pengujian langsung yaitu daya dukung dapat langsung diketahui setelah pengujian dilapangan. Pengujian langsung di lapangan yang banyak digunakan dan tersebar di Indonesia adalah : *Standart Penetration Test* (SPT), *Cone Penetration Test* (CPT) atau banyak dikenal dengan Sondir, uji baling-baling (*Vane Shear Test*) dan Uji Presumeter (PMT). Di Indonesia metode yang lazim dilakukan adalah SPT dan Sondir.

Untuk mengetahui parameter dan daya dukung tanah tersebut dapat dilakukan dengan pengujian CPT (*cone penetration test*) di lapangan dan pengujian di

laboratorium. Dari hasil pengujian didapatkan data maka akan dikaji lebih terperinci tentang daya dukung yang dapat diberikan oleh tanah tersebut.

2.2 Tanah

Tanah didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan.

Ukuran dari Partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*), tergantung dari ukuran partikel. Pada table 2.1 ditunjukkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah yang telah dikembangkan oleh organisasi.

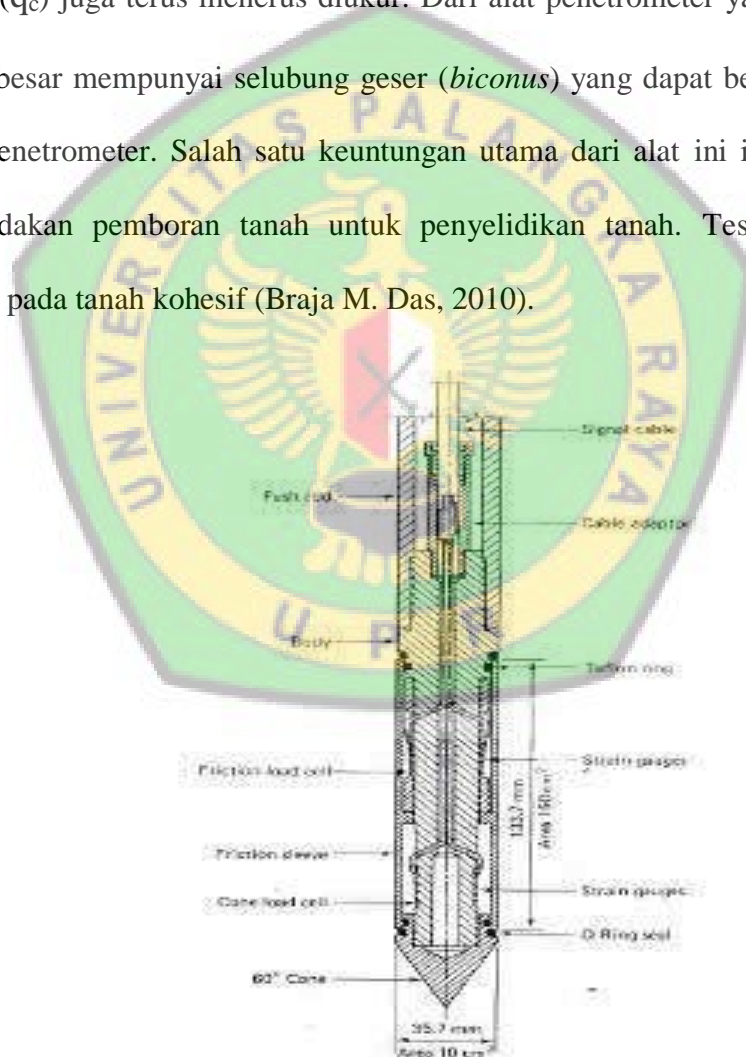
Tabel 2.1 Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah

Nama golongan	Ukuran butiran tanah (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	lempung
Massachusetts Institute of Technology	> 2	2-0,06	0,06-0,002	<0,002
U.S. Department of Agriculture(USDA)	>2	2-0,05	0,05-0,002	<0,002
American Association of State Higway and Transpotation Officals (AASHTO)	76,2-2	2-0,075	0,075-0,002	<0,002
Unified Soil Classifacition System (U.S Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	76,2-4,75	4,75-0,075	<0,0075	<0,0075

Sumber : Das, (1985)

2.3 Cone Penetration Test (CPT)

Alat kerucut penetrometer (*Cone Penetration Test*) adalah sebuah alat yang ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut 60° dan dengan luasan ujung 10 cm^2 . Alat ini digunakan dengan cara ditekan ke dalam tanah terus menerus dengan kecepatan tetap 20 mm/detik , sementara itu besarnya perlawanan tanah terhadap kerucut penetrasi (q_c) juga terus menerus diukur. Dari alat penetrometer yang lazim dipakai sebagian besar mempunyai selubung geser (*biconus*) yang dapat bergerak mengikuti kerucut penetrometer. Salah satu keuntungan utama dari alat ini ialah bahwa tidak perlu diadakan pemboran tanah untuk penyelidikan tanah. Tes pada umumnya dilakukan pada tanah kohesif (Braja M. Das, 2010).



Sumber: Holtz and Kovacs, (1981)

Gambar 2.1 Alat Uji *Cone Penetration Test*

2.3.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir atau CPT

Alat sondir atau CPT memberikan tekanan konus dengan atau tanpa hambatan pelekat (*friction resistance*) yang dapat dikorelasikan pada parameter tanah seperti *undrained shear strength*, kompresibilitas tanah dan dapat memperkirakan jenis lapisan tanah.

Data CPT dapat digunakan untuk menetapkan kapasitas dukung yang diperbolehkan dan untuk merancang tiang pancang. Data dapat digunakan untuk menguatkan metode-metode pengujian lain dan dapat digunakan untuk memperkirakan klasifikasi tanah.

Tabel 2.2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir

Hasil Sondir		Klasifikasi
qc	Fs	
6,0	0,15 - 0,40	Humus, lempung sangat lunak
6,0 - 10,0	0,20	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,20 - 0,60	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10,0 - 30,0	0,10	Kerikil lepas
	0,10 - 0,40	Pasir lepas
	0,40 - 0,60	Lempung atau lempung kelanauan
	0,80 - 2,00	Lempung agak kenyal
30 - 60	1,50	Pasir kelanauan, pasir agak padat
	1,0 - 3,0	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60 - 150	1,0	Kerikil kepasiran lepas
	1,0 - 3,0	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3,0	Lempung kekerikilan kenyal
150 - 300	1,0 - 2,0	Pasir padat, pasir kekerikilan, pasir kasar, pasir kelanauan sangat padat

Sumber : Das, B.M. (1994)

Keterangan :

q_c = Tahanan Konus (kg/cm^2)

F_s = Tahanan Selimut

2.3.2 Friction Ratio

Friction Ratio merupakan rasio perbandingan dari nilai tahanan selimut dengan nilai penetrasi konus. Pada percobaan sondir (ASTM D 3441,2002) rumus yang digunakan adalah :

a. *Local Friction* (Tahanan Konus)

$$\text{Friksi} = (C+P) - C \quad (2-1)$$

$$\text{Tahanan konus } (q_c) = C \quad (2-2)$$

Keterangan :

q_c = Tahanan konus (kg/cm^2)

C = Pembacaan pertama dial sondir (kg/cm^2)

$C + F$ = Pembacaan kedua dial sondir (kg/cm^2)

b. Tahanan Selimut

$$\text{Tahanan selimut } (f_s) = \text{Friksi} \times \frac{10}{100} \text{ atau } \frac{15}{100} \quad (2-3)$$

c. *Friction Ratio*

$$\text{Fr} = \frac{f_s}{q_c} \times 100 \quad (2-4)$$

Berikut ini merupakan korelasi yang digunakan untuk mendapatkan nilai *friction ratio*.

Tabel 2.3. Hubungan Nilai *Friction Ratio* dengan Jenis Tanah

<i>Friction Ratio (FR)</i>	Jenis Tanah
0.2 – 0.6	<i>Gravel, coarse sand</i>
0.6 – 1.2	<i>Sand</i>
1.2 – 4.0	<i>Silt/loam</i>
3.0 – 5.0	<i>Clay</i>
5.0 – 7.0	<i>Heavy clay (incl. "pot clay")</i>
5.0 – 10.0	<i>Peat</i>

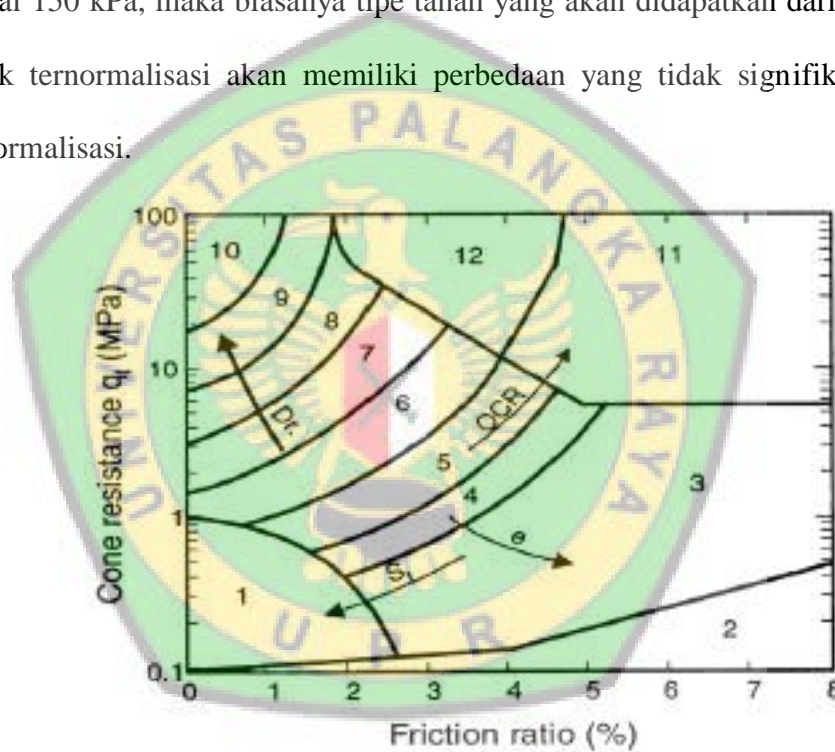
Sumber : Lunne T,(1997)

Melalui uji CPT di lapangan kita bisa menentukan lapisan dan tipe tanah dengan menggunakan grafik berdasarkan nilai *cone resistance* dan *sleeve friction*. Grafik yang pertama kali digunakan untuk menentukan jenis tanah memakai nilai tahanan konus (q_c) dan *friction ratio* ($Fr = (fs/q_c) \times 100\%$) dipublikasikan oleh Schmertmann (1978) dan Douglas bersama Olsen (1981), akan tetapi grafik yang dipublikasikan oleh Robertson et al. (1986) lebih sering dipakai dibandingkan dengan grafik yang lain (Long, 2008 dalam Robertson, 2010)

Grafik yang dibuat oleh Robertson pada tahun 1986 memiliki dua belas jenis tanah akan tetapi pada tahun 1990 dengan menggunakan parameter yang dinormalisasi jumlahnya menjadi sembilan jenis tanah saja. Dengan demikian,

penggunaan grafik tersebut bisa dilakukan dilapangan menggunakan tabel Zona tipe tanah qt-Fr (Robertson et al, 1986).

Secara umum keuntungan grafik Robertson menggunakan parameter ternormalisasi adalah deskripsi tanah yang lebih mendekati kondisi sebenarnya. Akan tetapi pada saat tegangan efektif vertikal pada suatu daerah memiliki rentang nilai 50 kPa sampai 150 kPa, maka biasanya tipe tanah yang akan didapatkan dari parameter yang tidak ternormalisasi akan memiliki perbedaan yang tidak signifikan dengan yang ternormalisasi.



Sumber : Robertson et al (1986)

Gambar 2.2 Zona Tipe Tanah qt-Fr (Robertson et al, 1986)

Grafik SBT (*Soil Behavior Type*) awal Robertson et al (1986) didasarkan pada *cone resistance*, q_t (atau q_c) pada skala log dengan *friction ratio* (Fr) pada skala normal. *Cone resistance*, (q_c / p_a), di mana p_a = tekanan atmosfer ($p_a = 1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MPa}$) dan Fr (dalam persen), keduanya menggunakan skala log untuk

memperluas porsi bila $Fr < 1\%$. Jumlah tipe tanah juga telah dikurangi menjadi 9 agar cocok dengan grafik terbaru Robertson (1990). Tabel tersebut merangkum penyatuan dari 12 zona tipe tanah (Robertson et al.1986) (Tabel 2) untuk mencocokkan dengan grafik terbaru yang memiliki 9 zona tipe tanah (Robertson, 1990).

Tabel 2.4 Zona Tipe Tanah qt-Fr (Robertson et al, 1986)

Zone	Soil Behaviour Test
1	<i>Sensitive Fine Grained</i>
2	<i>Organic Material</i>
3	<i>Clay</i>
4	<i>Silty Clay to Clay</i>
5	<i>Clayey silt to silty clay</i>
6	<i>Sandy Silt to Clayey Silt</i>
7	<i>Silty Sand to Sandy Silt</i>
8	<i>Sand to Silty Sand</i>
9	<i>Sand</i>
10	<i>Gravelly Sand</i>
11	<i>Very Stiff Fine Grained</i>
12	<i>Sand to Clayey sand</i>

Sumber: Robertson, (1990)

Berikut ini adalah contoh pembacaan data sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)*

Tabel 2.5 Contoh Pembacaan Uji Sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)*

Kedalaman (m)	Pembacaan Manometer		HG = JH - HK (kg/cm ²)	HP = HG x 20/10 (kg/cm ²)	JHP (kg/cm ²)	Hambatan Setempat
	HK (qc) (kg/cm ²)	JH (kg/cm ²)				
0,00	0	0	0	0	0	0
0,20	5	10	5	10	10	0,5
0,40	7	12	5	10	20	0,5
0,60	0	0	0	0	20	0
0,80	15	17	2	4	24	0,2
1,00	14	15	1	2	26	0,1
1,20	13	14	1	2	28	0,1
1,40	15	17	2	4	32	0,2
1,60	7	10	3	6	38	0,3
1,80	10	13	3	6	44	0,3
2,00	10	11	1	2	46	0,1
2,20	13	14	1	2	48	0,1
2,40	9	10	1	2	50	0,1
2,60	5	7	2	4	54	0,2
2,80	5	6	1	2	56	0,1
3,00	5	7	2	4	60	0,2
3,20	5	5	0	0	60	0
3,40	2	3	1	2	62	0,1
3,60	3	4	1	2	64	0,1
3,80	4	4	0	0	64	0
4,00	5	6	1	2	66	0,1

Sumber: Hasil Praktikum, (2016)

Keterangan :

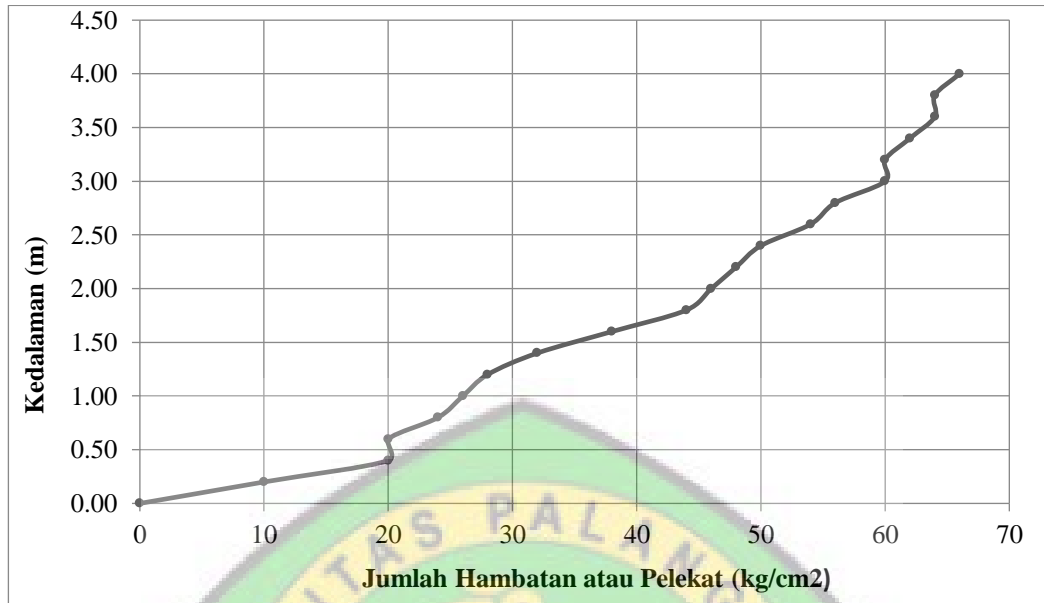
HK : Hambatan Konus

JHP : Jumlah Hambatan Pelekat

JH : Jumlah Hambatan

HG : Hambatan Gesek

HP : Hambatan Pelekat



Sumber: Hasil Praktikum, (2016)

Gambar 2.3 Contoh Grafik Sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT)

2.4 Sifat Fisik Tanah dan Sifat Mekanik Tanah

Sifat fisik tanah yaitu sifat yang berhubungan dengan elemen penyusunan massa tanah yang ada. Sedangkan sifat mekanis tanah merupakan sifat perilaku dari struktur massa tanah pada dikenai suatu gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknis mekanis.

2.4.1 Sifat Fisik Tanah

1. Kadar Air Tanah

Pada dasarnya tanah terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian padat dan bagian rongga. Bagian padat terdiri dari partikel-partikel tanah yang padat sedangkan bagian rongga terisi oleh air dan udara. Untuk menentukan suatu kadar air dari tanah tersebut

dapat dilakukan pengujian sampel tanah dengan membandingkan antara berat yang terkandung dalam tanah dengan berat butir tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen.

Kadar air tanah ialah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Kadar air tanah dapat digunakan untuk menghitung parameter sifat-sifat tanah.

2. Berat Volume/Isi Tanah

Berat isi tanah adalah berat suatu volume tanah dalam keadaan utuh, dinyatakan dalam gram/cm^3 . Kalau dalam berat jenis tanah yang dimaksud dalam volume tanah, hanya volume padatan tanah saja, sedangkan untuk berat isi volume tanah dalam hal ini termasuk dalam bahan padat dan ruang pori.

Faktor yang mempengaruhi berat isi tanah adalah besarnya ruang pori tanah, semakin besar ruang pori total tanah akan semakin kecil berat isi tanah. Tanah berpasir dan lempung berpasir umumnya berkisar antara $1,2 - 1,8 \text{ g/cm}^3$. Sedangkan tanah yang lebih halus antara $1,0 - 1,6 \text{ g/cm}^3$.

Berat isi tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah yang sering ditetapkan karena berkaitan erat dengan perhitungan penetapan sifat-sifat fisik tanah lainnya, seperti retensi air (pF), ruang pori total (RPT), *coefficient of linier extensibility* (COLE), dan kadar air tanah. Kita perlu mengetahui berat isi tanah dan sifat-sifat fisik tanah lainnya karena dalam bidang pertanian data sifat-sifat fisik tanah tersebut diperlukan dalam beberapa aspek budidaya seperti optimalisasi pengolahan tanah,

perhitungan penambahan kebutuhan air, pupuk, kapur, dan pembenah tanah pada satuan luas tanah sampai kedalaman tertentu selain itu berat isi tanah juga erat kaitannya dengan tingkat kepadatan tanah dan kemampuan akar tanaman menembus tanah.

3. Berat Jenis Tanah

Menentukan berat jenis tanah ialah dengan mengukur berat sejumlah tanah yang isinya diketahui. Untuk tanah asli biasanya dipakai sebuah cincin yang dimasukkan kedalam tanah sampai terisi penuh, kemudian atas dan bawahnya diratakan dan cincin serta tanahnya ditimbang.

Setelah mendapatkan nilai G_s , maka kita dapat menentukan macam tanah dari berat jenis tanah tersebut dengan nilai-nilai berat jenis tanah sebagai berikut :

Tabel 2.6 Jenis Tanah Terhadap Nilai G_s

Jenis Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2.65 - 2.68
Pasir	2.65 - 2.68
Lanau Organik	2.62 - 2.68
Lempung Organik	2.58 - 2.65
Lempung Anorganik	2.68 - 2.75
Humus	1.37
Gambut	1,25- 1.80

Sumber: Hardiyatmo (2002)

4. Analisa Saringan

Analisa saringan tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. (Hardiyatmo, 1992). Dalam analisis saringan, sejumlah saringan yang memiliki ukuran lubang berbeda-beda disusun dengan ukuran yang terbesar di atas yang kecil.

Penyaringan merupakan metode yang biasanya secara langsung untuk menentukan ukuran partikel dengan didasarkan pada batasbatas bawah ukuran lubang saringan yang digunakan. Tanah digolongkan kedalam 4 macam pokok sebagai berikut:

a. Batu kerikil dan pasir

Golongan ini terdiri dari pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk. Butir batu kerikil biasanya terdiri dari pecahan batu tetapi kadang mungkin pula terdiri dari suatu macam zat tertentu.

b. Lempung

Lempung terdiri dari butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastisitas dan kohesif. Kohesif menyatakan bahawa bagian itu melekat satu sama lainnya. Sedang plastisitas merupakan sifat yang memungkinkan dapat diubah tanpa perubahan isi dan tanpa terjadi retakan.

c. Lanau

Lanau merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Kurang plastis dan mudah ditembus air dari pada lempung dan memperlihatkan sifat dibatasi yang tidak terdapat dalam lempung. Dibatasi menunjukkan nilai perubahan isi

apabila lanau diubah bentuknya. Lanau akan menunjukkan gejala untuk hidup apabila diguncang atau digetar.

Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah, analisis butiran merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan. Analisis ukuran butiran adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. (Hardiyatmo, 1992) .

Tabel 2.7. U. S. Standart Sieve Numbers dan Diameter Lubang Saringan (mm)

Nomor Saringan	Diameter Lubang (mm)
4	4.75
10	2.00
20	0.850
40	0.425
60	0.250
100	0.150
200	0.075

Sumber : United Soil Classification System, (1952)

Dengan mengetahui pembagian besarnya butir dari suatu tanah, maka kita dapat menentukan klasifikasi terhadap suatu macam tanah tertentu atau dengan kata lain dapat mengadakan deskripsi tanah. Besarnya butiran tanah biasanya digambarkan dalam grafik yang disebut grafik lengkung gradasi atau grafik lengkung pembagian butir.

Dari grafik ini dapat kita lihat pembagian besarnya butiran tanah tertentu dan juga dapat kita lihat batas antara kerikil dan pasir, pasir dan lanau dsb.

1) Koefisien Uniformitas

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (2-5)$$

Keterangan;

C_u = koefisien keseragaman

D_{60} = diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan.

D_{10} = diameter yang bersesuaian dengan 10% lolos ayakan

2) Koefisien Gradasi

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \quad (2-6)$$

Keterangan;

C_c = koefisien gradasi

D_{30} = diameter yang bersesuaian dengan 30% lolos ayakan.

Tanah yang bergradasi baik akan mempunyai $C_u > 4$ dan C_c antara 1 dan 3 untuk tanah berkerikil, untuk tanah pasir memiliki $C_u > 6$ dan C_c antara 1 dan 3. Tanah dikatakan bergradasi buruk (*poorly graded*) jika sebagian dari butirannya mempunyai ukuran yang sama, tidak beragam ukurannya. Bergradasi baik (*well graded*) jika ukuran butiran tanah terbagi merata artinya ukuran dari yang besar sampai ke yang kecil ada disana.

5. Analisa Batas-Batas Atterberg

a. Batas Cair

Batas cair tanah 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. Konsistensi dari lempung dan tanah – tanah kohesif lainnya sangat dipengaruhi oleh kadar air dari tanah. Tanah yang telah lolos saringan no.40 dicampur dengan air suling, lalu dimasukkan ke mangkok *Casagrande*, lalu putar alat *Liquid Limit* dan hitung jumlah ketukan yang diperlukan untuk menutup celah tanah, lalu ambil sebagian tanah dan masukkan ke dalam oven selama 24 jam untuk menghitung kadar airnya metode yang digunakan dalam penentuan batas cair adalah ASTM.

b. Batas Plastis

Batas plastis (*plastic limit/PL*) adalah kadar air dimana suatu tanah berubah dari keadaan plastis keadaan semi solid. Batas Plastis dihitung berdasarkan persentasi berat air terhadap berat tanah kering pada benda uji.

Pada cara uji ini, material tanah yang lolos saringan ukuran 0.425 mm atau saringan No.40, diambil untuk dijadikan benda uji kemudian dicampur dengan air suling atau air mineral hingga menjadi cukup plastis untuk digeleng/ dibentuk bulat panjang hingga mencapai diameter 3 mm.

Metode penggelengan dapat dilakukan dengan telapak tangan atau dengan alat penggeleng batas plastis (*prosedur alternatif*). Benda uji yang mengalami retakan setelah mencapai diameter 3 mm, diambil untuk diukur kadar airnya.

Kadar air yang dihasilkan dari pengujian tersebut merupakan batas plastis tanah tersebut. Adapun menurut Atterbeg batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah dan kohesinya dapat dilihat pada Tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2.8 Nilai Indeks Plastisitas Tanah dan Jenis Tanah

PI	Sifat	Jenis Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non Kohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

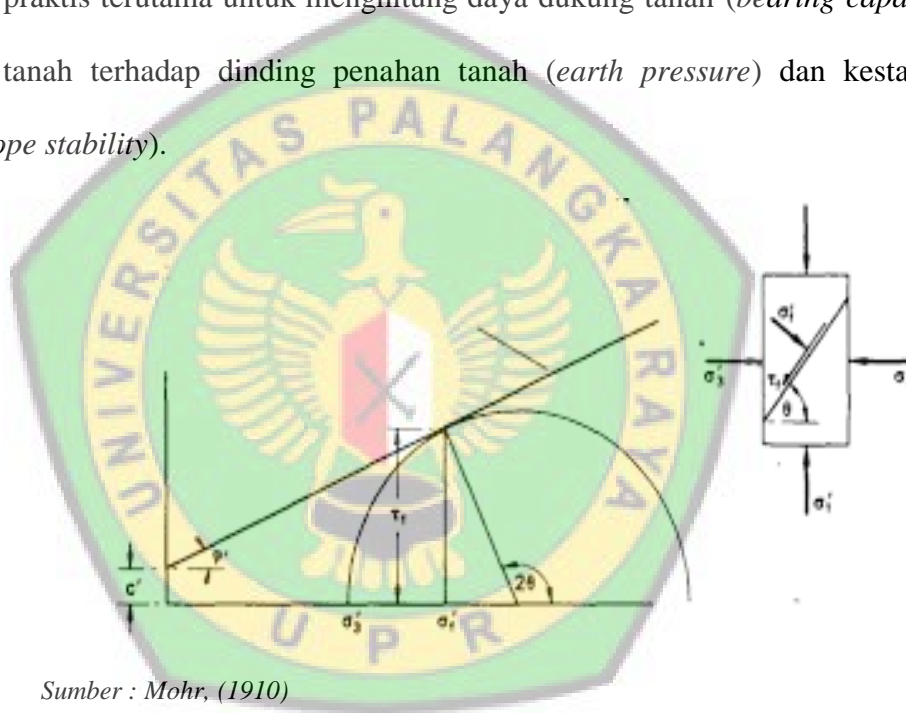
Sumber: Hardiyatmo (1992)

Tanah yang mempunyai kecepatan terhadap pengaruh air sangat mudah mengembang dan akan cepat merusak struktur yang ada di atasnya. Potensi pengembangan (*swelling potensial*) tanah lempung sangat erat kaitannya dengan indeks plastisitas, sehingga tanah khususnya tanah lempung dapat diklasifikasikan sebagai tanah yang mempunyai potensi mengembang tertentu yang didasarkan oleh indeks plastisitasnya (Chen, 1975).

2.4.2 Sifat Mekanik Tanah

1. Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah adalah kekuatan tanah untuk melawan pergeseran yang terjadi didalam tanah. Apabila tegangan normal tanah melampaui kuat geser tanah, maka akan terjadi kelongsoran. Kuat geser tanah diperlukan untuk berbagai macam persoalan praktis terutama untuk menghitung daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan tanah (*earth pressure*) dan kestabilan lereng (*slope stability*).



Sumber : Mohr, (1910)

Gambar 2.4 Lingkaran Mohr

Dari gambar 2.4 lingkaran Mohr dapat dilihat; σ_1 = tegangan utama mayor efektif (kN/m^2), c' = kohesi (kN/m^2), σ_3 = tegangan utama minor efektif (kN/m^2), θ = sudut geser dalam efektif ϕ = sudut keruntuhan (derajat).

Menurut teori Mohr (1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan

fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = f(\sigma) \quad (2-7)$$

dimana:

τ = Tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan

σ = Tegangan normal pada saat kondisi tersebut

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Hary Cristady, 2002). Coulomb (1776) mendefinisikan $f(\sigma)$ seperti pada persamaan sebagai berikut :

$$\tau = C + \sigma \operatorname{tg} \phi \quad (2-8)$$

Keterangan :

τ = Kuat geser tanah (kN/m²)

C = Kohesi tanah (kN/m²)

ϕ = Sudut geser dalam tanah atau sudut gesek internal (derajat)

σ = Tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

Dari persamaan tersebut dapat dikemukakan bahwa τ akan sama dengan c jika tidak ada tekanan normal (σ_n) yang diaplikasikan terhadap bidang keruntuhan. Pada tanah yang tidak kohesif seperti pasir, maka nilai τ akan sama dengan nilai σ_n . Jika pengukuran τ dilakukan pada berbagai nilai σ_n , maka nilai c dan ϕ dapat diperoleh dengan cara meregresikan τ dengan σ_n , dimana c adalah perpotongan dengan sumbu y (*intercept*), dan ϕ adalah kemiringan (*slope*) dari persamaan regresi. Nilai c bervariasi

dari 0 untuk tanah yang tidak kohesif (pasir) sampai 30 kPa pada tanah yang kandungan liatnya tinggi, sedangkan nilai ϕ bervariasi dari 0 pada tanah liat jenuh air sampai 45° pada tanah pasir yang padat. Berdasarkan prinsip tersebut, Cruse dan Larson (1977) melaporkan adanya korelasi yang sangat erat ($r^2 = 0,86$) antara percikan partikel tanah dan kekuatan geser tanah.

Parameter kuat geser tanah ditentukan dengan uji laboratorium terhadap sampel tanah asli (*undisturbed*), tanah tersebut diambil dengan hati-hati agar tidak berubah kondisinya (kadar air, susunan butiran), karena hal ini bisa berakibat fatal pada sampel. Ada beberapa cara menentukan kuat geser tanah adalah :

- a. Uji kuat geser langsung (*direct shear test*)
- b. Uji triaksial (*triaxial test*)
- c. Uji tekan bebas (*unconfined compression test*)

Untuk menentukan parameter kuat geser tanah pada penelitian ini menggunakan alat uji kuat geser langsung (*Direct Shear Test*).

a. Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Uji geser langsung merupakan pengujian parameter kuat geser tanah yang paling mudah dan sederhana. Alat uji geser langsung dapat berbentuk lingkaran/bulat atau persegi panjang. Sebuah gaya normal P ditempatkan pada bagian atas kotak dan gaya horizontal F ditempatkan pada bidang horizontal. Akibat adanya beban vertikal dan horizontal yang bekerja pada alat akan menyebabkan terjadinya tegangan pada tanah. Tegangan tersebut berupa tegangan utama besar (*major principal stress*) dan tegangan utama kecil (*minor principal stress*) yang dapat menyebabkan tanah

mengalami tegangan geser yang membentuk sudut terhadap bidang gesernya. Sedangkan tegangan utama sedang (*intermediate principal stress*) tetap bekerja merata disemua sisi tetapi tidak diperhitungkan karena tidak menyebabkan deformasi.

Uji geser dapat dikontrol tegangan ataupun regangannya. Dalam percobaan tegangan vertikal diatur sesuai kebutuhan dan rencana percobaan sementara gaya geser diterapkan secara bertahap sampai terjadinya keruntuhan pada tanah. Keruntuhan terjadi diseluruh permukaan bidang geser. Percobaan ini diulang dengan pembebanan atau tegangan vertikal bervariasi. Uji geser langsung biasanya dilakukan beberapa kali pada sebuah contoh tanah dengan nilai tegangan normal yang berbeda-beda (Feriyansyah, H. 2013).

2.5 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya.

2.5.1 Sistem Klasifikasi *Unified*

Sistem ini diperkenalkan oleh Casagrande (1942). Sistem ini mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar, yaitu:

- 1) Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), yaitu: tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total dari sampel tanah yang lolos saringan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf G atau S. G adalah untuk

kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.

- 2) Tanah berbutir halus (*finned-grained-soil*), yaitu : tanah dimana lebih dari 50% berrat total contoh tanah lolos saringan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organic dan lempung-organik. Simbol Pt digunakan untuk tanah gambut (*peat*), dan tanah-tanah lain dengan kadar organic yang tinggi.

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah:

W = *well graded* (tanah bergradasi baik)

P = *poorly graded* (tanah bergradasi buruk)

L = *low plasticity* (plastisitas rendah) ($LL < 50$)

H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) ($LL > 50$)



Tabel 2.10 Sistem Klasifikasi *Unified*

Divisi utama		Simbol kelompok	Nama umum
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50 % butiran tertahan pada ayakan No. 200 ⁺	Pasir lebih dari 50 % fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
		Kerikil dengan butiran halus	GP Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			GM Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir lanau
		GC Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir lempung.	
	Kerikil 50 % atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
		Pasir dengan butiran halus	SP Pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
			SM Pasir berlanau, campuran pasir lanau
			SC Pasir berlempung, campuran pasir lempung
	Tanah berbutir halus 50 % atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung Batas cair 50 % atau kurang	ML Lanau organik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung.
			CL Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clay)
OL Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah.			
Lanau dan lempung Batas Cair Lebih dari 50 %		MH Lanau anorganik atau pasir halus diatomate, atau lanau diatomate, lanau yang elastis	
		CH Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clay)	
		OH Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT Peat (gambut) dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi.	

* Menurut ASTM (1982)

⁺Berdasarkan tanah yang lolos ayakan 75 mm (3 in)

Tabel 2.10 (Lanjutan)

	Kriteria klasifikasi	
Klasifikasi berdasarkan persentase butir halus Kurang dari 5% lolos ayakan No. 200 GW, GP, SW, SP lebih dari 12% lolos ayakan No. 200 GM, GC, SM, SC 5% sampai 12% lolos ayakan No. 200 Klasifikasi perbatasan yang memerlukan penggunaan dua simbol.	$C_u = D_{60} / D_{10}$ Lebih besar dari 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda.
	Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$	
	$C_u = D_{60} / D_{10}$ Lebih besar dari 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda.
	Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$	
Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat dalam ASTM Designation D-2488		

Sumber: Braja M. Das (1985)

2.5.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administration System*. Pasda sistem ini, tanah diklasifikasikan menjadi tujuh (7) kelompok besar, yaitu A-1 sampai A-7. Tanah yang diklasifikasikan A-1 sampai A-3 adalah tanah berbutir kasar, sedangkan untuk A-4 sampai A-7 adalah tanah lanau-lempung. Sistem ini didasarkan pada kriteria dibawah ini:

1) Ukuran butir

Kerikil: bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 65,1 mm (3") dan yang tertahan pada saringan No.10 (2 mm).

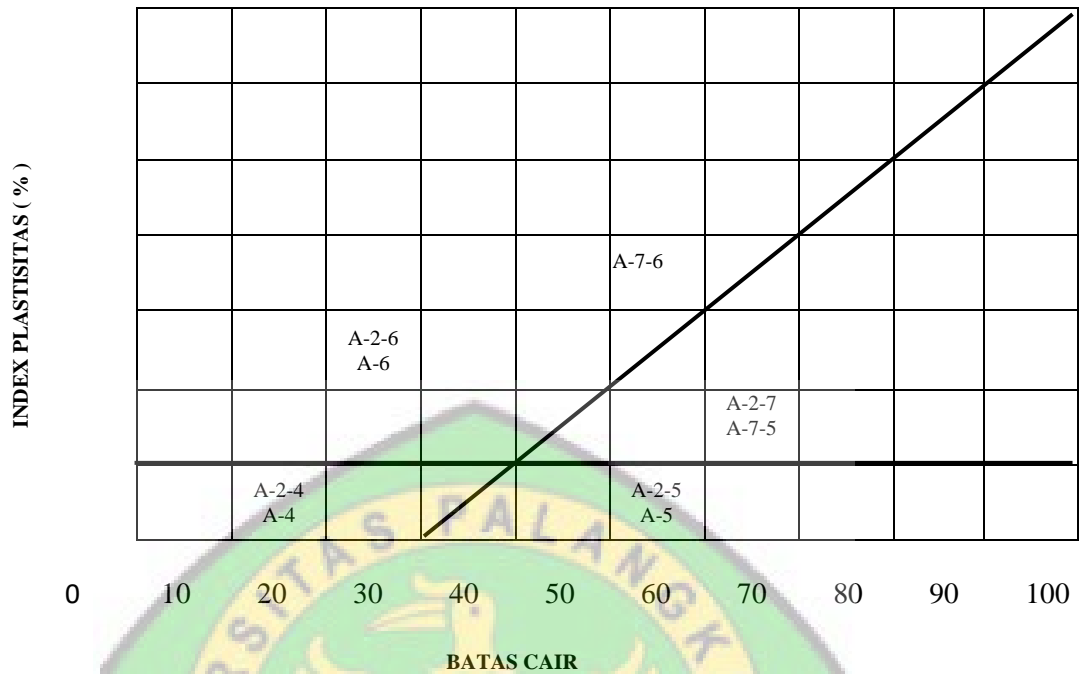
Pasir: bagian tanah yang lolos saringan No.10 (2 mm) dan yang tertahan pada saringan No. 200 (0,074 mm).

Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos saringan No.200

2) Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas [*plasticity index (PI)*] sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih.

3) Apabila batuan (ukuran >75 mm) ditemukan dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.



Sumber : Das,(1995)

Gambar 2.5 Rentang (Range) Dari Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) Untuk Tanah Dalam Kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, A-7

Indeks kelompok (*group index*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan memakai persamaan :

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,001(F - 15)(PI - 10) \quad (2-9)$$

Keterangan:

GI = Indeks Kelompok

F = Persentase butir yang lolos saringan No. 200

LL = batas cair

PI = Indeks Plastisitas

2.6 Analisis Regresi dan Korelasi

Analisis korelasi adalah alat statistika yang dapat dipakai untuk menggambarkan derajat hubungan linier antara satu variabel dan variabel lainnya. Analisis korelasi sering kali digunakan bersama-sama dengan regresi untuk mengukur seberapa baik garis regresi menerangkan dari variabel tak bebas (Y). Korelasi juga dapat digunakan tanpa analisis regresi, namun hanya untuk mengukur derajat hubungan antara dua variabel.

Dari variabel-variabel yang akan dicari bentuk hubungannya terlebih dahulu hendaknya dijelaskan mana yang sebagai variabel bebas X dan mana yang sebagai variabel tak bebas Y. bentuk hubungan yang paling sederhana antara variabel X dengan variabel Y adalah berbentuk garis lurus atau berbentuk hubungan linier yang disebut dengan regresi linier sederhana atau sering disebut regresi linier saja dengan persamaan matematikanya adalah sebagai berikut:

$$Y = A + BX \quad (2.10)$$

Apabila A dan B mengambil nilai seperti: $A=0$ dan $B=1$, persamaan [2.10] akan menjadi $Y=X$.

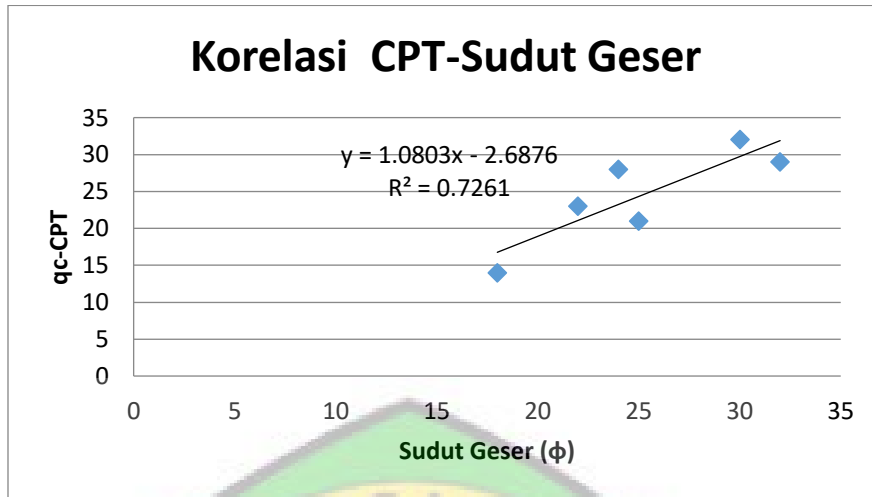
Persamaan (2.10) adalah suatu bentuk persamaan yang paling sederhana dari regresi linier sederhana. Dari persamaan (2.10) A dan B disebut konstanta atau koefisien regresi linier sederhana atau parameter garis regresi linier sederhana.

A disebut *intercept coefficient* atau intersep yaitu jarak titik asal atau titik acuan dengan titik potong garis regresi dengan sumbu Y dan B disebut *slope coefficient* atau *slup* yang menyatakan atau menunjukkan kemiringan atau kecondongan garis regresi terhadap sumbu X dari persamaan garis regresi (2.10) diatas, dalam hubungan tersebut terdapat satu variabel bebas X dan satu variabel tidak bebas Y. Dengan menggunakan program aplikasi *Microsoft Excel*, grafik dan korelasi X dan Y akan dapat digambarkan dan persamaan korelasinya juga dapat dimunculkan dalam grafik. Berikut ini adalah suatu contoh hubungan korelasi antara q_c -CPT dengan sudut geser (ϕ).

Tabel 2.11 Contoh Korelasi Antara q_c -CPT Dengan Sudut Geser (ϕ)

q_c -CPT	Sudut Geser (ϕ)
30	32
24	28
32	29
25	21
22	23
18	14

Sumber : Penulis, (2020)



Sumber : Penulis, (2020)

Gambar 2.6 Contoh Grafik *Regresi* Korelasi Sederhana

Menurut Gambar 2.7 contoh grafik korelasi sederhana didapatkan nilai koefisien korelasi (r) = 0,852 dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,726.

2.7 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Anastasia Sri Lestari, Aswin Lim, Siska Rustiani, Andy sugianto	2011	Studi Korelasi Tahanan Ujung Sondir Terhadap Sifat Teknis Tanah Lempung	Dari penelitian ini korelasi dilakukan antara nilai tahanan konus (q_c) dengan parameter kuat geser <i>undrained</i> dan nilai OCR (<i>over consolidated ratio</i>), nilai q_c terhadap indeks plastisitas serta nilai koefisien α terhadap nilai q_c dan koefisien kemampatan volume. Hasil yang diperoleh memberikan grafik dengan <i>trend</i> yang hampir sama tetapi dengan nilai yang berbeda seperti grafik yang telah dibuat oleh peneliti terdahulu dengan tanah dari luar Indonesia yang mempunyai karakteristik dan pembentukan tanah yang berbeda.
2	Muhammad Agus Bahtiar, Niken Silmi Suljandari, Setiono	2016	Korelasi Nilai Kohesi Dan Sudut Geser Dalam Dengan Nilai Tahanan Konus Sondir Menggunakan Metode Statistika	Hasil analisis regresi linier sederhana menghasilkan persamaan $q_c = 0,915$ untuk persamaan q_c fungsi dan $q_c = 96,193 c + 12,375$ untuk persamaan q_c fungsi c . Persamaan regresi sederhana q_c fungsi didapat $R=0,874$, persamaan regresi q_c fungsi c didapat $R= 0,414$. Uji validitas persamaan regresi q_c fungsi dari hasil analisis didapat $R=1$, uji validitas q_c fungsi dari data sekunder didapat $R= 0,949$. Uji validitas persamaan regresi q_c fungsi c dari persamaan Sunggono (1984) didapat $R= 1$, uji validitas q_c fungsi c dari hasil analisis didapatkan $-0,704$.
3	Hendi Triono Siringoringo	2020	Korelasi Nilai Hasil Uji Cone Penetration Test (CPT) Atau Sondir Terhadap Paramter Hasil Uji Kuat Geser Tanah	Hasil analisis regresi linier sederhana nilai tahanan konus (Q_c) dengan sudut geser (ϕ) didapat persamaan $Q_c = 0,0417 (\phi) + 13,669$ dengan nilai $R = 0,5083$ sedangkan hasil analisis regresi linier sederhana nilai tahanan konus (Q_c) dengan kohesi (c) didapat persamaan $Q_c = 0,0001 (c) + 0,0168$ dengan nilai $R = 0,0168$.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Pelaksanaan Penelitian

Metode yang digunakan yaitu pendekatan pustaka dan metode survai.

1. Kajian Pustaka

Pendekatan yang dianggap sesuai terhadap korelasi dari hasil uji Sondir dengan hasil uji Laboratorium .

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan berupa data primer dan sekunder.

A. Data Primer

Data primer adalah sumber data yang langsung memberikan data pada pengumpul data. Pada penelitian ini data primer berupa penyelidikan *Hand Boring* untuk pengambilan sampel yang nantinya akan di uji dilaboratorium, sifat fisik tanah yang mencakup penyelidikan Kadar Air; Berat Volume; Berat Jenis; Batas-batas Atterberg; Analisa Saringan; sedangkan sifat mekanik mencakup penyelidikan Kuat Geser Langsung.

B. Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber data yang tidak langsung memberikan data pada pengumpul data, misalnya lewat orang lain atau dokumen. Data sekunder pada penelitian ini yang berupa hasil penyelidikan sondir dari pihak instansi yang terkait.

3.2 Tahapan dan Proses Penelitian Lapangan dengan *Hand Boring*

Tujuan dari pemeriksaan ini untuk mengetahui karakteristik lapisan tanah secara visual mengenai warna, jenis tanah dan ukuran butiran dan pengambilan contoh tanah asli tidak terganggu (*undisturbed sampel*) dengan menggunakan tabung silinder untuk keperluan penyelidikan lebih lanjut di laboratorium. *Undisturbed sampel* adalah contoh tanah yang menunjukkan sifat asli tanah secara ideal tidak mengalami perubahan struktur dan kadar air.

3.3 Pengolahan Data di Laboratorium

Pengolahan Data di Laboratorium akan menguji sifat-sifat fisik dan mekanis tanah. Berikut ini adalah beberapa tahap pengujian yang akan dilakukan.

3.3.1 Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah

1. Pemeriksaan Kadar Air Tanah (*Water Content*)

Pemeriksaan ini menggunakan ASTM D 2216-71 yang dimaksud untuk menentukan kadar air asli tanah. Kadar air adalah perbandingan antara berat air yang dikandung tanah dengan berat kering tanah yang dinyatakan dalam persen.

2. Pemeriksaan Berat Volume (*Volumetric Weight*)

Pemeriksaan ini menggunakan ASTM D-2216-73 yaitu untuk mengetahui berat volume tanah (γ) keadaan tidak terganggu (*undisturbed*) dengan menggunakan alat ring silinder.

3. Pemeriksaan Berat Jenis (*Specific gravity*)

Pemeriksaan ini menggunakan ASTM D 854-58. Berat jenis adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling pada volume yang sama dari suhu tertentu. Pengujian berat jenis ini bertujuan untuk menentukan berat jenis tanah (G_s) yang mempunyai butiran lewat saringan No.40 dengan menggunakan piknometer.

4. Batas Konsistensi Tanah (*Atterberg Limit*)

Pemeriksaan ini menggunakan ASTM D 432-66 yang bertujuan untuk mengetahui batas cair dan batas plastis .

a. Pemeriksaan Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair suatu tanah adalah kadar air tanah pada keadaan batas peralihan antara cair dan keadaan plastis. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan batas cair tanah dengan menggunakan alat *casagrande* dengan cara memasukkan sampel tanah yang lolos saringan No.40 kedalam mangkok *casagrande*, lalu diputar dan hitung jumlah ketukan yang diperlukan untuk menutup celah tanah.

b. Pemeriksaan Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis tanah adalah kadar air tanah pada keadaan peralihan antara plastis dan keadaan semi solid. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas plastis dengan cara tanah yang lolos saringan No.40 dan diberi air suling lalu gulung-gulung/dibentuk bulat panjang hingga mencapai diameter 3 mm.

c. Pemeriksaan Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Mengetahui kadar air (W_s) terhadap berat kering tanah setelah dioven.

5. Pemeriksaan Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

Pemeriksaan ini menggunakan ASTM D 421-72. Analisa saringan tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan dengan ukuran diameter tertentu. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui gradasi pembagian butiran dari suatu contoh tanah berbutir kasar dan untuk mengklasifikasi tanah. Pemeriksaan ini menggunakan alat *seiveshaker* atau alat penguncang saringan.

3.3.2 Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah

Pemeriksaan sifat mekanik tanah dapat dilakukan dengan cara pemeriksaan kuat geser langsung (*direct shear*).

1. Pemeriksaan Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*)

Pemeriksaan ini menggunakan ASTM D 3038-72 dengan memperoleh kuat geser tanah dengan percobaan geser langsung. Dimana tahanan geser diukur pada suatu cincin uji (*proving ring*), dan harga maksimum adalah kekuatan geser tanah pada bidang keruntuhan. Kuat geser tanah ini diperoleh dengan contoh tanah yang dibebani bermacam-macam beban tekan dan digambar suatu grafik dari tegangan geser terhadap tegangan tekan, biasanya memberikan suatu grafik garis lurus. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kohesi c dan sudut geser dalam (ϕ).

3.4 Cara Analisis Data

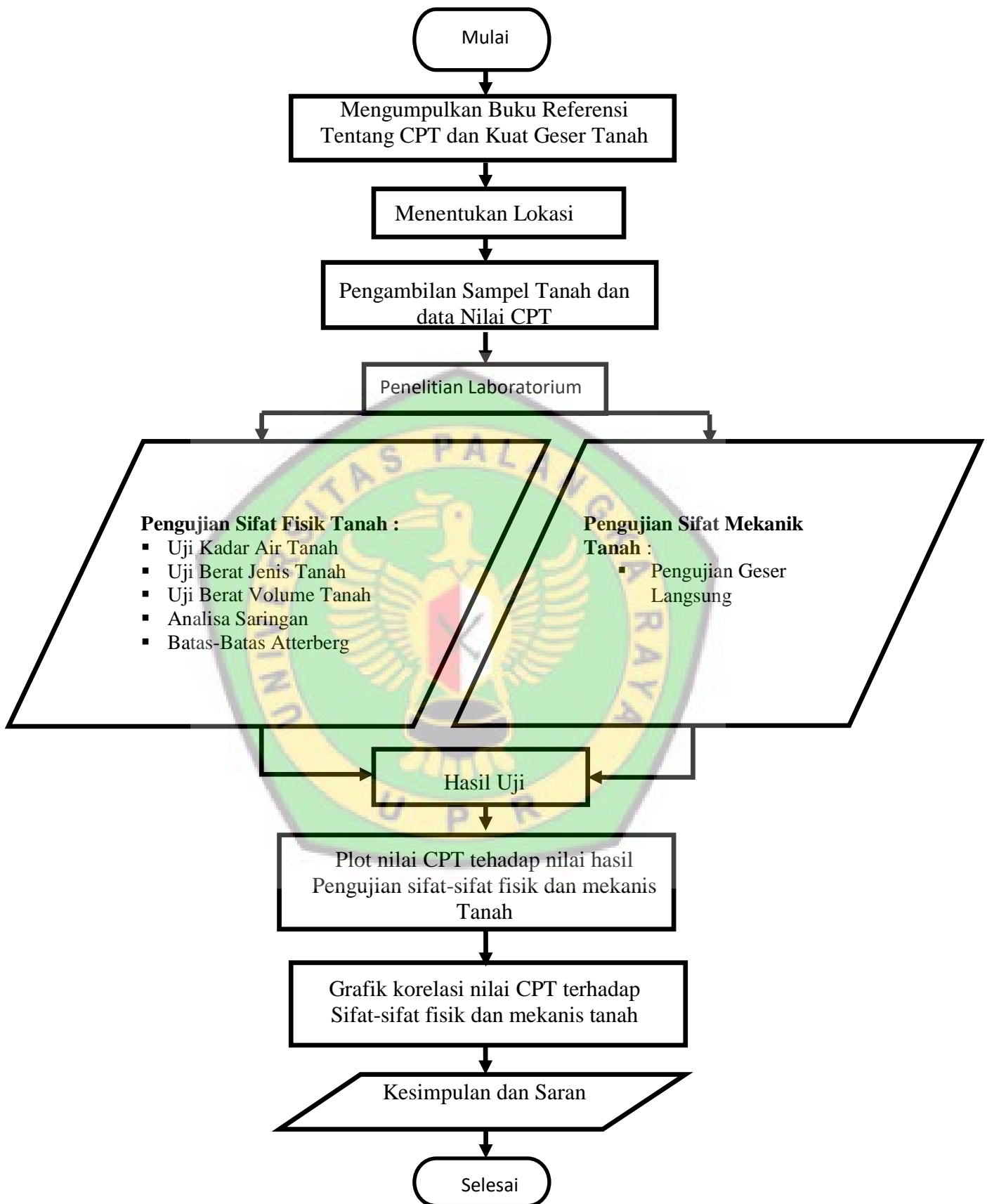
Analisis data hasil pengujian akan diperoleh dengan mencari hubungan satu sama lain (korelasi) menggunakan regresi linear atau dengan menggunakan

regresi yang paling sesuai untuk mendapatkan hubungan antara hasil uji sondir dengan hasil uji laboratorium.

3.5 Bagan Alir Penelitian

Metode penelitian merupakan tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari penyelesaian atas permasalahan penelitian yang dilakukan. Skema penelitian dapat dilihat pada bagan alir berikut:





Gambar 3.1 Bagan Alir Penyusunan Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini didapat beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan pemeriksaan *Cone Penetration Test* atau sondir pada kedalaman 0,0-6,0 meter terhadap tanah terdapat ada 3 (tiga) jenis tanah yang dilihat dari nilai *Friction Ratio* (FR) yaitu tanah gambut, tanah pasir dan tanah lempung. Yang dimana jenis tanah lebih dominan tanah lempung.
2. Berdasarkan pemeriksaan sifat fisik tanah di laboratorium didapat sistem klasifikasi tanah untuk tanah gambut termasuk dalam kelompok PT, tanah pasir termasuk dalam kelompok SC dan A3 (menurut AASHTO), dan tanah lempung termasuk dalam kelompok OH dan A-7-5 (menurut AASHTO). Pemeriksaan Berat jenis tanah pada sampel I didapat nilai berat jenis tanah (GS) = 1,27, berat jenis tanah pada sampel II (GS) = 2,66 dan berat jenis tanah pada sampel III (GS) = 2,71. Dari pemeriksaan berat jenis tanah pada masing-masing sampel dapat disimpulkan jenis tanah untuk berat jenis (GS) = 1,27 termasuk gambut, jenis tanah untuk berat jenis 2,66 termasuk pasir dan untuk berat jenis 2,71 termasuk lempung.
3. Dari persamaan regresi linear nilai korelasi *Cone Penetration Test* dengan sudut geser tanah didapat $Y = 0,0417x + 13,669$ dengan nilai koefisien korelasi (r) = 0,713 dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,5083 menunjukkan adanya hubungan yang kuat dari qc-CPT terhadap sudut geser

tanah. Hal ini dapat disimpulkan semakin besar nilai tahanan konus (q_c) maka nilai sudut geser tanah semakin besar.

4. Dari persamaan regresi linear nilai korelasi *Cone Penetration Test* dengan kohesi tanah didapat persamaan $Y = -0,0001x + 0,1681$ dengan nilai koefisien korelasi (r) = 0,130 dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,0168 menunjukkan adanya hubungan yang sangat lemah dari q_c -CPT terhadap kohesi tanah dikarenakan jenis lapisan tanah yang berbeda-beda. Hal ini dapat disimpulkan semakin besar nilai tahanan konus (q_c) maka nilai kohesi tanah semakin kecil.
5. Dari persamaan regresi linear nilai korelasi *Cone Penetration Test* dengan Kuat geser tanah didapat persamaan $Y = 0,0016x + 0,2347$ dengan nilai koefisien korelasi (r) = 0,665 dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,442 menunjukkan adanya hubungan yang cukup kuat dari q_c -CPT terhadap kohesi tanah. Hal ini dapat disimpulkan semakin besar nilai tahanan konus (q_c) maka nilai kuat geser tanah semakin besar.

5.2 Saran

Untuk menindak lanjuti penelitian ini kiranya perlu dilakukan beberapa koreksi agar penelitian ini selanjutnya lebih baik lagi. Adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Untuk jumlah data ditambah, agar mendapatkan hasil yang maksimal
2. Ketelitian dalam penelitian data yang digunakan harus diperhatikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahtiar, A.M. 2016. *Korelasi Nilai Kohesi dan Sudut Geser Dalam Dengan Nilai Tahanan Konus Sondir Menggunakan Metode Statika*. Universitas Sebelas Maret.
- Bowles, J.E. 1991. *Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Das, B.M. 1994. *Mekanika Tanah Jilid I*. Erlangga, Jakarta.
- Feriyansyah, H. 2013. *Analisis Stabilitas Lereng (Studi Kasus di Kelurahan Sumur Batu Bandar Lampung)*. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Hardiyatmo, H.C. 2015. *Perencanaan Perkerasan Jalan & Penyelidikan Tanah*, Yogyakarta: UGM Press.
- Holtz and Kovacs. 1981. *An Introduction to Geotechnical Engineering*.
- Lestari, S.A, dkk. 2007. *Studi Korelasi Tahanan Ujung Sondir Terhadap Sifat Teknis Tanah Lempung*, Bandung.
- Lunne T, dkk. 1997. *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*, Blackie Academic & Professional, London.
- Robertson and Wride. 1998. *Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test*. Canadian Geotechnical Journal.
- Robertson, P.K. 2010. *Soil Behavior Type : An Update.2nd International Symposium on Cone Penetrating Testing*. Huntington Beach, Canada: USA.
- United Soil Classification System. 1952. *U.S. Standart Sieve Numbers*.