

SKRIPSI

**KORELASI NILAI N-SPT TERHADAP SIFAT-SIFAT FISIK DAN
MEKANIS TANAH**

Oleh

SAHRUL PURBA
NIM. DAB 113 126



**JURUSAN / PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2020**

KORELASI NILAI N-SPT TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK TANAH

TUGAS AKHIR

Oleh :

SAHRUL PURBA
NIM. DAB 113 126

Telah direvisi berdasarkan Masukan/Rekomendasi Seminar Hasil Skripsi pada :

Hari/Tanggal : Selasa/11 Agustus 2020
Waktu : Pukul 13.00 – 15.00 WIB
Tempat : Ruang Sidang Sarjana Jurusan Teknik Sipil

Pembimbing I



M. IKHWAN YANI, S.T., M.T.
NIP. 19710225 199802 1 001

Pembimbing II



Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.
NIP. 19720219 19970 2 001

Mengetahui:

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua



Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.
NIP. 19780608 200501 1 003

BIODATA MAHASISWA

Data Pribadi

Nama : Sahrul Purba
NIM : DAB 113 126
Tempat, Tgl lahir : Pematangsiantar, 29 Juni 1994
Status : Mahasiswa
Agama : Kristen Katolik
Pekerjaan : Mahasiswa
Alamat : Jl. Pattimura No. 66, Palangka Raya.
No. Telp. Rumah : -
Alamat Asal : Jl. Bah Tongguran no. 70, Pematangsiantar.
Email : purbasahrul4@gmail.com
No. Hp : 082153051195
No WA : 082153051195
Facebook : sahrul purba
Instagram : sahrulpurba07



Nama Ayah : Yesayas Purba
Pekerjaan Ayah : Wiraswasta
Alamat : Jl. Bah Tongguran no. 70, Pematangsiantar.
No. Hp : 085372617950
Nama Ibu : Lisbet Sitanggang
Pekerjaan Ibu : Wiraswasta
Alamat : Jl. Bah Tongguran no. 70, Pematangsiantar.
No. Hp : 085372617950

Riwayat Pendidikan*)

- TK : -
- SD : SD Negeri 122360 Pematangsiantar (2000-2006)
- SLTP : SMP Swata Cinta Rakyat 3 Pematangsiantar (2006-2009)
- SLTA : SMA Negeri 5 Pematangsiantar (2009-2012)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada jurusan/ Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangkaraya bulan Agustus 2013

Palangka Raya, Oktober 2020

Yang membuat pernyataan,

SAHRUL PURBA
NIM. DAB 113 126

PRAKATA

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat karunia-Nya sehingga penyusunan Skripsi ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir dengan judul **“KORELASI NILAI N-SPT TERHADAP SIFAT-SIFAT FISIK dan MEKANIS 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. Ibu Murniati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Bapak M. Ikhwan Yani, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.

9. Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
10. Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji dan Pembahas I Tugas Akhir.
11. Bapak Ir. Suradji Gandi, M.M. 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 2015 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati dan menyadari bahwa penulisan akan Skripsi 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, November 2020

SAHRUL PURBA
NIM DAB 113 126

RINGKASAN

Korelasi nilai N-SPT Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Tanah, Sahrul Purba, 2020, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangkaraya

Tanah memiliki peranan yang penting pada pekerjaan konstruksi. Tanah merupakan pondasi pendukung suatu bangunan yang berdiri di atasnya dan menjadi salah satu pendukung kokohnya suatu konstruksi. Maka perlu diketahui karakteristik tanah dan daya dukung yang dapat diberikan oleh tanah tersebut terhadap bangunan konstruksi. Salah satu parameter daya dukung tanah yang harus diketahui adalah kuat geser tanah. Penelitian ini menggunakan metode statistika, yaitu regresi linear antara sudut geser dalam (ϕ) dengan nilai N-SPT dan pengujian statistik meliputi uji regresi (R). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat dan membandingkan hubungan antara N-SPT (Nilai *Standard Penetration Test*) terhadap sudut geser dalam (ϕ) pada jenis tanah lempung dan pasir. Pekerjaan dilakukan di lokasi pembangunan gedung IPTEK dan inovasi gambut yang beralamat di lingkungan kompleks Universitas Palangkaraya, kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah. Hasil korelasi antara N-SPT sebagai variabel bebas (x) terhadap sudut geser dalam (ϕ) sebagai variabel tidak bebas (y) menghasilkan persamaan $y = 0,3212x + 11,995$ dengan nilai regresi sebesar 0,8971 di titik 1, dan persamaan $y = 0,3835x + 15,548$ dengan nilai regresi 0,9004 di titik 2. Hal ini menjelaskan bahwa adanya hubungan yang sangat kuat antara N-SPT terhadap sudut geser. Hal ini ditunjukkan dengan nilai regresi mencapai nilai $\geq 0,75$.

Kata kunci : *Standart Penetration Test* (SPT), Sudut Geser Dalam , Korelasi Regresi Linear.

SUMMARY

Correlation of N-SPT Value on Physical and Mechanical Properties of Soil, Sahrul Purba, 2020, the Departement/Civil Engineering program, faculty of engineering, University of Palangkaraya.

Soil plays an important role in construction work. The soil is the foundation of the support of a building that stands on it and becomes one of the strongest supporters of such a construction. So it is necessary to know the characteristics of the soil and the carrying capacity that can be given by the soil to the construction building. One of the parameters of soil carrying capacity that should be known is strong ground shear. The study used statistical methods, namely linear regression between internal friction angle (ϕ) with N-SPT values and statistical tests including regression (R) tests. The purpose of the study was to look at and compare the relationship between N-SPT values to internal friction angle (ϕ) in clay and sand soil types. The work was carried out on the site of the construction of science and peat innovation buildings located in the complex environment of Palangkaraya University, Palangkaraya city, Central Kalimantan. The correlation result between N-SPT to internal friction angle (ϕ) results in an equation of $y = 0.3212x + 11,995$ with a regression value of 0.8971 at point 1 and an equation of $y = 0.3835x + 15,548$ with a regression value of 0.9004 at point 2. This explains that there is a very strong relationship between N-SPT and internal friction angle. This is indicated by the regression value reaching the value ≥ 0.75 .

Keywords: Standart Penetration Test (SPT), volumetric weight, Internal Friction Angle, Correlation Linear Regression.

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Lokasi Pengambilan Sampel	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	5
2.2 Tanah	6
2.3 Tanah Lempung (<i>Clay</i>).....	6
2.4 <i>Standart Penetration Test</i>	7
2.5 Analisa Regresi dan Korelasi	11
2.6 Sistem Klasifikasi Tanah	14
2.7 Penelitian Terdahulu	18
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Persiapan	21
3.2 Tahapan dan Proses Penelitian Lapangan dengan SPT	21

3.3	Pengolahan Data di Laboratorium.....	23
3.4	Cara Analisis Data.....	24
3.5	Bagan Alir Penelitian.....	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Umum	27
4.2	Hasil Penelitian.....	27

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah	6
Tabel 2.2	Klasifikasi Kepadatan dan Sudut Geser Dalam	11
Tabel 2.3	Contoh Korelasi N-SPT dan qc-CPT	13
Tabel 2.4	Sistem Klasifikasi <i>Unified</i>	15
Tabel 2.5	Penelitian Terdahulu	18
Tabel 4.1	Pembacaan data <i>Standart Penetration Test</i> SPT di titik 1	28
Tabel 4.2	Pembacaan data <i>Standart Penetration Test</i> SPT di titik 2	29
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah pada Jenis Tanah Lempung kedalaman (5m - 5,5 m) pada titik 1	30
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (9,5m - 10 m) pada titik 1	30
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (15m - 15,5 m) pada titik 1	31
Tabel 4.6	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (19,5m - 20 m) pada titik 1	31
Tabel 4.7	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (25m - 26 m) pada titik 1	32
Tabel 4.8	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah pada Jenis Tanah Lempung kedalaman (5m – 5,5 m) pada titik 2.....	32
Tabel 4.9	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (9,5m - 10 m) pada titik 2	32
Tabel 4.10	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (15m – 15,5 m) pada titik 2.....	33

Tabel 4.11 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (19,5m - 20 m) pada titik 2	33
Tabel 4.12 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (25m – 26 m) pada titik 2.....	34
Tabel 4.13 Hasil Penelitian Korelasi N-SPT Terhadap Berat Volume	34
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Manual Regresi Korelasi N-SPT Terhadap Berat Volume (γ) di titik 1	35
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Manual Regresi Korelasi N-SPT Terhadap Berat Volume (γ) di titik 1	36
Tabel 4.16 Hasil Pemeriksaan <i>Direct Shear</i> pada Jenis Tanah Lempung kedalaman (5m - 5,5 m) pada titik 1	39
Tabel 4.17 Hasil Pemeriksaan <i>Direct Shear</i> pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (9,5m - 10 m) pada titik 1.....	40
Tabel 4.18 Hasil Pemeriksaan <i>Direct Shear</i> pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (15m - 15,5 m) pada titik 1.....	41
Tabel 4.19 Hasil Pemeriksaan <i>Direct Shear</i> pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (19,5m - 20 m) pada titik 1.....	42
Tabel 4.20 Hasil Pemeriksaan <i>Direct Shear</i> pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (25m - 26 m) pada titik 1.....	43
Tabel 4.21 Hasil Pemeriksaan <i>Direct Shear</i> pada Jenis Tanah Lempung kedalaman (5m - 5,5 m) pada titik 2	44
Tabel 4.22 Hasil Pemeriksaan <i>Direct Shear</i> pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (9,5m - 10 m) pada titik 1.....	45
Tabel 4.23 Hasil Pemeriksaan <i>Direct Shear</i> pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (15m - 15,5 m) pada titik 1.....	46

Tabel 4.24 Hasil Pemeriksaan <i>Direct Shear</i> pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (19,5m - 20 m) pada titik 1.....	47
Tabel 4.25 Hasil Pemeriksaan <i>Direct Shear</i> pada Jenis Tanah Pasir kedalaman (25m - 26 m) pada titik 1.....	48
Tabel 4.26 Rekapitulasi Hasil Grafik Sudut Geser dan Nilai Kohesi di Titik 1	49
Tabel 4.27 Rekapitulasi Hasil Grafik Sudut Geser dan Nilai Kohesi di Titik 2	49
Tabel 4.28 Hasil Penelitian Korelasi N-SPT Terhadap Sudut Geser (ϕ)	49
Tabel 4.29 Hasil Perhitungan Manual Regresi Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Sudut Geser (ϕ) di titik 1	50
Tabel 4.30 Hasil Perhitungan Manual Regresi Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Sudut Geser (ϕ) di titik 1	51
Tabel 4.31 Klasifikasi Tanah Berbutir Menurut AAHSTO di titik 1.....	56
Tabel 4.32 Klasifikasi Tanah Berbutir Menurut AAHSTO di titik 2.....	56
Tabel 4.33 Klasifikasi Tanah Lempung Menurut AAHSTO	57

DAFTAR GAMBAR

gambar 1.1	Lokasi Pengambilan Sampel	4
Gambar 2.1	Rentang (Range) dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, A-7.	19
Gambar 2.2	Diagram fase tanah.....	17
Gambar 2.3	Batas-batas Konsistensi Atterberg	19
Gambar 2.4	Sketsa Alat Uji Kuat Tekan Bebas.....	22
Gambar 2.5	Sketsa Alat Uji Geser Langsung	22
Gambar 2.6	Daya dukung disederhanakan untuk tanah $\phi - c$	24
Gambar 2.7	(a) Pondasi dangkal dengan penentuan alas kasar. Persamaan Terzaghi dan Hansen mengabaikan geser sepanjang cd . (b) interaksi tanah telapak secara umum untuk persamaan-persamaan daya dukung buat telapak jalur sebelah kiri untuk Terzaghi (1943), Hansen (1970), dan sebelah kanan (1951).	25
Gambar 3.1	Bagan Alir Penyusunan Penelitian.....	26
Gambar 4.1	Grafik Regresi Korelasi sederhana nilai N-SPT dengan berat isi di titik 1	36
Gambar 4.2	Grafik Regresi Korelasi sederhana nilai N-SPT dengan berat isi di titik 2	37
Gambar 4.3	Grafik <i>Direct Shear</i> kedalaman di titik 1 (5 m – 5,5 m)	39
Gambar 4.4	Grafik <i>Direct Shear</i> kedalaman di titik 1 (9 m – 10 m)	40
Gambar 4.5	Grafik <i>Direct Shear</i> kedalaman di titik 1 (15 m – 15,5 m)	41
Gambar 4.6	Grafik <i>Direct Shear</i> kedalaman di titik 1 (19,5 m – 20 m)	42
Gambar 4.7	Grafik <i>Direct Shear</i> kedalaman di titik 1 (25 m – 26 m)	43
Gambar 4.8	Grafik <i>Direct Shear</i> kedalaman di titik 2 (5 m – 5,5 m)	44
Gambar 4.9	Grafik <i>Direct Shear</i> kedalaman di titik 2 (9 m – 10 m)	45
Gambar 4.10	Grafik <i>Direct Shear</i> kedalaman di titik 2 (15 m – 15,5 m)	46
Gambar 4.11	Grafik <i>Direct Shear</i> kedalaman di titik 2 (19,5 m – 20 m)	47
Gambar 4.12	Grafik <i>Direct Shear</i> kedalaman di titik 2 (25 m – 26 m)	48

Gambar 4.13	Grafik Regresi Korelasi sederhana nilai N-SPT dengan <i>Direct Shear</i> di titik 1.....	51
Gambar 4.14	Grafik Regresi Korelasi sederhana nilai N-SPT dengan <i>Direct Shear</i> di titik 2.....	52
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastis.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah dalam pandangan teknik sipil adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan relative lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*) (*Hardiyatmo,1992*). Secara umum tanah didiefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi.

Di dalam dunia rekayasa geoteknik, tanah memiliki peranan yang sangat penting. Selain sebagai penyangga, tanah dapat pula berfungsi sebagai bahan konstruksi itu sendiri. Beban suatu struktur akan diteruskan oleh pondasi ke tanah, dimana tanah diharapkan mampu mendukung beban tersebut. Perencanaan suatu konstruksi memerlukan beberapa data sifat fisik dan mekanis tanah yang diperoleh dari hasil penyelidikan di lapangan maupun laboratorium. Penyelidikan tanah yang dilakukan untuk mendapatkan informasi berupa tanah yang diperlukan, baik untuk perencanaan maupun pelaksanaan. Adanya data tanah akan mempermudah perencanaan dan menganalisa *sub-struktur* (bagian bawah bangunan).

Salah satu parameter dari kemampuan daya dukung tanah adalah kepadatan tanah. Telah banyak metode-metode pengujian yang dapat dilakukan untuk mencari kepadatan suatu tanah, salah satu yang paling umum dan banyak dilakukan adalah metode bor dalam (*Standard Penetration Test/SPT*).

SPT pada mulanya digunakan untuk menentukan kepadatan relative dari tanah yang berbutir kasar , yang pada akhirnya berkembang sebagai salah satu cara yang berlaku pula untuk menentukan konsistensi dari tanah yang berbutir halus. Dengan pengujian tersebut kita dapat menentukan

kedalaman tiang yang harus ditanam dan daya dukung tiang baik tahanan ujung nya maupun tahanan gesernya.

Sifat fisik dan mekanis tanah dapat diketahui berdasarkan uji laboratorium. Pengambilan sampel dapat dilakukan untuk setiap kedalaman tanah . oleh sebab itu dapat diketahui secara bersamaan nilai N-SPT dengan sifat-sifat fisik dan mekanis tanah.

Untuk aplikasi di lapangan dan dapat dipergunakan secara luas maka akan dibuat hubungan diantara keduanya. Oleh sebab itu, dalam penulisan skripsi ini, peneliti mencoba membahas tentang “Korelasi nilai N-SPT terhadap sifat-sifat fisik dan mekanis tanah”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka dapat diperoleh perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah jenis dan karakteristik tanah dari pengujian di lapangan dan laboratorium ?
2. Bagaimanakah korelasi antara nilai N-SPT terhadap sifat-sifat fisik dan mekanis tanah ?.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui jenis dan karakteristik tanah di lapangan dan laboratorium.
2. Menganalisis korelasi antara nilai N-SPT terhadap sifat-sifat fisik dan mekanik tanah pada jenis tanah di lokasi proyek DED Gedung IPTEK dan Inovasi Gambut.

1.4 Batasan masalah

Agar didapat pembahasan yang lebih terarah dan memperjelas ruang lingkup pembahasan, maka perlu digunakan pembatasan masalah yaitu sebagai berikut:

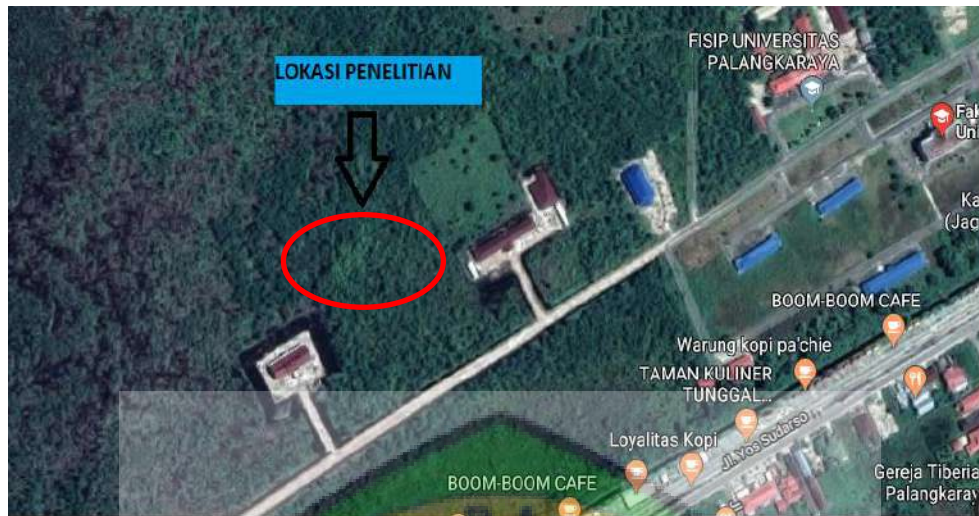
1. Data N-SPT merupakan data sekunder dan diperoleh dari pihak instansi terkait
2. Pengujian dilakukan di laboratorium PT. Borneo Geotech yang beralamat di jalan menteng X.
3. Data yang dikorelasikan terhadap N-SPT adalah data berat isi (mewakili sifat fisik tanah) dan *Direct Shear* (mewakili sifat mekanik tanah).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang menentukan jenis dan karakteristik tanah dari pengujian laboratorium dan lapangan.
2. Diharapkan dapat menambah pengetahuan yang bermanfaat bagi pembaca mengenai parameter daya dukung tanah berdasarkan nilai korelasi nilai SPT (bor dalam) terhadap sifat-sifat fisik dan mekanik tanah.

1.6 Lokasi Penelitian

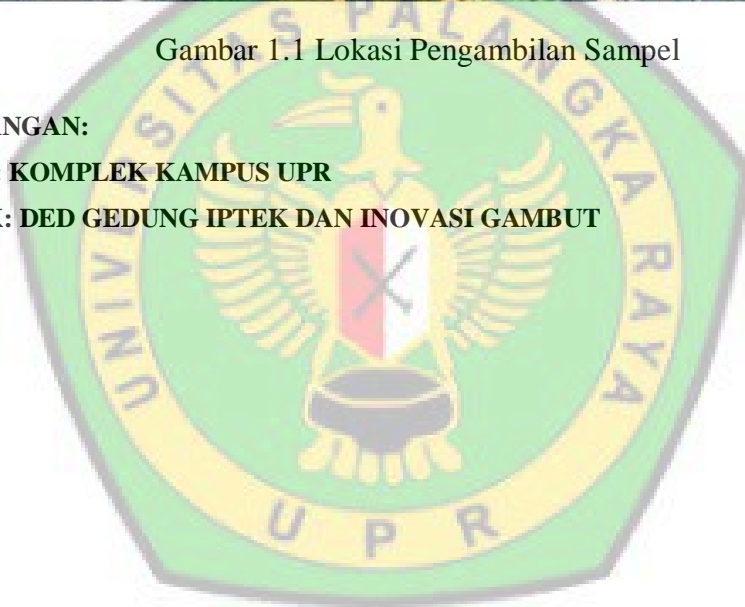


Gambar 1.1 Lokasi Pengambilan Sampel

KETERANGAN:

LOKASI: KOMPLEK KAMPUS UPR

PROYEK: DED GEDUNG IPTEK DAN INOVASI GAMBUT



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 karakteristik tanah dan daya dukung yang dapat diberikan oleh tanah tersebut terhadap bangunan konstruksi.

Hal yang sangat diperhitungkan dalam pembangunan suatu 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)*. Keuntungan dari pengujian langsung yaitu daya dukung dapat langsung diketahui setelah pengujian di lapangan (Braja M. Das, 1994). Pengujian langsung di lapangan yang banyak digunakan dan tersebar di Indonesia adalah: *Standart Penetration Test (SPT)*, *Cone Penetration Test (CPT)* atau banyak dikenal dengan istilah Sondir, uji baling-baling (*Vane Shear Test*) dan uji Presumeter (PMT). Di Indonesia, metode yang lazim dilakukan adalah SPT dan CPT/sondir.

Untuk mengetahui parameter dan daya dukung tanah tersebut dapat dilakukan dengan pengujian SPT dan CPT 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 (Robert F. Caig).

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 Tanah Lempung

Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis dan kimiawi. Proses fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin,

kelompok-kelompok partikel kristal yang berukuran koloid ($<0,002$ mm) yang dikenal sebagai mineral lempung (*Clay Mineral*). (Craig, 1987)

Tanah lempung merupakan partikel-partikel berukuran mikroskopik dan sub mikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tidak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas tanah lempung sangat rendah. (Terzaghi dan Peck, 1967).

Partikel lempung dapat berbentuk lembaran yang mempunyai permukaan khusus. Karena itu, tanah lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Umumnya, terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Diantaranya terdiri dari kelompok-kelompok : *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite*. (Hardiyatmo, 1992)

Sifat yang khas dari tanah lempung adalah dalam keadaan kering dia akan bersifat keras, jika basah akan bersifat plastis dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air.

2.4 Standard Penetration Test (SPT)

Uji penetrasi standard (SPT) adalah penyelidikan tanah dengan uji dinamis yang berasal dari Amerika Serikat. SPT adalah metode pengujian di lapangan dengan memancarkan sebuah *Split Spoon Sampler* (tabung pengambilan contoh tanah yang dapat dibuka dalam arah memanjang) dengan diameter 5 cm dan panjang 50 cm. *Split Spoon Sampler* dimasukkan (dipancarkan) ke dalam tanah

bagian dasar dari sebuah lobang bor. Metode SPT adalah metode pemancangan batang (yang memiliki ujung pemancangan) kedalam tanah dengan menggunakan pukulan paludan mengukur jumlah pukulan per kedalaman penetrasi.

Joseph E. bowles mengungkapkan bahwa *Standart Penetration Test* (SPT) merupakan pengujian penembusan tanah yang paling ekonomis dan populer untuk mendapatkan informasi dibawah permukaan tanah. *Standart Penetration Test* (SPT) juga merupakan salah satu pengujian lapangan yang cukup populer di Indonesia. Pertama kali digunakan pada tahun 1927, setelah itu alat ini rutin digunakan di lapangan. Pengujian SPT ini dilakukan dengan cukup sederhana dan mudah sehingga tidak memerlukan keterampilan khusus dalam pengoperasiannya.

Alat ini sudah populer penggunaannya di dunia karena sederhana, praktis, cepat, dan dapat mengetahui jenis tanah secara langsung. Alat ini perlu distandarisasi karena hasil yang didapat berupa nilai N (jumlah pukulan/30cm) sangat bergantung pada tipe alat yang digunakan.

Kegunaan hasil penyelidikan SPT adalah untuk menentukan kedalaman dan tebal masing-masing lapisan tanah, contoh tanah terganggu dapat diperoleh untuk identifikasi jenis tanah, bebrbagai korelasi empiris dengan parameter tanah dapat diperoleh dan dapat dilakukan pada semua jenis tanah. Kelebihan penyelidikan SPT ini antara lain test ini dapat dilakukan dengan cepat dan pengoperasis]annya relative sederhana, biaya relatif murah. Sedangkan kekurangannya antara lain hasil yang didapat contoh tanah terganggu, interpretasi hasil SPT bersifat empiris dan ketergantungan pada operator dalam menghitung.

Interpretasi hasil SPT bersifat empiris. Untuk tanah pasir, maka nilai N-SPT mencerminkan kepadatannya yang dapat pula diprediksi besar sudut geser dalam (ϕ) dan berat isi tanah (γ), kapasitas daya dukung pondasi dan penurunan pondasi. Sedangkan pada tanah lempung, hasil SPT dapat menentukan secara empiris konsistensi tanah, kapasitas daya dukung pondasi dan penurunan pondasi. Hasil SPT pada tanah lempung ini tidak begitu dapat diandalkan karena umumnya tanah lempung mempunyai butiran halus dengan penetrasi rendah, sehingga pada tanah lempung ditentukan berdasarkan kekuatan gesernya yang dapat diperoleh dari uji tekan bebas (*Unconfined Compression Test*).

Berikut adalah beberapa tahapan dalam prosedur percobaan SPT di lapangan:

1. Mempersiapkan alat pengujian SPT (mesin bor, batang bor, *Split Spoon Sampler*, *hammer*, dan alat penunjang lainnya) dalam kondisi yang prima.
2. Siapkan/dirikan tower penyanggah (*tripod*) di atas mesin bor dengan baik tempat bergantung nya *hammer* (penumbuk) SPT.
3. Melakukan pengujian dapat membuat lobang bor dan membuat lobang sampai kedalam *testing* yang sudah direncanakan.
4. Melakukan pengujian pengambilan sampel dengan alat *Split Spoon Sampler* dengan bantuan penumbuk (*hammer*) yaitu melakukan tumbukan dengan pukulan palu seberat 63,5 kg dan ketinggian jatuh 76 cm dengan penetrasi pukulan setiap 15 cm dan dicatat jumlah pukulan N-value.

Contoh: $N_1 = 10$ pukulan/15 cm

$N_2 = 5$ pukulan/15cm

$$N_3 = 7 \text{ pukulan/15cm}$$

Maka total jumlah pukulan yang dipakai adalah jumlah $N_2+N_3 =$ nilai N ($5+7 = 12$). N_1 tidak dipakai karena dianggap sisa kotoran pengeboran yang tersisa yang tertinggal di dasar lobang bor, sehingga perlu dibersihkan untuk memperkecil efisiensi gangguan sehingga data lebih akurat.

5. Hasil contoh tanah dikeluarkan dari *Split Spoon Sampler* dan dideskripsikan jenis dan gambaran tanah yang meliputi komposisi, struktur, warna, dan konsistensi tanah dan diamankan ke dalam tempat sampel yaitu *core box*.
6. Pada saat pengujian apabila dalam interval 4x penumbukan nilai SPT lebih besar atau sama dengan 50 dalam pengambilan $SPT = 2 \text{ m}$, maka hentikan pengujian dan catat hasil.

Persamaan umum yang diterapkan pada analisis daya dukung tiang berdasarkan SPT adalah sebagai berikut:

$$Q_{ult} = \mu_b \times N_b \times A_b + \mu_s \times N \times A_s \text{ (Ton)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

A_b : Luas penampang ujung tiang.

A_s : Luas selimut tiang.

N_b : Harga SPT pada ujung tiang.

μ_{bs} : Harga koefisien perlawanan ujung dan selimut tiang.

N : Harga rerata SPT sepanjang tiang.

Pada penerapannya di dalam persamaan, nilai N biasanya dikoreksi sebagai berikut:

$$N_b = 0,5(N_1+N_2) \dots \dots \dots (2.2)$$

N1 : Nilai SPT pada ujung tiang

N2 : Nilai SPT rerata dari ujung tiang hingga 4D diatas ujung tiang.

Untuk tanah pasir yang sangat halus (*fine sand*) atau tanah pasir kelanauan (*silty sand*) yang terletak dibawah muka air tanah, nilai SPT cenderung lebih tinggi disebabkan oleh rendahnya permeabilitas. Oleh sebab itu, nilai N-SPT dikoreksi sebagai berikut:

N* : Nilai SPT terkoreksi.

N : Nilai SPT asli di lapangan.

Tabel 2.2 Klasifikasi Keypadatan dan Sudut Geser Dalam

Nilai N	Keypadatan Relatif $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$	Sudut Geser Dalam	
		Menurut Peek	Menurut Meyerhof
0-4	Sangat lepas 0.0-0.2	<28.5	<30
4-10	Lepas 0.2-0.4	28.5-30	30-35
10-30	Sedang 0.4-0.6	30-36	35-40
30-50	Padat 0.6-0.8	36-41	40-45
>50	Sangat padat 0.8-1.0	>41	>45

Sumber: Sudarsono, 1983.

2.5 Analisis Regresi dan Korelasi

Analisis korelasi adalah alat statistika yang dapat dipakai untuk menggambarkan derajat hubungan linier antara satu variable dan variable lainnya.

Analisis korelasi sering kali digunakan bersama-sama dengan regresi untuk

mengukur seberapa baik garis regresi menerangkan dari variable tak bebas (Y). Korelasi juga dapat digunakan tanpa analisis regresi, namun hanya untuk mengukur derajat hubungan antara dua variable.

Dari variable-variabel yang akan dicari bentuk hubungannya terlebih dahulu hendaknya dijelaskan mana yang sebagai variable bebas X dan mana yang sebagai variable tak bebas Y. bentuk hubungan yang paling sederhana antara variable X dengan variable 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:

$$Y = A + BX \dots \dots \dots (2.14)$$

Apabila A dan B mengambil nilai seperti: A=0 dan B=1, persamaan [2.14] akan menjadi Y=X.

Persamaan (2.12) adalah suatu bentuk persamaan yang paling sederhana dari regresi linier sederhana. Dari persamaan (2.14) 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 (2.14) diatas, dalam hubungan tersebut terdapat satu variable 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 contoh hubungan korelasi antara N-SPT dan q-CPT

Table 2.3 Contoh Korelasi antara N-SPT dan qc-CPT

N-SPT	qc-CPT
2	8
4	12
6	24
8	34
10	42
12	50

Sumber: situmorang, 2016

Dalam kasus diatas N-SPT adalah variable bebas sedangkan qc-CPT adalah variable tak bebas. Menurut hasil dari grafik diatas maka korelasi dari qc-CPT (Y) dan N-SPT (X) adalah $Y = 4,120 X$

Penelitian oleh Terzaghi dan Peck (1948) dengan menggunakan hasil pembacaan qc pada alat CPT/sondir dan nilai N dalam pengujian SPT, diperoleh angka persamaan atau korelasi yaitu $qc = 4 N$. penelitian oleh Terzaghi dan Peck menjadi salah satu landasan banyak orang melakukan penelitian serupa di daerah mereka masing-masing dengan berbagai tujuan yang berbeda. Khususnya di beberapa daerah di Indonesia teori dan hasil penelitian oleh Terzaghi dan Peck ini menjadi salah satu dasar teori penelitian korelasi antara nilai SPT dan CPT.

Dengan jenis tanah yang berbeda-beda membuat banyak orang di berbagai daerah di Indonesia terdorong untuk melakukan penelitian serupa agar memperoleh perbandingan dengan penelitian oleh Terzaghi dan Peck. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi acuan seorang perencana konstruksi dalam menentukan kualitas suatu tanah dalam memberikan daya dukung untuk konstruksi yang mereka rencanakan.

2.6 Sistem Klasifikasi Tanah

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

2.6.1 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 (*fine-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 2.4 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.	
			SP Pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	
		Pasir dengan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir lanau	
			SC Pasir berlempung, campuran pasir lempung	
			Tanah berbutir halus 50 % atau lebih lolos ayakan No. 200	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 2.4 (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			
	<table border="1"> <tr> <td>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$</td> <td rowspan="2">Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda.</td> </tr> <tr> <td>Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$</td> </tr> </table>	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 $PI > 7$
	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			
	<table border="1"> <tr> <td>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$</td> <td rowspan="2">Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda.</td> </tr> <tr> <td>Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$</td> </tr> </table>	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 $PI > 7$
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 : Das, 1985

2.6.2 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).

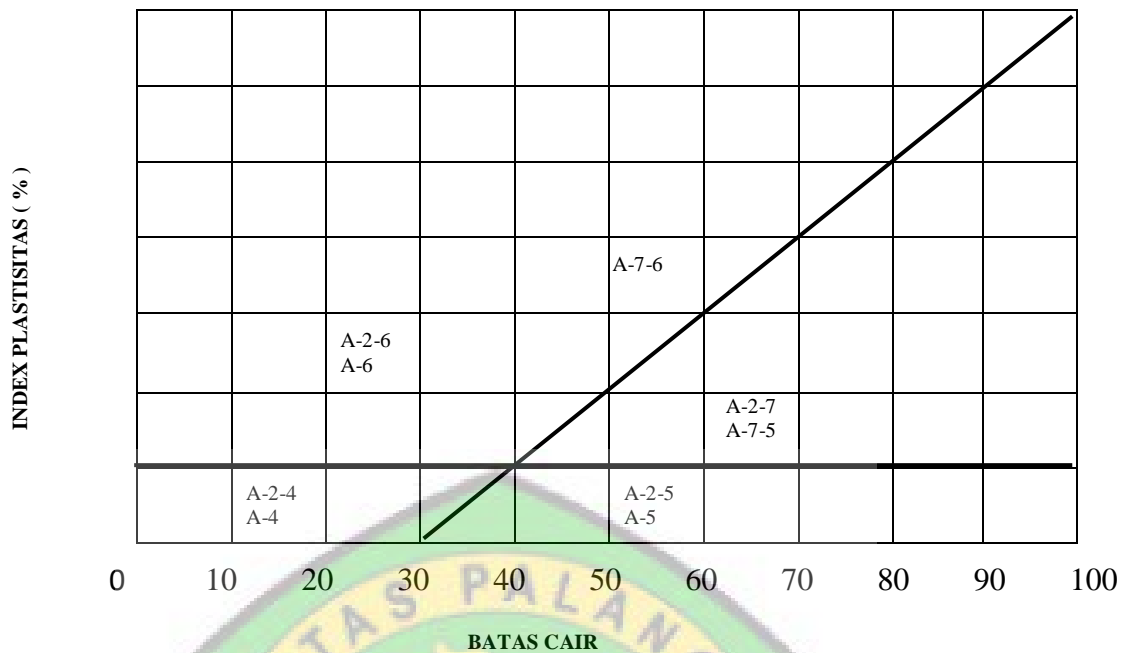
Pasir : bagian tanah yang lolos saringan No.10 (2 mm) dan yang tertahan pada saringan No. 200 (0,074 mm).

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*) 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 presentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat



Gambar 2.1 Rentang (Range) dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, A-7.

Sumber : Das, 1995

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

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,001(F - 15)(PI - 10) \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

GI = Indeks Kelompok

F = Persentase butir yang lolos saringan No. 200

LL = batas cair

PI = Indeks Plastisitas

2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No.	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1.	Eduard Asna Padagi, Eka Priadi, dan Aprianto (Universitas Tanjung Pura, Pontianak)	2015	Korelasi Nilai N-SPT terhadap Sifat-sifat Fisik dan Mekanik Tanah.	<ul style="list-style-type: none"> Hasil dari korelasi N-SPT dengan sifat-sifat fisik dan mekanis tanah menunjukkan korelasi yang sangat kuat. Hasil ini ditunjukkan dengan nilai regresi

				<p>yang mencapai $\geq 0,75$.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pada tanah Lempung korelasi antara N-SPT terhadap sifat-sifat fisik dan mekanis tanah menunjukkan bahwa peningkatan nilai N-SPT ditunjukkan dengan meningkatnya kuat geser tanah seperti nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah. • peningkatan nilai N-SPT akan diikuti oleh meningkatnya nilai daya dukung tanah seperti berat volume tanah kering maupun volume tanah basah.
2.	Bernanton Situmorang (Universitas Palangkaraya, Palangkaraya)	2016	Analisis Parameter Daya Dukung Tanah Berdasarkan Korelasi nilai <i>Standard Penetration Test (SPT)</i> dan <i>Cone Penetration Test (CPT)</i> / Sondir	<ul style="list-style-type: none"> • untuk jenis tanah: <ol style="list-style-type: none"> 1. Desa Tewang : termasuk kelompok A-4 yaitu jenis tanah lanau berpasir. 2. Kota Ketapang : termasuk kelompok CH yaitu jenis tanah lempung dengan plastisitas tinggi • Angka Korelasi

				<p>1. Desa Tewang (titik 1) : $q_c = 4,7996 \text{ N}$ Desa Tewang (titik 2) : $q_c = 4,6221 \text{ N}$</p> <p>2. Kota Ketapang (titik 1) : $q_c = 4,3378 \text{ N}$ Kota Ketapang (titik 2) : $q_c = 3,6205 \text{ N}$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hasil rata-rata korelasi dari semua data diperoleh angka korelasi $q_c = 4,5954 \text{ N}$, dimana mendekati hasil penelitian Terzaghi dan Peck dengan $q_c = 4 \text{ N}$
--	--	--	--	--



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Persiapan

Persiapan yang digunakan dalam tugas akhir ini meliputi studi literatur dan studi eksperimental. Studi literatur yaitu mengumpulkan referensi yang berkaitan dengan proses dan prosedur kerjasi lapangan. Selanjutnya studi eksperimental yaitu persiapan untuk pengolahan data di lapangan dan pengujian sifat fisik tanah di laboratorium. Data-data hasil pemeriksaan di lapangan dan laboratorium kemudian dianalisis sehingga diperoleh beberapa kesimpulan.

3.2 Tahapan dan Proses Penelitian Lapangan dengan SPT

Tahapan dalam mendapatkan data penelitian ini diperoleh dari penyelidikan lapangan langsung (*in situ test*) yaitu SPT dan penyelidikan karakteristik tanah lanjutan di laboratorium.

Berikut adalah beberapa tahapan dalam prosedur percobaan SPT di lapangan:

1. Mempersiapkan alat pengujian SPT (mesin bor, batang bor, *Split Spoon Sampler*, *hammer*, dan alat penunjang lainnya) dalam kondisi yang prima.
2. Siapkan/dirikan tower penyanggah (*tripod*) di atas mesin bor dengan baik tempat bergantung nya *hammer* (penumbuk) SPT.
3. Melakukan pengujian dapat membuat lobang bor dan membuat lobang sampai kedalam *testing* yang sudah direncanakan.
4. Melakukan pengujian pengambilan sampel dengan alat *Split Spoon Sampler* dengan bantuan penumbuk (*hammer*) yaitu melakukan tumbukan dengan

pukulan palu seberat 63,5 kg dan ketinggian jatuh 76 cm dengan penetrasi pukulan setiap 15 cm dan dicatat jumlah pukulan *N-value*.

Contoh: $N_1 = 10$ pukulan/15 cm

$N_2 = 5$ pukulan/15cm

$N_3 = 7$ pukulan/15cm

Maka total jumlah pukulan yang dipakai adalah jumlah $N_2+N_3 =$ nilai N ($5+7 = 12$). N_1 tidak dipakai karena dianggap sisa kotoran pengeboran yang tersisa yang tertinggal di dasar lobang bor, sehingga perlu dibersihkan untuk memperkecil efisiensi gangguan sehingga data lebih akurat.

5. Hasil contoh tanah dikeluarkan dari *Split Spoon Sampler* dan dideskripsikan jenis dan gambaran tanah yang meliputi komposisi, struktur, warna, dan konsistensi tanah dan diamankan ke dalam tempat sampel yaitu *core box*.
6. Pada saat pengujian apabila dalam interval 4x penumbukan nilai SPT lebih besara atau sama dengan 50 dalam pengambilan SPT = 2 m, maka hentikan pengujian dan catat hasil.

Persamaan umum yang diterapkan pada analisis daya dukung tiang berdasarkan SPT adalah sebagai berikut:

$$Q_{ult} = \mu_b \times N_b \times A_b + \mu_s \times N \times A_s \text{ (Ton)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

A_b : Luas penampang ujung tiang.

A_s : Luas selimut tiang.

Nb : Harga SPT pada ujung tiang.

μ_{bs} : Harga koefisien perlawanan ujung dan selimut tiang.

N : Harga rerata SPT sepanjang tiang.

Pada penerapannya di dalam persamaan, nilai N biasanya dikoreksi sebagai berikut:

$$N_b = 0,5 (N_1 + N_2) \dots\dots\dots(2.2)$$

N1 : Nilai SPT pada ujung tiang

N2 : Nilai SPT rerata dari ujung tiang hingga 4D diatas ujung tiang.

Untuk tanah pasir yang sangat halus (*fine sand*) atau tanah pasir kelanauan (*silty sand*) yang terletak dibawah muka air tanah, nilai SPT cenderung lebih tinggi disebabkan oleh rendahnya permeabilitas. Oleh sebab itu, nilai N-SPT dikoreksi sebagai berikut:

N* : Nilai SPT terkoreksi.

N : Nilai SPT asli di lapangan.

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*)

Tujuan pemeriksaan ini dimaksudkan 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. Percobaan Berat Volume (*Volumetric Weight*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui berat volume tanah (γ) keadaan tidak terganggu (*undisturbed*).

3. Batas Konsistensi Tanah (*Atterberg Limit*)

a. Pemeriksaan Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan batas cair tanah. Batas cair suatu tanah adalah kadar air tanah tersebut pada keadaan batas peralihan antara cair dan keadaan plastis.

b. Pemeriksaan Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Permeriksaan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas plastis.

4. Pemeriksaan Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

Tujuan pemeriksaan analisa saringan ini adalah untuk mengetahui gradasi pembagian butiran dari suatu contoh tanah berbutir kasar dan untuk mengklasifikasi tanah.

3.3.2 Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah

Pemeriksaan sifat mekanik tanah dapat dilakukan dengan cara

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

Tujuan Pemeriksaan kuat geser langsung adalah untuk menentukan kohesi c dan sudut geser dalam (ϕ).

3.4 Cara Analisis Data

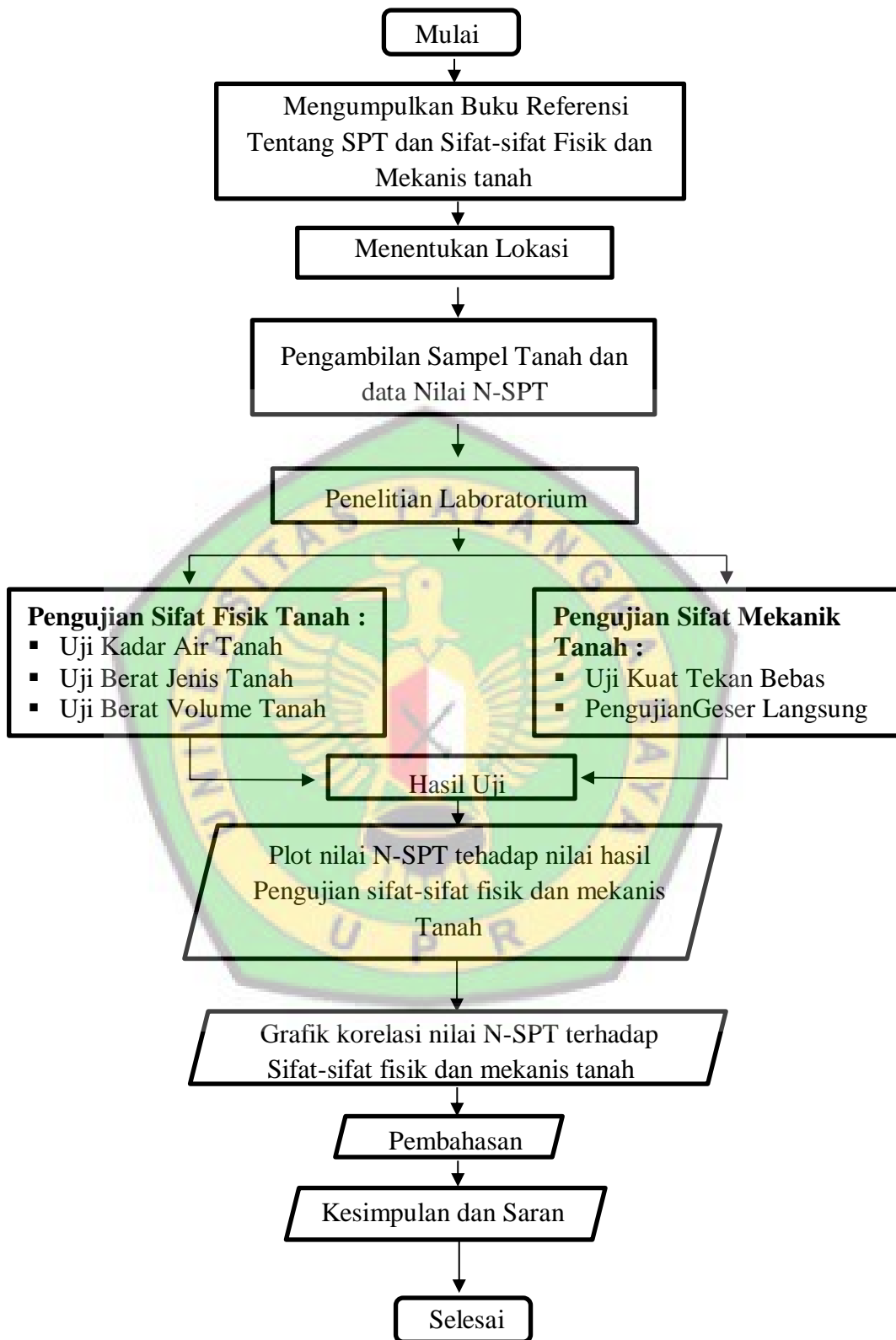
Analisis data hasil pengujian ini menggunakan analisis Regresi dan Korelasi. Analisis korelasi adalah alat statistika yang dapat dipakai untuk menggambarkan

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

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 IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada bab ini disajikan hasil pengujian, analisa data dan pembahasan sesuai dengan teori-teori dari literatur yang disajikan pada bab II serta metode penelitian yang diuraikan pada bab III yaitu menggunakan regresi linear. Hasil pengujian dan pengolahan data data yang disajikan dalam bab ini adalah pengujian sifat-sifat fisik dan mekanik tanah asli yaitu pengujian kadar air, berat volume/isi tanah, berat jenis tanah, analisa saringan, analisa batas-batas atterberg dan uji konsolidasi. Pembahasan ini meliputi penentuan karakteristik tanah dan nilai korelasi N-spt dengan kadar air dan nilai koefisien konsolidasi pada pembangunan Gedung Pusat Pengembangan IPTEK dan Inovasi Gambut di Universitas Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah.

4.2 Hasil Penelitian

4.2.1 Standart Penetration Test (SPT)

Kegunaan hasil penyelidikan SPT adalah untuk menentukan kedalaman dan tebal masing-masing lapisan tanah, contoh tanah terganggu dapat diperoleh untuk identifikasi jenis tanah, berbagai korelasi empiris dengan parameter tanah dapat diperoleh dan dapat dilakukan pada semua jenis tanah.

Tabel.4.1 Pembacaan data *Standart Penetration Test* (SPT) di titik 1

DEPTH (m)	DESKRIPSI	STANDART PENETRATION TEST			
		NO. PUKULAN			NILAI
		N-1	N-2	N-3	N-SPT
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0-2	Lempung	2/15	3/15	4/15	7/30
2-4	organik putih	3/15	5/15	7/15	12/30
4-6	Granit	12/15	20/15	28/15	48/30
6-8	Pasir butiran	8/15	12/15	17/15	29/30
8-10	kasar coklat	6/15	10/15	13/15	23/30
10-12	lepas	7/15	11/15	15/15	26/30
12-14		9/15	13/15	18/15	31/30
14-16		11/15	15/15	19/15	34/30
16-18		10/15	16/15	22/15	38/30
18-20	Pasir butiran	8/15	11/15	18/15	29/30
20-22	halus putih	10/15	14/15	19/15	33/30
22-24	lepas	12/15	17/15	21/15	38/30
24-26		14/15	19/15	24/15	43/30
26-28		15/15	21/15	27/15	48/30
28-30		13/15	20/15	30/15	50/30

Sumber: Cv. Borneo Geotec Engineering (2020)

Tabel.4.2 Pembacaan data *Standart Penetration Test* (SPT) di titik 2

DEPTH (m)	DESKRIPSI	STANDART PENETRATION TEST			
		NO. PUKULAN			NILAI
		N-1	N-2	N-3	N-SPT
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0-0,5	Tanah gambut + granit	2/15	3/15	5/15	8/30
0,5-2	Lempung				
2-3	organik putih				
3-5,5	Pasir lempungan butiran halus coklat	3/15	4/15	6/15	10/30
5,5-6	Granit hitam	10/15	15/15	20/15	35/30
6-8		6/15	10/15	13/15	23/30
8-10	Pasir butiran kasar putih	8/15	12/15	14/15	26/30
10-12		7/15	13/15	16/15	29/30
12-14	campur coklat	9/15	15/15	18/15	33/30
14-16		10/15	14/15	20/15	34/30
16-18		8/15	12/15	14/15	26/30
18-20		12/15	16/15	21/15	37/30
20-22	Pasir butiran halus putih	10/15	14/15	17/15	31/30
22-24		13/15	17/15	21/15	38/30
24-26		15/15	19/15	24/15	43/30
26-28		12/15	18/15	23/15	41/30
28-30		16/15	23/15	28/15	51/30

Sumber: Cv. Borneo Geotec Engineering (2020)

4.2.2 Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapat nilai hasil dari sifat fisik dan mekanik tanah yaitu kadar air, berat volume/isi tanah, berat jenis, analisa saringan, analisa batas-batas atterberg dan kuat Geser tanah. Hasil Pengujian sifat fisik dan mekanik tanah adalah sebagai berikut;

A. Pengujian Sifat Fisik Tanah

a) Pengujian sifat fisik tanah di titik 1

Tabel 4.3 Rekapitulasi Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah kedalaman 5 – 5,5 m (Titik 1)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Kadar air (%)	42,35
2	Berat Volume (gr/cm ³)	1,58
3	Berat Jenis	2,58
4	Batas -batas Atterberg	
	a. Batas cair (LL)	52,5
	b. Batas Plastisitas (PL)	34,85
	c. Indeks Plastisitas (PI)	17,65
5	Analisis Saringan	
	Saringan Lolos N0.200 (%)	62,7
	Saringan Tertahan No. 200 (%)	37,26

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2020)

Tabel 4.4 Rekapitulasi Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah kedalaman 9,5 – 10 m (Titik 1)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Kadar air (%)	19,82
2	Berat Volume (gr/cm ³)	1,56
3	Berat Jenis	2,61
4	Batas -batas Atterberg	
	a. Batas cair (LL)	-

	b.Batas Plastisitas (PL)	-
	c.Indeks Plastisitas (PI)	-
5	Analisis Saringan	
	Saringan Lolos N0.200 (%)	3,2
	Saringan Tertahan No. 200 (%)	96,79

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2020)

Tabel 4.5 Rekapitulasi Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah kedalaman 15 – 15,5 m (Titik 1)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Kadar air (%)	20,57
2	Berat Volume (gr/cm ³)	1,65
3	Berat Jenis	2,61
4	Batas -batas <i>Atterberg</i>	
	a.Batas cair (LL)	-
	b.Batas Plastisitas (PL)	-
	c.Indeks Plastisitas (PI)	-
5	Analisis Saringan	
	Saringan Lolos N0.200 (%)	4,1
	Saringan Tertahan No. 200 (%)	95,9

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2020)

Tabel 4.6 Rekapitulasi Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah kedalaman 19,5 – 20 m (Titik 1)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Kadar air (%)	18,95
2	Berat Volume (gr/cm ³)	1,61
3	Berat Jenis	2,61
4	Batas -batas <i>Atterberg</i>	
	a.Batas cair (LL)	-
	b.Batas Plastisitas (PL)	-
	c.Indeks Plastisitas (PI)	-
5	Analisis Saringan	
	Saringan Lolos N0.200 (%)	3,1
	Saringan Tertahan No. 200 (%)	96,9

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2020)

Tabel 4.7 Rekapitulasi Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah kedalaman 25 – 26 m (Titik 1)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Kadar air (%)	16,27
2	Berat Volume (gr/cm ³)	1,78
3	Berat Jenis	2,60
4	Batas -batas <i>Atterberg</i>	
	a.Batas cair (LL)	-
	b.Batas Plastisitas (PL)	-
	c.Indeks Plastisitas (PI)	-
5	Analisis Saringan	
	Saringan Lolos N0.200 (%)	3,7
	Saringan Tertahan No. 200 (%)	96,27

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2020)

b) Pengujian sifat fisik tanah di titik 2

Tabel 4.8 Rekapitulasi Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah kedalaman 5 – 5,5 m (Titik 2)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Kadar air (%)	40,46
2	Berat Volume (gr/cm ³)	1,58
3	Berat Jenis	2,58
4	Batas -batas <i>Atterberg</i>	
	a.Batas cair (LL)	42,67
	b.Batas Plastisitas (PL)	27,5
	c.Indeks Plastisitas (PI)	15,17
5	Analisis Saringan	
	Saringan Lolos N0.200 (%)	54,9
	Saringan Tertahan No. 200 (%)	45,06

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2020)

Tabel 4.9 Rekapitulasi Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah kedalaman 9,5 – 10 m (Titik 2)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Kadar air (%)	20,98

2	Berat Volume (gr/cm ³)	1,60
3	Berat Jenis	2,60
4	Batas -batas <i>Atterberg</i>	
	a.Batas cair (LL)	-
	b.Batas Plastisitas (PL)	-
	c.Indeks Plastisitas (PI)	-
5	Analisis Saringan	
	Saringan Lolos NO.200 (%)	2,8
	Saringan Tertahan No. 200 (%)	97,2

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2020)

Tabel 4.10 Rekapitulasi Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah kedalaman 15 – 15,5 m (Titik 2)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Kadar air (%)	19,47
2	Berat Volume (gr/cm ³)	1,69
3	Berat Jenis	2,62
4	Batas -batas <i>Atterberg</i>	
	a.Batas cair (LL)	-
	b.Batas Plastisitas (PL)	-
	c.Indeks Plastisitas (PI)	-
5	Analisis Saringan	
	Saringan Lolos NO.200 (%)	4,2
	Saringan Tertahan No. 200 (%)	95,2

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2020)

Tabel 4.11 Rekapitulasi Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah kedalaman 19,5 – 20 m (Titik 2)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Kadar air (%)	18,56
2	Berat Volume (gr/cm ³)	1,71
3	Berat Jenis	2,61
4	Batas -batas <i>Atterberg</i>	
	a.Batas cair (LL)	-
	b.Batas Plastisitas (PL)	-
	c.Indeks Plastisitas (PI)	-
5	Analisis Saringan	

Saringan Lolos NO.200 (%)	4,6
Saringan Tertahan No. 200 (%)	95,4

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2020)

Tabel 4.12 Rekapitulasi Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah kedalaman 25 - 26 m (Titik 2)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Kadar air (%)	15,83
2	Berat Volume (gr/cm ³)	1,81
3	Berat Jenis	2,61
4	Batas -batas <i>Atterberg</i>	
	a.Batas cair (LL)	-
	b.Batas Plastisitas (PL)	-
	c.Indeks Plastisitas (PI)	-
5	Analisis Saringan	
	Saringan Lolos NO.200 (%)	3,8
	Saringan Tertahan No. 200 (%)	96,2

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2020)

Pengolahan data dilakukan menggunakan analisis regresi linier untuk menentukan nilai korelasi antara N-SPT dengan Berat Volume (γ)

Tabel 4.13 Hasil Penelitian Korelasi N-SPT Terhadap Berat volume (γ)

Kedalaman (m)	N-SPT di titik 1	N-SPT di titik 2	Berat volume (γ) di titik 1	Berat volume (γ) di titik 2
5 – 5,5	12	10	1,58	1,58
9,5 – 10	23	26	1,56	1,59
15 – 15,5	31	33	1,64	1,68
19 – 19,5	38	26	1,61	1,71
25 – 26	43	43	1,78	1,81

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, (2020)

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Manual Regresi Korelasi N-SPT Terhadap Berat volume (γ) di titik 1

Kedalaman (m)	N-SPT di titik 1	Berat volume (γ) di titik 1			
	(X)	(Y)	(X.Y)	(X ²)	(Y ²)
5 – 5,5	12	1,58	18,96	144	2,4964
9,5 – 10	23	1,56	35,88	529	2,4336
15 – 15,5	31	1,64	50,84	961	2,6896
19 – 19,5	38	1,61	61,18	1444	2,5921
25 – 26	43	1,78	76,54	1849	3,1684
Σ	147	8,17	243,4	4927	13,3801

Mencari nilai a untuk persamaan $Y = ax + b$,

$$a = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$a = \frac{5(243,4) - (147)(8,17)}{5(4927) - (147)^2}$$

$$a = 0,0053$$

Mencari nilai b untuk persamaan $Y = ax + b$,

$$b = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{(8,17)(4927) - (147)(243,4)}{5(4927) - (147)^2}$$

$$b = 1,4785$$

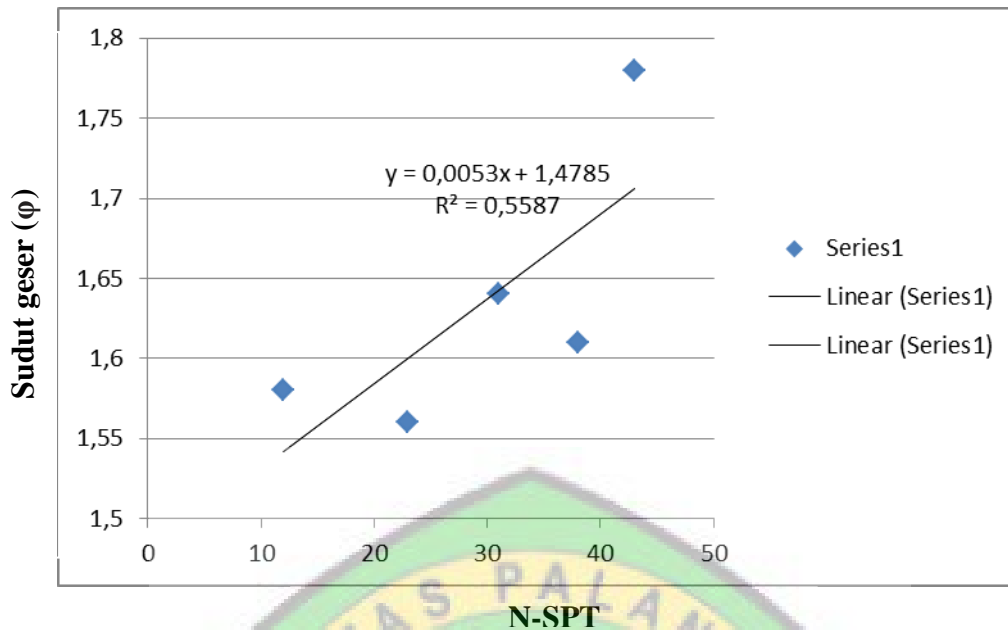
maka didapat persamaan, $Y = 0,0053x + 1,4785$

$$R = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{\{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2\}\{n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2\}}}$$

$$R = \frac{5(243,4) - (147)(8,17)}{\sqrt{\{5 \cdot 4927 - (147)^2\}\{5 \cdot 13,3801 - (8,17)^2\}}}$$

$$R = 0,7475$$

$$R^2 = 0,5587$$



Gambar 4.1 Grafik Regresi Korelasi Sederhana nilai N-SPT Terhadap Berat isi (γ) di titik 1

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Manual Regresi Korelasi N-SPT Terhadap Berat volume (γ) di titik 2

Kedalaman (m)	N-SPT di titik 2	Berat volume (γ) di titik 2			
	(X)	(Y)	(X.Y)	(X ²)	(Y ²)
5 – 5,5	10	1,58	18,96	144	2,4964
9,5 – 10	26	1,59	35,88	529	2,4336
15 – 15,5	33	1,68	50,84	961	2,6896
19 – 19,5	26	1,71	61,18	1444	2,5921
25 – 26	43	1,81	76,54	1849	3,1684
Σ	138	8,37	234,87	4390	14,0471

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, (2020)

Mencari nilai a untuk persamaan $Y = ax + b$,

$$a = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$a = \frac{5(234,87) - (138)(8,37)}{5(4390) - (138)^2}$$

$$a = 0,0066.$$

Mencari nilai b untuk persamaan $Y = ax + b$,

$$b = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{(8,37)(4390) - (138)(234,87)}{5(4390) - (138)^2}$$

$$b = 1,4908$$

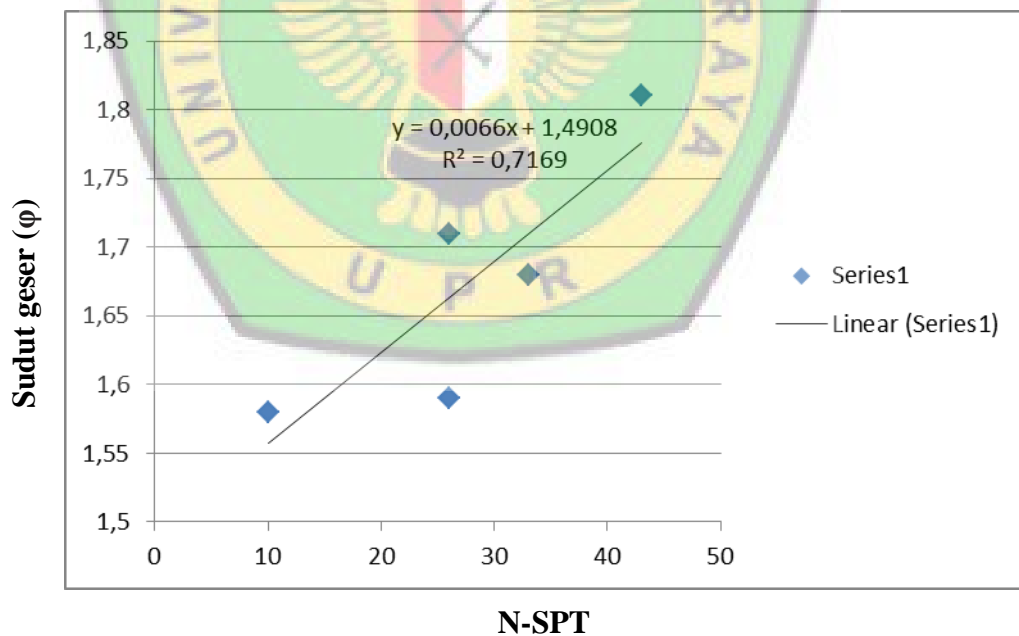
maka didapat persamaan, $Y = 0,0066x + 1,4908$

$$R = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{\{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2\}\{n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2\}}}$$

$$R = \frac{5(234,87) - (138)(8,37)}{\sqrt{\{5.4390 - (138)^2\}\{5.14,0471 - (8,37)^2\}}}$$

$$R = 0,8467$$

$$R^2 = 0,7169$$

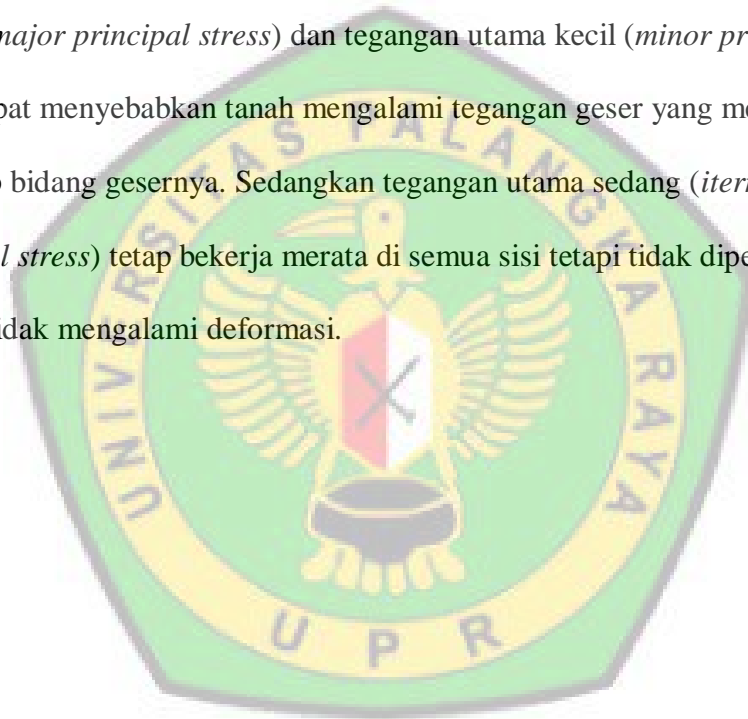


Gambar 4.2 Grafik Regresi Korelasi Sederhana nilai N-SPT dengan Berat isi (γ) di titik 2

B. Pengujian Sifat Mekanik Tanah

1. Uji Geser Langsung (*Direct Shear*)

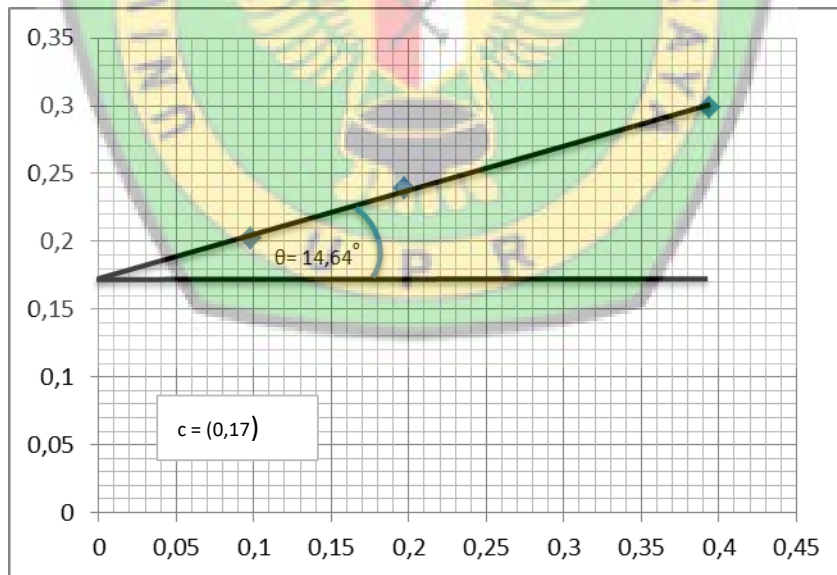
Uji geser langsung merupakan pengujian parameter kuat geser tanah yang paling mudah. Alat uji geser langsung berbentuk lingkaran atau persegi panjang. Sebuah gaya normal P ditempatkan pada bagian atas kotak dan gaya horizontal F ditempatkan pada bidang horizontal. Tegangan tersebut berupa tegangan besar utama (*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 di semua sisi tetapi tidak diperhitungkan karena tidak mengalami deformasi.



Tabel 4.16 Pemeriksaan Direct Shear kedalaman (5 - 5,5 m)

Waktu (detik)	P1 = 3,167 kg $\sigma_1 = 0,0985 \text{ kg/cm}^2$			P2 = 6,334 kg $\sigma_2 = 0,1970 \text{ kg/cm}^2$			P3 = 12,668 kg $\sigma_3 = 0,3940 \text{ kg/cm}^2$		
	Pembacaan	Kekuatan	τ_1	Dial	Gaya	τ_2	Dial	Gaya	τ_3
	Arloji	Geser	kg/cm^2	Reading	Geser	kg/cm^2	Reading	Geser	kg/cm^2
0,00	-	0,0	0,000	-	0	0,000	0,0	0	0,000
0,25	0,2	0,096	0,003	1,5	0,720	0,022	6,0	2,880	0,090
0,50	0,9	0,432	0,013	1,8	0,864	0,027	8,2	3,936	0,122
1,0	1,1	0,528	0,016	2,2	1,056	0,033	10,0	4,800	0,149
1,5	1,5	0,720	0,022	5,2	2,496	0,078	11,2	5,376	0,167
2,0	2,2	1,056	0,033	6,0	2,880	0,090	13,5	6,480	0,202
2,5	5,0	2,400	0,075	8,5	4,080	0,127	14,0	6,720	0,209
3,0	6,2	2,976	0,093	11,0	5,280	0,164	15,2	7,296	0,227
3,5	7,8	3,744	0,116	12,6	6,048	0,188	16,8	8,064	0,251
4,0	8,9	4,272	0,133	13,2	6,336	0,197	17,5	8,400	0,261
4,5	10,5	5,040	0,157	14,0	6,720	0,209	18,0	8,640	0,269
5,0	11,2	5,376	0,167	14,8	7,104	0,221	18,5	8,880	0,276
6,0	12,0	5,760	0,179	15,0	7,200	0,224	18,6	8,928	0,278
7,0	12,6	6,048	0,188	15,3	7,344	0,228	20,0	9,600	0,299
8,0	13,0	6,240	0,194	15,5	7,440	0,231	18,5	8,880	0,276
9,0	13,5	6,480	0,202	15,8	7,584	0,236	18,2	8,736	0,272
10,0	14,0	6,720	0,209	15,9	7,632	0,237	17,8	8,544	0,266
11,0	14,5	6,960	0,216	15,8	7,584	0,236	17,8	8,544	0,266
12,0	14,2	6,816	0,212	15,5	7,440	0,231	17,5	8,400	0,261
13,0	14,0	6,720	0,209	15,5	7,440	0,231			
14,0	13,8	6,624	0,206	15,2	7,296	0,227			
	13,5	6,480	0,202	15,2	7,3	0,227			
	13,2	6,336	0,197						

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)

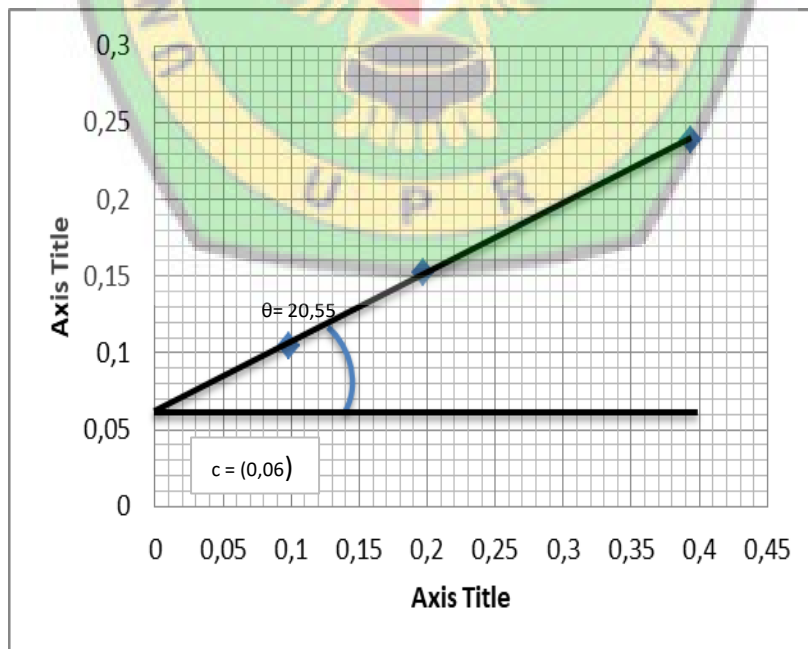


Gambar 4.3 Grafik Direct Shear kedalaman (5m – 5,5 m)

Tabel 4.17 Pemeriksaan Direct Shear kedalaman (9,5 m -10 m)

Waktu (detik)	P1 = 3,167 kg $\sigma_1 = 0,0985 \text{ kg/cm}^2$			P2 = 6,334 kg $\sigma_2 = 0,1970 \text{ kg/cm}^2$			P3 = 12,668 kg $\sigma_3 = 0,3940 \text{ kg/cm}^2$		
	Pembacaan Arloji	Kekuatan Geser	$\tau_1 \text{ kg/cm}^2$	Dial Reading	Gaya Geser	$\tau_2 \text{ kg/cm}^2$	Dial Reading	Gaya Geser	$\tau_3 \text{ kg/cm}^2$
0,00	-	0,0	0,000	-	0	0,000	0,0	0	0,000
0,25	1,0	0,480	0,015	4,5	2,160	0,067	4,8	2,304	0,072
0,50	1,2	0,576	0,018	5,0	2,400	0,075	5,2	2,496	0,078
1,0	1,5	0,720	0,022	6,2	2,976	0,093	6,5	3,120	0,097
1,5	2,0	0,960	0,030	6,5	3,120	0,097	7,8	3,744	0,116
2,0	3,1	1,488	0,046	7,0	3,360	0,105	9,2	4,416	0,137
2,5	5,0	2,400	0,075	7,5	3,600	0,112	11,0	5,280	0,164
3,0	5,5	2,640	0,082	8,0	3,840	0,119	13,1	6,288	0,196
3,5	5,8	2,784	0,087	8,5	4,080	0,127	13,8	6,624	0,206
4,0	6,2	2,976	0,093	8,8	4,224	0,131	14,5	6,960	0,216
4,5	6,8	3,264	0,102	9,0	4,320	0,134	15,2	7,296	0,227
5,0	6,8	3,264	0,102	9,1	4,368	0,136	15,5	7,440	0,231
6,0	6,8	3,264	0,102	9,5	4,560	0,142	15,8	7,584	0,236
7,0	6,9	3,312	0,103	9,6	4,608	0,143	16,0	7,680	0,239
8,0	6,9	3,312	0,103	9,9	4,752	0,148	16,0	7,680	0,239
9,0	7,0	3,360	0,105	10,2	4,896	0,152	16,0	7,680	0,239
10,0	7,0	3,360	0,105	10,2	4,896	0,152	15,9	7,632	0,237
11,0	7,0	3,360	0,105	10,2	4,896	0,152	15,8	7,584	0,236
12,0	7,0	3,360		10,0	4,800	0,149	15,6	7,488	0,233
13,0	7,0	3,360	0,105	9,8	4,704	0,146	15,2	7,296	0,227
14,0	6,8	3,264	0,102	9,6	4,608	0,143	14,8	7,104	0,221
	6,6	3,168	0,099	9,5	4,6	0,142	14,5	6,960	0,216

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)

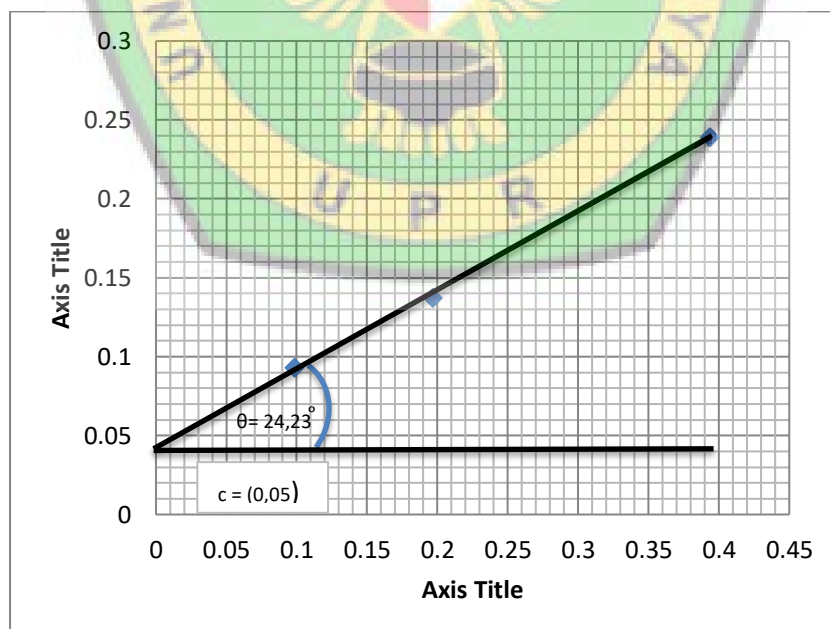


Gambar 4.4 Grafik Direct Shear kedalaman (9,5 m – 10 m)

Tabel 4.18 Pemeriksaan Direct Shear kedalaman (15 – 15,5 m)

	P1 =	3,167	kg	P2 =	6,334	kg	P3 =	12,668	kg
Waktu	$\sigma_1 =$	0,0985	kg/cm ²	$\sigma_2 =$	0,1970	kg/cm ²	$\sigma_3 =$	0,3940	kg/cm ²
(detik)	Pembacaan	Kekuatan	τ_1	Dial	Gaya	τ_2	Dial	Gaya	τ_3
	Arloji	Geser	kg/cm ²	Reading	Geser	kg/cm ²	Reading	Geser	kg/cm ²
0,00	-	0,0	0,000	-	0	0,000	0,0	0	0,000
0,25	0,2	0,096	0,003	1,1	0,528	0,016	3,1	1,488	0,046
0,50	3,0	1,440	0,045	1,5	0,720	0,022	3,8	1,824	0,057
1,0	4,1	1,968	0,061	2,5	1,200	0,037	4,2	2,016	0,063
1,5	4,5	2,160	0,067	4,7	2,256	0,070	6,5	3,120	0,097
2,0	4,8	2,304	0,072	6,2	2,976	0,093	8,8	4,224	0,131
2,5	5,5	2,640	0,082	7,3	3,504	0,109	10,4	4,992	0,155
3,0	5,9	2,832	0,088	7,5	3,600	0,112	11,5	5,520	0,172
3,5	6,0	2,880	0,090	8,3	3,984	0,124	13,2	6,336	0,197
4,0	6,1	2,928	0,091	9,0	4,320	0,134	14,2	6,816	0,212
4,5	6,2	2,976	0,093	9,0	4,320	0,134	15,1	7,248	0,225
5,0	6,2	2,976	0,093	9,1	4,368	0,136	15,2	7,296	0,227
6,0	6,1	2,928	0,091	9,1	4,368	0,136	15,5	7,440	0,231
7,0	6,1	2,928	0,091	9,2	4,416	0,137	15,9	7,632	0,237
8,0	6,0	2,880	0,090	9,2	4,416	0,137	16,1	7,728	0,240
9,0	5,8	2,784	0,087	9,2	4,416	0,137	16,0	7,680	0,239
10,0	5,8	2,784	0,087	9,1	4,368	0,136	15,9	7,632	0,237
11,0	5,3	2,544	0,079	9,0	4,320	0,134	15,8	7,584	0,236
12,0				9,0	4,320	0,134	15,6	7,488	0,233
13,0				8,5	4,080	0,127	15,4	7,392	0,230
14,0				8,3	3,984	0,124	15,1	7,248	0,225

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)

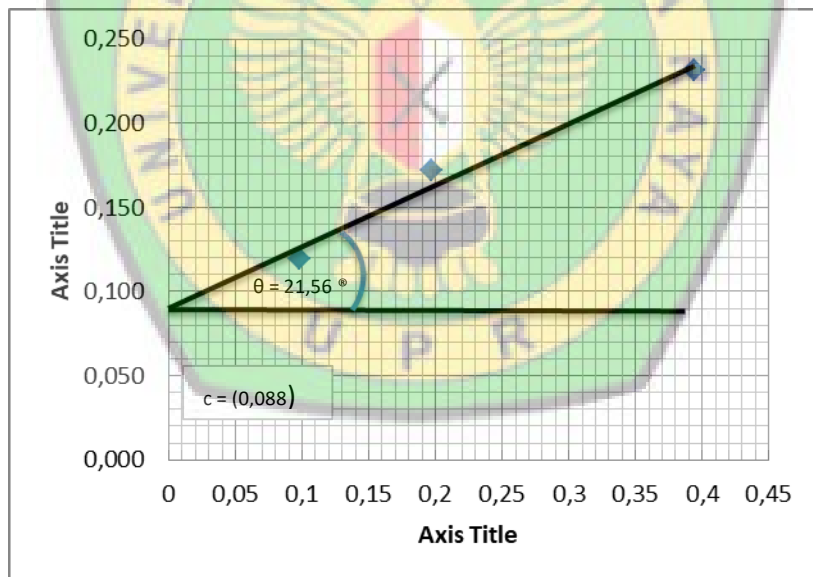


Gambar 4.5 Grafik Direct Shear kedalaman (15 m – 15,5 m)

Tabel 4.19 Pemeriksaan Direct Shear kedalaman (19,5 - 20 m)

Waktu (detik)	P1 = 3,167 kg $\sigma_1 = 0,0985 \text{ kg/cm}^2$			P2 = 6,334 kg $\sigma_2 = 0,1970 \text{ kg/cm}^2$			P3 = 12,668 kg $\sigma_3 = 0,3940 \text{ kg/cm}^2$		
	Pembacaan	Kekuatan	τ_1	Dial	Gaya	τ_2	Dial	Gaya	τ_3
	Arloji	Geser	kg/cm^2	Reading	Geser	kg/cm^2	Reading	Geser	kg/cm^2
0,00	-	0,0	0,000	-	0	0,000	0,0	0	0,000
0,25	4,0	1,920	0,060	5,6	2,688	0,084	6,2	2,976	0,093
0,50	5,8	2,784	0,087	6,0	2,880	0,090	8,0	3,840	0,119
1,0	6,8	3,264	0,102	7,0	3,360	0,105	10,0	4,800	0,149
1,5	7,0	3,360	0,105	8,5	4,080	0,127	13,0	6,240	0,194
2,0	7,5	3,600	0,112	9,0	4,320	0,134	14,0	6,720	0,209
2,5	7,8	3,744	0,116	9,5	4,560	0,142	15,0	7,200	0,224
3,0	7,9	3,792	0,118	10,0	4,800	0,149	15,5	7,440	0,231
3,5	7,9	3,792	0,118	11,5	5,520	0,172	16,0	7,680	0,239
4,0	8,0	3,840	0,119	11,8	5,664	0,176	16,2	7,776	0,242
4,5	8,0	3,840	0,119	12,1	5,808	0,181	16,5	7,920	0,246
5,0	8,0	3,840	0,119	12,1	5,808	0,181	16,5	7,920	0,246
6,0	8,0	3,840	0,119	12,1	5,808	0,181	16,5	7,920	0,246
7,0	8,0	3,840	0,119	12,0	5,760	0,179	16,4	7,872	0,245
8,0	8,0	3,840	0,119	11,9	5,712	0,178	16,2	7,776	0,242
9,0	7,9	3,792	0,118	11,8	5,664	0,176	16,0	7,680	0,239
10,0	7,9	3,792	0,118	11,5	5,520	0,172	15,8	7,584	0,236
11,0	7,5	3,600	0,112	11,2	5,376	0,167	15,5	7,440	0,231
12,0	7,5	3,600	0,112	11,0	5,280	0,164	15,0	7,200	0,224
13,0	7,3	3,504	0,109	10,5	5,040	0,157	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)

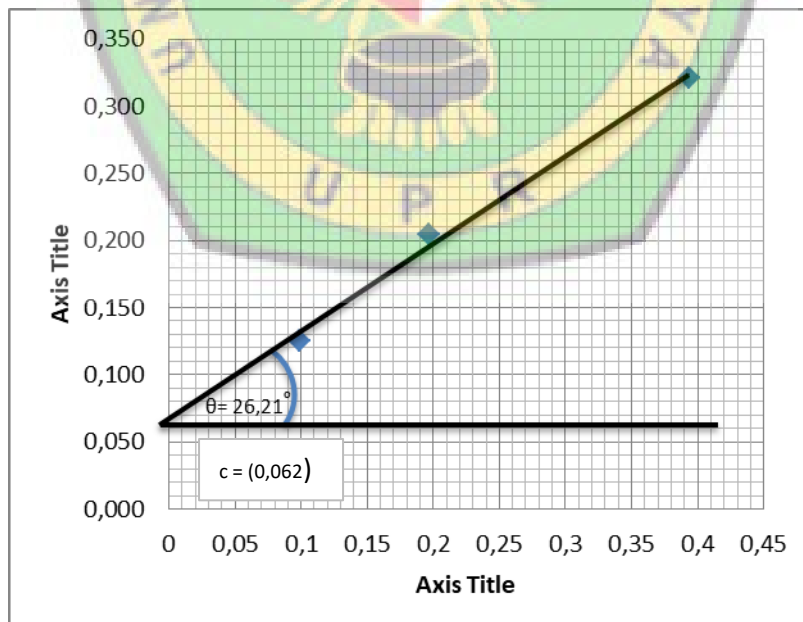


Gambar 4.6 Grafik Direct Shear kedalaman (19,5 m – 20 m)

Tabel 4.20 Pemeriksaan Direct Shear kedalaman (25 – 26 m)

Waktu (detik)	P1 = 3,167 kg			P2 = 6,334 kg			P3 = 12,668 kg		
	$\sigma_1 = 0,0985 \text{ kg/cm}^2$			$\sigma_2 = 0,1970 \text{ kg/cm}^2$			$\sigma_3 = 0,3940 \text{ kg/cm}^2$		
	Pembacaan Arloji	Kekuatan Geser	τ_1 kg/cm ²	Dial Reading	Gaya Geser	τ_2 kg/cm ²	Dial Reading	Gaya Geser	τ_3 kg/cm ²
0,00	0	0,0	0,000	0	0	0,000	0	0	0,000
0,25	2,2	1,056	0,033	3,4	1,632	0,051	13,2	6,336	0,197
0,50	3,2	1,536	0,048	4,0	1,920	0,060	15,2	7,296	0,227
1,0	3,9	1,872	0,058	5,1	2,448	0,076	17,4	8,352	0,260
1,5	4,3	2,064	0,064	5,5	2,640	0,082	19,5	9,360	0,291
2,0	5,4	2,592	0,081	6,5	3,120	0,097	19,8	9,504	0,296
2,5	5,8	2,784	0,087	7,8	3,744	0,116	20,5	9,840	0,306
3,0	6,3	3,024	0,094	8,9	4,272	0,133	20,5	9,840	0,306
3,5	6,8	3,264	0,102	10,0	4,800	0,149	20,7	9,936	0,309
4,0	7,0	3,360	0,105	10,9	5,232	0,163	21,0	10,080	0,314
4,5	7,2	3,456	0,107	11,6	5,568	0,173	21,2	10,176	0,317
5,0	7,8	3,744	0,116	12,7	6,096	0,190	21,5	10,320	0,321
6,0	8,0	3,840	0,119	13,0	6,240	0,194	21,0	10,080	0,314
7,0	8,3	3,984	0,124	13,2	6,336	0,197	20,5	9,840	0,306
8,0	8,3	3,984	0,124	13,3	6,384	0,199	20,0	9,600	0,299
9,0	8,4	4,032	0,125	13,5	6,480	0,202	19,7	9,456	0,294
10,0	8,4	4,032	0,125	13,7	6,576	0,205	19,5	9,360	0,291
11,0	8,3	3,984	0,124	13,5	6,480	0,202	19,2	9,216	0,287
12,0	8,2	3,936	0,122	13,0	6,240	0,194	18,9	9,072	0,282
13,0	8,0	3,840	0,119	12,7	6,096	0,190			
14,0	7,8	3,744	0,116	12,4	5,952	0,185			

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)



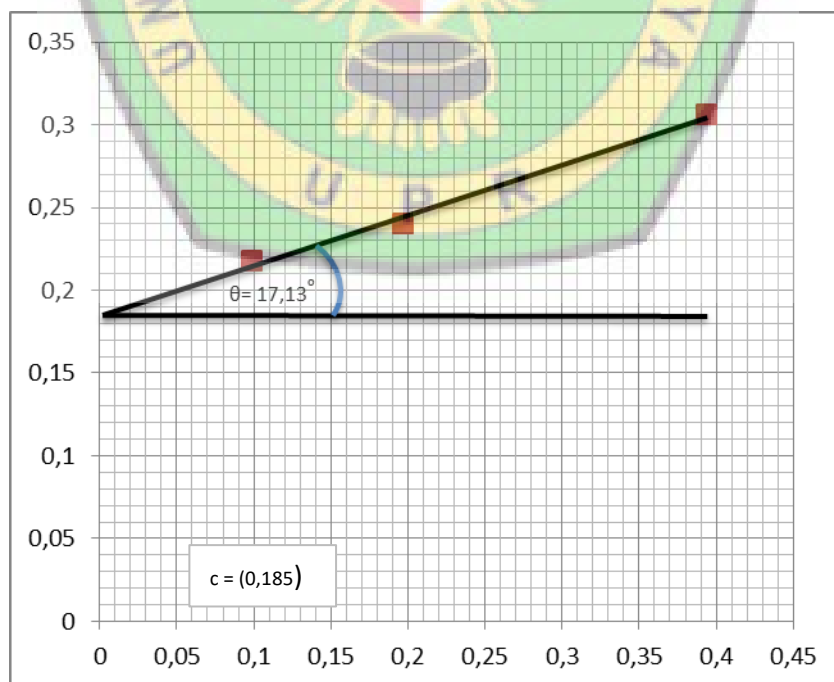
Gambar 4.7 Grafik Direct Shear kedalaman (25 m – 26 m)

➤ **Pemeriksaan Direct Shear di titik 2**

Tabel 4.21 Pemeriksaan Direct Shear kedalaman (5 - 5,5 m)

Waktu (detik)	P1 = 3,167 kg			P2 = 6,334 kg			P3 = 12,668 kg		
	$\sigma_1 =$	Kekuatan	τ_1	$\sigma_2 =$	Gaya	τ_2	$\sigma_3 =$	Gaya	τ_3
	Pembacaan Arloji	Geser	kg/cm ²	Dial Reading	Geser	kg/cm ²	Dial Reading	Geser	kg/cm ²
0,00	-	0,0	0,000	-	0	0,000	0,0	0	0,000
0,25	0,2	0,096	0,003	1,6	0,768	0,024	6,2	2,976	0,093
0,50	1,0	0,480	0,015	1,9	0,912	0,028	8,5	4,080	0,127
1,0	1,1	0,528	0,016	2,2	1,056	0,033	10,4	4,992	0,155
1,5	1,6	0,768	0,024	5,2	2,496	0,078	11,2	5,376	0,167
2,0	2,4	1,152	0,036	6,2	2,976	0,093	13,5	6,480	0,202
2,5	4,9	2,352	0,073	8,6	4,128	0,128	14,3	6,864	0,213
3,0	6,3	3,024	0,094	11,0	5,280	0,164	15,2	7,296	0,227
3,5	7,9	3,792	0,118	12,6	6,048	0,188	16,9	8,112	0,252
4,0	8,9	4,272	0,133	13,2	6,336	0,197	17,5	8,400	0,261
4,5	10,5	5,040	0,157	14,2	6,816	0,212	18,0	8,640	0,269
5,0	11,3	5,424	0,169	14,8	7,104	0,221	18,6	8,928	0,278
6,0	12,0	5,760	0,179	15,0	7,200	0,224	18,7	8,976	0,279
7,0	12,8	6,144	0,191	15,3	7,344	0,228	20,5	9,840	0,306
8,0	13,0	6,240	0,194	15,6	7,488	0,233	18,5	8,880	0,276
9,0	13,5	6,480	0,202	15,8	7,584	0,236	18,2	8,736	0,272
10,0	14,0	6,720	0,209	16,1	7,728	0,240	17,9	8,592	0,267
11,0	14,6	7,008	0,218	15,9	7,632	0,237	17,8	8,544	0,266
12,0	14,2	6,816	0,212	15,7	7,536	0,234	17,5	8,400	0,261
13,0	14,0	6,720	0,209	15,5	7,440	0,231			
14,0	13,7	6,576	0,205	15,2	7,296	0,227			
	13,4	6,432	0,200	15,0	7,2	0,224			
	13,2	6,336	0,197						

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)

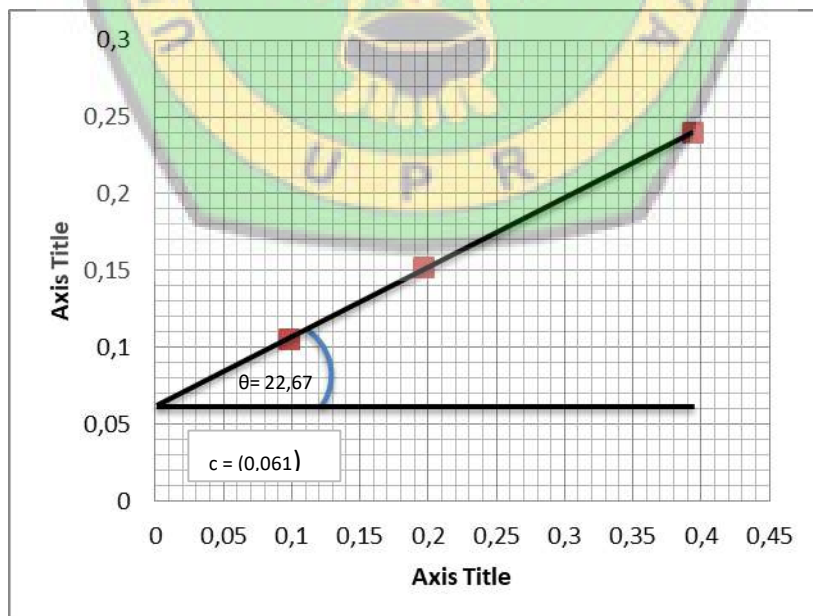


Gambar 4.8 Grafik Direct Shear kedalaman (5m – 5,5 m)

Tabel 4.22 Pemeriksaan Direct Shear kedalaman (9,5 m -10 m)

	P1 =	3,167	kg	P2 =	6,334	kg	P3 =	12,668	kg
Waktu	$\sigma_1 =$	0,0985	kg/cm ²	$\sigma_2 =$	0,1970	kg/cm ²	$\sigma_3 =$	0,3940	kg/cm ²
(detik)	Pembacaan	Kekuatan	τ_1	Dial	Gaya	τ_2	Dial	Gaya	τ_3
	Arloji	Geser	kg/cm ²	Reading	Geser	kg/cm ²	Reading	Geser	kg/cm ²
0,00	-	0,0	0,000	-	0	0,000	0,0	0	0,000
0,25	1,1	0,528	0,016	4,3	2,064	0,064	4,8	2,304	0,072
0,50	1,3	0,624	0,019	5,1	2,448	0,076	5,3	2,544	0,079
1,0	1,5	0,720	0,022	6,2	2,976	0,093	6,6	3,168	0,099
1,5	1,1	0,528	0,016	6,5	3,120	0,097	7,9	3,792	0,118
2,0	2,1	1,008	0,031	7,2	3,456	0,107	9,3	4,464	0,139
2,5	5,2	2,496	0,078	7,5	3,600	0,112	11,2	5,376	0,167
3,0	5,8	2,784	0,087	8,0	3,840	0,119	13,1	6,288	0,196
3,5	6,0	2,880	0,090	8,6	4,128	0,128	13,8	6,624	0,206
4,0	6,3	3,024	0,094	8,8	4,224	0,131	14,7	7,056	0,219
4,5	6,8	3,264	0,102	9,0	4,320	0,134	15,2	7,296	0,227
5,0	6,8	3,264	0,102	9,1	4,368	0,136	15,5	7,440	0,231
6,0	6,9	3,312	0,103	9,5	4,560	0,142	15,8	7,584	0,236
7,0	7,0	3,360	0,105	9,6	4,608	0,143	16,1	7,728	0,240
8,0	7,0	3,360	0,105	9,9	4,752	0,148	16,1	7,728	0,240
9,0	7,0	3,360	0,105	10,2	4,896	0,152	16,0	7,680	0,239
10,0	7,0	3,360	0,105	10,4	4,992	0,155	15,9	7,632	0,237
11,0	7,1	3,408	0,106	10,2	4,896	0,152	15,8	7,584	0,236
12,0	7,1	3,408	0,106	10,0	4,800	0,149	15,5	7,440	0,231
13,0	7,1	3,408	0,106	9,8	4,704	0,146	15,2	7,296	0,227
14,0	6,8	3,264	0,102	9,5	4,560	0,142	14,8	7,104	0,221
	6,6	3,168	0,099	9,4	4,5	0,140	14,4	6,912	0,215

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)

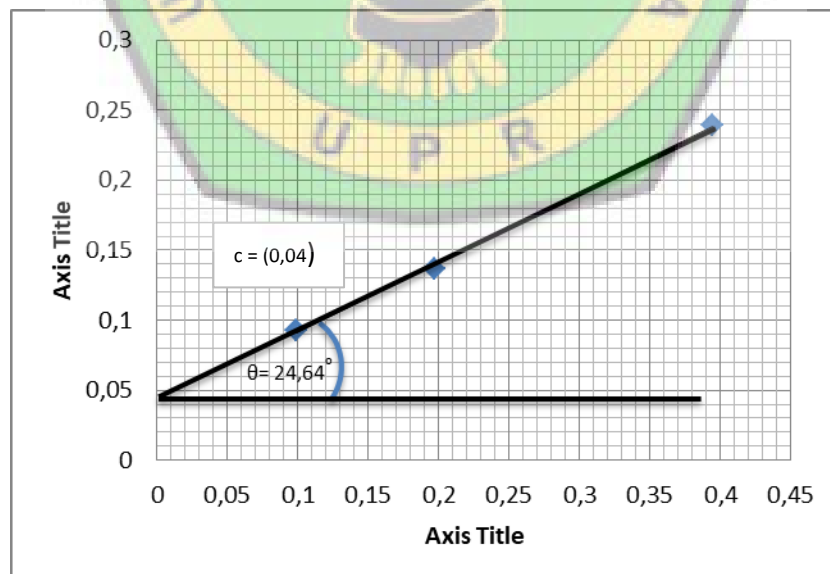


Gambar 4.9 Grafik Direct Shear kedalaman (9,5 m – 10 m)

Tabel 4.23 Pemeriksaan Direct Shear kedalaman (15 – 15,5 m)

Waktu (detik)	P1 = 3,167 kg $\sigma_1 = 0,0985 \text{ kg/cm}^2$			P2 = 6,334 kg $\sigma_2 = 0,1970 \text{ kg/cm}^2$			P3 = 12,668 kg $\sigma_3 = 0,3940 \text{ kg/cm}^2$		
	Pembacaan	Kekuatan	τ_1	Dial	Gaya	τ_2	Dial	Gaya	τ_3
	Arloji	Geser	kg/cm^2	Reading	Geser	kg/cm^2	Reading	Geser	kg/cm^2
0,00	-	0,0	0,000	-	0	0,000	0,0	0	0,000
0,25	0,2	0,096	0,003	1,0	0,480	0,015	3,1	1,488	0,046
0,50	3,2	1,536	0,048	1,4	0,672	0,021	3,7	1,776	0,055
1,0	4,0	1,920	0,060	2,3	1,104	0,034	4,1	1,968	0,061
1,5	4,6	2,208	0,069	4,7	2,256	0,070	6,4	3,072	0,096
2,0	4,8	2,304	0,072	6,1	2,928	0,091	8,7	4,176	0,130
2,5	5,5	2,640	0,082	7,1	3,408	0,106	10,2	4,896	0,152
3,0	5,9	2,832	0,088	7,5	3,600	0,112	11,5	5,520	0,172
3,5	6,0	2,880	0,090	8,3	3,984	0,124	13,2	6,336	0,197
4,0	6,1	2,928	0,091	9,0	4,320	0,134	14,1	6,768	0,211
4,5	6,2	2,976	0,093	9,0	4,320	0,134	15,1	7,248	0,225
5,0	6,2	2,976	0,093	9,0	4,320	0,134	15,2	7,296	0,227
6,0	6,2	2,976	0,093	9,0	4,320	0,134	15,5	7,440	0,231
7,0	6,2	2,976	0,093	9,2	4,416	0,137	15,9	7,632	0,237
8,0	6,0	2,880	0,090	9,2	4,416	0,137	16,1	7,728	0,240
9,0	6,0	2,880	0,090	9,2	4,416	0,137	16,0	7,680	0,239
10,0	5,8	2,784	0,087	9,2	4,416	0,137	15,9	7,632	0,237
11,0	5,4	2,592	0,081	9,0	4,320	0,134	15,8	7,584	0,236
12,0				9,0	4,320	0,134	15,6	7,488	0,233
13,0				8,6	4,128	0,128	15,3	7,344	0,228
14,0				8,5	4,080	0,127	15,0	7,200	0,224

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)

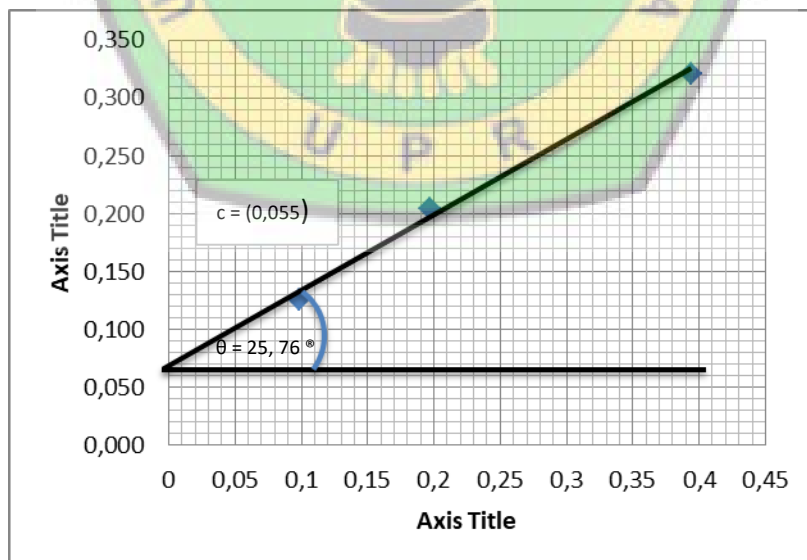


Gambar 4.10 Grafik Direct Shear kedalaman (15 m – 15,5 m)

Tabel 4.24 Pemeriksaan Direct Shear kedalaman (19,5 - 20 m)

	P1 =	3,167	kg	P2 =	6,334	kg	P3 =	12,668	kg
Waktu	$\sigma_1 =$	0,0985	kg/cm ²	$\sigma_2 =$	0,1970	kg/cm ²	$\sigma_3 =$	0,3940	kg/cm ²
(detik)	Pembacaan	Kekuatan	τ_1	Dial	Gaya	τ_2	Dial	Gaya	τ_3
	Arloji	Geser	kg/cm ²	Reading	Geser	kg/cm ²	Reading	Geser	kg/cm ²
0,00	-	0,0	0,000	-	0	0,000	0,0	0	0,000
0,25	4,2	2,016	0,063	5,7	2,736	0,085	6,4	3,072	0,096
0,50	6,0	2,880	0,090	6,3	3,024	0,094	8,2	3,936	0,122
1,0	6,8	3,264	0,102	7,1	3,408	0,106	10,1	4,848	0,151
1,5	7,1	3,408	0,106	8,6	4,128	0,128	13,4	6,432	0,200
2,0	7,5	3,600	0,112	9,2	4,416	0,137	14,0	6,720	0,209
2,5	7,8	3,744	0,116	9,5	4,560	0,142	15,0	7,200	0,224
3,0	7,9	3,792	0,118	10,0	4,800	0,149	15,5	7,440	0,231
3,5	7,9	3,792	0,118	11,5	5,520	0,172	16,0	7,680	0,239
4,0	8,0	3,840	0,119	11,8	5,664	0,176	16,2	7,776	0,242
4,5	8,0	3,840	0,119	12,1	5,808	0,181	16,5	7,920	0,246
5,0	8,0	3,840	0,119	12,1	5,808	0,181	16,5	7,920	0,246
6,0	8,0	3,840	0,119	12,1	5,808	0,181	16,5	7,920	0,246
7,0	8,0	3,840	0,119	12,0	5,760	0,179	16,4	7,872	0,245
8,0	7,9	3,792	0,118	11,9	5,712	0,178	16,1	7,728	0,240
9,0	7,9	3,792	0,118	11,8	5,664	0,176	15,9	7,632	0,237
10,0	7,9	3,792	0,118	11,5	5,520	0,172	15,6	7,488	0,233
11,0	7,5	3,600	0,112	11,3	5,424	0,169	15,4	7,392	0,230
12,0	7,5	3,600	0,112	11,0	5,280	0,164	15,0	7,200	0,224
13,0	7,3	3,504	0,109	10,5	5,040	0,157		0,000	0,000

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)



Gambar 4.11 Grafik Direct Shear kedalaman (19,5 m – 20 m)

Hasil pengujian Uji geser langsung tanah disajikan pada tabel dan lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.26 Rekapitulasi Hasil Grafik sudut geser dan nilai Kohesi di titik 1

No.	Sudut Geser Dalam (ι) ($^{\circ}$)	Kohesi(C) (kg/cm ²)
5 – 5,5 m	14,64	0,17
9 – 9,5 m	20,55	0,06
15 – 15,5 m	24,23	0,05
19,5 – 20 m	21,56	0,088
25 – 26 m	26,21	0,062

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)

Tabel 4.27 Rekapitulasi Hasil Grafik sudut geser dalam dan nilai Kohesi di titik 2

No.	Sudut Geser Dalam (ι) ($^{\circ}$)	Kohesi(C) (kg/cm ²)
5 – 5,5 m	17,13	0,185
9 – 9,5 m	22,67	0,061
15 – 15,5 m	24,64	0,04
19,5 – 20 m	25,76	0,055
25 – 26 m	26,67	0,057

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)

Pengolahan data dilakukan menggunakan analisis regresi linier untuk menentukan nilai korelasi antara N-SPT dengan Sudut geser (ϕ)

Tabel 4.28 Hasil Penelitian Korelasi N-SPT Terhadap Sudut geser (ϕ)

Kedalaman (m)	N-SPT di titik 1	N-SPT di titik 2	Sudut geser (ϕ) di titik 1	Sudut geser (ϕ) di titik 2
5 – 5,5	12	10	14,64	17,13

9,5 – 10	23	26	20,55	22,67
15 – 15,5	31	33	24,23	24,64
19 – 19,5	38	26	21,56	25,76
25 – 26	43	43	26,21	26,67

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, (2020)

Tabel 4.29 Hasil Perhitungan Manual Regresi Korelasi N-SPT Terhadap Sudut geser (ϕ) di titik 1

Kedalaman (m)	N-SPT di titik 1	Sudut geser (ϕ) di titik 1			
	(X)	(Y)	(X.Y)	(X ²)	(Y ²)
5 – 5,5	12	14,64	175,68	144	214,3296
9,5 – 10	23	20,55	472,65	529	422,3025
15 – 15,5	31	24,23	751,13	961	587,0929
19 – 19,5	38	21,56	819,28	1444	464,8336
25 – 26	43	26,21	1127,03	1849	686,9641
Σ	147	107,19	3345,77	4927	2375,523

Mencari nilai a untuk persamaan $Y = ax + b$,

$$a = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$a = \frac{5(3345,77) - (147)(107,19)}{5(4927) - (147)^2}$$

$$a = 0,3212$$

Mencari nilai b untuk persamaan $Y = ax + b$,

$$b = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{(107,19)(4927) - (147)(3345,77)}{5(4927) - (147)^2}$$

$$b = 11,9950$$

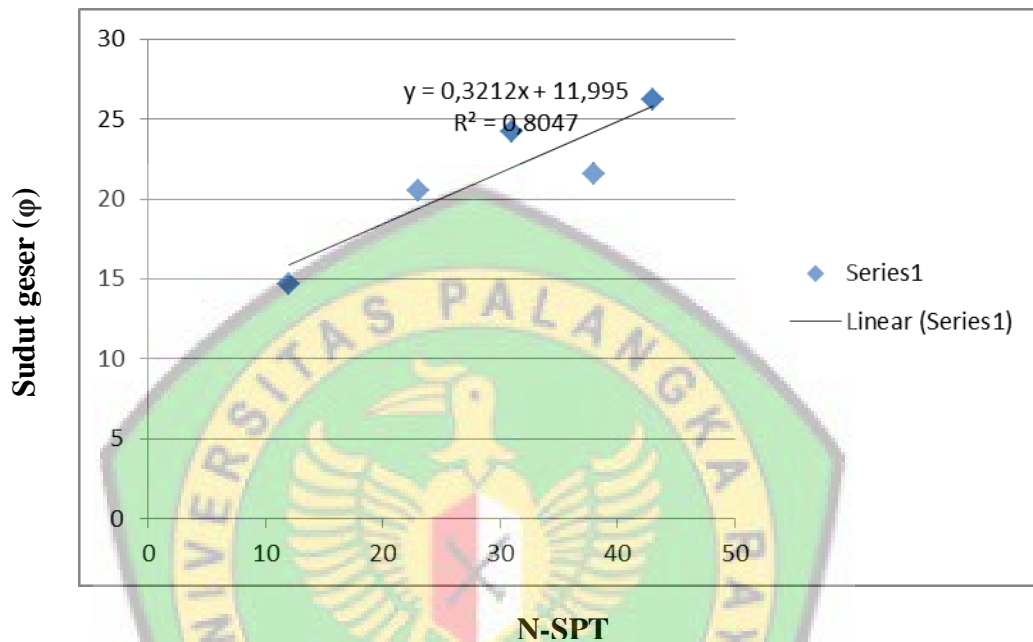
maka didapat persamaan, $Y = 0,3212x + 11,9950$

$$R = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{\{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2\}\{n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2\}}}$$

$$R = \frac{5(3345,77) - (147)(107,19)}{\sqrt{\{5.4927 - (147)^2\}\{5.2375,523 - (107,19)^2\}}}$$

$$R = 0,8971$$

$$R^2 = 0,8047$$



Gambar 4.13 Grafik Regresi Korelasi Sederhana nilai N-SPT dengan Sudut geser (φ) di titik 1

Tabel 4.30 Hasil Perhitungan Manual Regresi Korelasi N-SPT Terhadap Sudut geser (φ) di titik 2

Kedalaman (m)	N-SPT di titik 2	Sudut geser (φ) di titik 2			
	(X)	(Y)	(X.Y)	(X ²)	(Y ²)
5 – 5,5	10	17,13	171,3	100	293,4369
9,5 – 10	26	22,67	589,42	676	513,9289
15 – 15,5	33	24,64	813,12	1089	607,1296
19 – 19,5	26	25,76	669,76	676	663,5776
25 – 26	43	26,67	1146,81	1849	711,2889
Σ	138	116,87	3390,41	4390	2789,362

$$a = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$a = \frac{5(3390,41) - (138)(116,87)}{5(4390) - (138)^2}$$

$$a = 0,2835$$

$$b = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{(116,87)(4390) - (138)(3390,41)}{5(4390) - (138)^2}$$

$$b = 15,5481$$

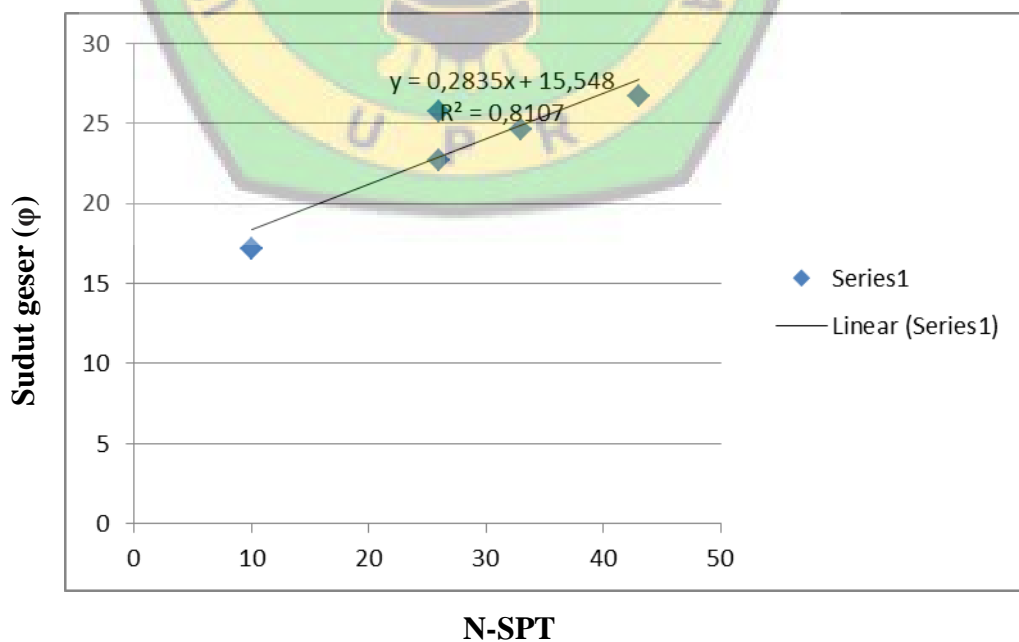
maka didapat persamaan, $Y = 0,2835x + 15,5481$

$$R = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{\{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2\}\{n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2\}}}$$

$$R = \frac{5(3390,41) - (138)(116,87)}{\sqrt{\{5.4390 - (138)^2\}\{5.2789,362 - (116,87)^2\}}}$$

$$R = 0,9004$$

$$R^2 = 0,8107$$



Gambar 4.14 Grafik Regresi Korelasi Sederhana nilai N-SPT dengan Sudut geser (φ) di titik 2

Dari grafik regresi korelasi sederhana nilai N- SPT dengan sudut geser didapatkan persamaan $Y(\text{titik 1}) = 0,2835x + 15,548$ nilai koefisien korelasi (r) = 0,90039 dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,8107, dan persamaan $Y(\text{titik 2}) = 0,3212x + 11,995$ nilai koefisien korelasi (r) = 0,89705 dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,8047

4.2.3 Klasifikasi Tanah

Tujuan untuk mengelompokkan tanah-tanah sesuai dengan perilaku umum dari tanah pada kondisi fisis tertentu. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan satu kondisi fisis tertentu bisa saja mempunyai urutan yang tidak sama jika didasarkan pada kondisi-kondisi fisis lainnya. Oleh karena itu, sejumlah sistem klasifikasi telah dikembangkan sesuai dengan maksud yang diinginkan oleh sistem itu. Sistem klasifikasi tanah yang digunakan dalam penelitian ini digunakan sistem klasifikasi *Unified*.

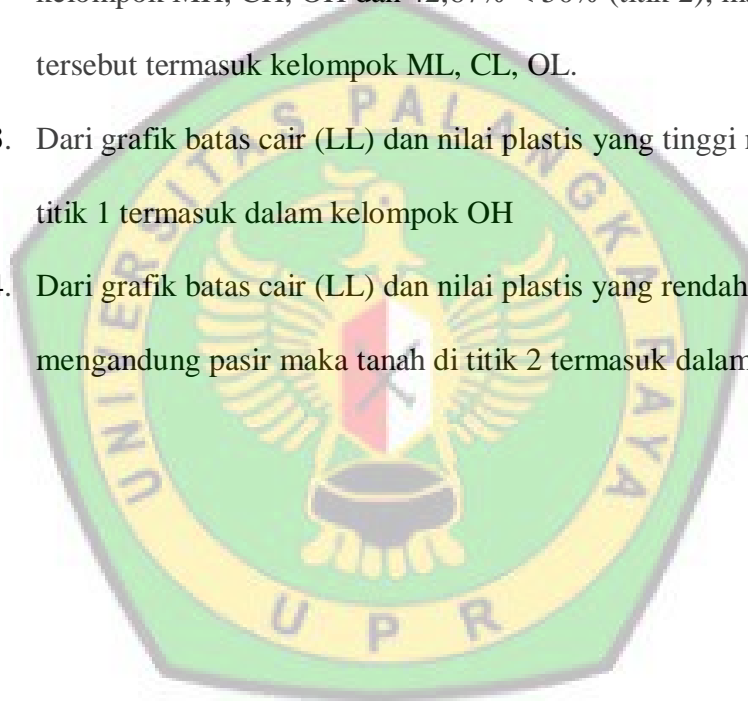
A. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

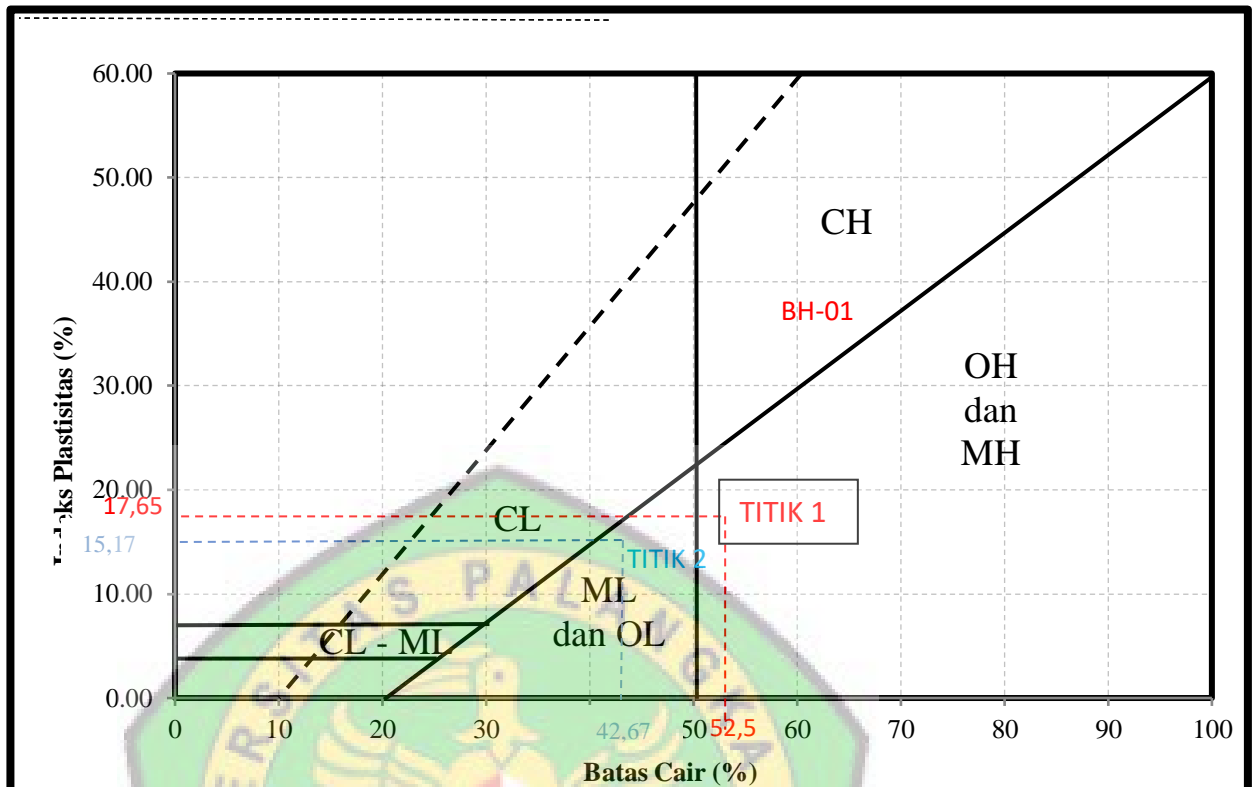
Klasifikasi tanah berdasarkan sistem unified mengikuti prosedur sebagai berikut:

- a. Klasifikasi tanah untuk jenis tanah pasir
 1. Dari hasil pemeriksaan analisis saringan, persentase material kerikil > 50% atau lebih dari fraksi kasar yang tertahan pada saringan No.4 (4,75 mm)
 2. Secara visual, pasir bersih (hanya pasir) , maka tanah tersebut termasuk dalam kelompok SP.

b. Klasifikasi tanah untuk jenis tanah lempung

1. Dari hasil pemeriksaan analisis saringan, persentase material lolos saringan No.200 (0,074 mm) adalah 62,7% > 50% (titik 1) dan 54,9% > 50% (titik 2), maka tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus
2. Dari hasil pemeriksaan batas-batas atterberg, didapat nilai batas cair (LL) rata-rata = 52,5% > 50% (titik 1), maka tanah tersebut termasuk kelompok MH, CH, OH dan 42,67% < 50% (titik 2), maka tanah tersebut termasuk kelompok ML, CL, OL.
3. Dari grafik batas cair (LL) dan nilai plastis yang tinggi maka tanah di titik 1 termasuk dalam kelompok OH
4. Dari grafik batas cair (LL) dan nilai plastis yang rendah secara visual mengandung pasir maka tanah di titik 2 termasuk dalam kelompok CL





Gambar 4.15 Grafik Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas

B. Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi tanah berdasarkan sistem AASHTO mengikuti prosedur sebagai berikut;

a. Klasifikasi tanah untuk jenis tanah pasir

Dari hasil pemeriksaan analisis saringan, persentase material lolos saringan No.40 (0,425 mm) adalah >51% dan lolos saringan No.200 (0,074 mm) adalah <10% maka tanah tersebut termasuk dalam klasifikasi A-3 dengan tipe material yang paling dominan pasir halus dan penilaian sebagai bahan tanah dasar baik.

Tabel 4.31 klasifikasi tanah berbutir menurut AASHTO di titik 1

Kedalaman	Lolos saringan No. 40	Lolos saringan No. 200	Kelompok klasifikasi
9,5 – 10 m	51,2	3,2	A3
15 – 15,5 m	68,7	4,1	A3
19,5 – 20 m	63,9	3,1	A3
25 – 26 m	72,8	3,7	A3

Tabel 4.32 klasifikasi tanah berbutir menurut AASHTO di titik 2

Kedalaman	Lolos saringan No. 40	Lolos saringan No. 200	Kelompok klasifikasi
9,5 – 10 m	72,1	2,8	A3
15 – 15,5 m	53,1	4,2	A3
19,5 – 20 m	68,6	4,6	A3
25 – 26 m	72,4	3,8	A3

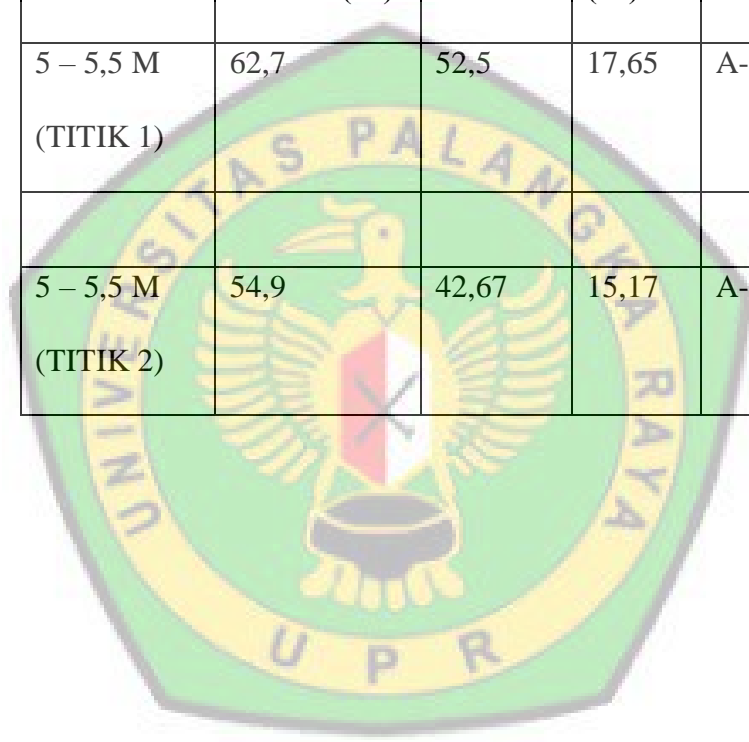
b. Klasifikasi tanah untuk jenis tanah lempung

Dari hasil pemeriksaan analisis saringan, persentase material lolos saringan No.200 (0,0075 mm) adalah > 36% dan Pemeriksaan batas-batas atterberg didapat nilai batas cair (LL) rata-rata adalah 52,50% (titik 1) dan 42,67% (di titik 2) sedangkan indeks plastisitas (PI) rata-

rata adalah 17,65% (di titik 1) dan 15,17% (di titik 2) maka tanah tersebut termasuk kelompok A-7-6 (di titik 1) dan A-7-5 (di titik 2).

Tabel 4.33 klasifikasi tanah lempung menurut AASHTO

Kedalaman	Lolos Saringan No. 200 (%)	Batas cair (%)	Indeks Plastis (%)	Kelompok Klasifikasi
5 – 5,5 M (TITIK 1)	62,7	52,5	17,65	A-7-6
5 – 5,5 M (TITIK 2)	54,9	42,67	15,17	A-7-5



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis dan karakteristik tanah menurut AASHTO:

- Dari hasil pemeriksaan batas cair untuk tanah lempung di titik 1 didapat nilai $LL = 52,5\% > 41\%$, dan nilai $PI = 17,65\%$. $PI > LL - 30$, maka didapat jenis tanah dengan tipe A-7-6.
- Dari hasil pemeriksaan batas cair untuk tanah lempung di titik 1 didapat nilai $LL = 42,67\% > 41\%$, dan nilai $PI = 15,17\%$. $PI < LL - 30$, maka didapat jenis tanah dengan tipe A-7-5.
- Dari hasil pemeriksaan analisa saringan di semua sampel tanah pasir didapat persentase material lolos saringan no. 40 $> 51\%$ dan lolos saringan 200 $< 10\%$, maka tanah tersebut termasuk kategori A3 dengan tipe pasir halus.

2. Jenis dan karakteristik tanah menurut *UNIFIED*

- Dari hasil pemeriksaan analisa saringan untuk tanah lempung di titik 1, persentase material lolos saringan No. 200 adalah $> 50\%$ dan pemeriksaan batas-batas *Atterberg* didapat nilai $LL = 52,50\% > 50\%$. Maka tanah tersebut termasuk dalam simbol OH, dengan deskripsi lempung organik dengan plastis sedang hingga tinggi.

- Dari hasil pemeriksaan analisa saringan untuk tanah lempung di titik 1, presentase material lolos saringan No. 200 adalah $> 50\%$ dan pemeriksaan batas-batas *Atterberg* didapat nilai $LL = 42,67\% < 50\%$. Maka tanah tersebut termasuk dalam symbol CL, dengan deskripsi lempung organik dengan plastis rendah hingga sedang .
 - Dari hasil pemeriksaan analisa saringan di semua sampel tanah pasir didapat presentase lolos saringan No. 4 adalah $> 50\%$, dan tanah berbutir kasar tertahan No.200 $> 50\%$. Maka tanah tersebut termasuk dalam simbol SP dengan tipe material pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil buruk, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
3. Dari grafik korelasi N-SPT terhadap berat volume didapat persamaan $y = 0,0053x + 1,4785$ dengan nilai $R^2 = 0,5587$ dan nilai $R = 0,748$ (titik 1), kemudian persamaan $y = 0,0066x + 1,4908$ dengan nilai $R^2 = 0,7169$ dan nilai $R = 0,847$ (titik 2). Hal ini menunjukkan bahwa hubungan N-SPT terhadap berat volume memiliki korelasi yang kuat dengan nilai regresi (R) mencapai $\geq 0,75$.
4. Dari grafik korelasi N-SPT terhadap sudut geser didapat persamaan $y = 0,3212x + 11,995$ dengan nilai $R^2 = 0,8047$ dan nilai $R = 0,897$ (titik 1), kemudian persamaan $y = 0,2835x + 15,548$ dengan $R^2 = 0,8107$ dan nilai $R = 0,9$ (titik 2). Hal ini menunjukkan bahwa hubungan N-SPT terhadap berat volume memiliki korelasi yang kuat dengan nilai regresi (R) mencapai $\geq 0,75$.

5.2 SARAN

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan jumlah data sampel dan titik yang lebih banyak dengan data terbaru sehingga didapat hasil perbandingan yang lebih akurat.
2. Ketelitian pada saat pengujian data baik di lapangan dan laboratorium harus diperhatikan dengan baik.
3. Dalam pengklasifikasian tanah harus dilakukan klasifikasi yang lebih rinci.



DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, Rieky, 2004, "*Korelasi Derajat Kepadatan Relatif Tanah Berbutir Kasar Terhadap Nilai N-SPT*", Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Anita, 2010, "Stabilisasi Tanah Lempung Batola Menggunakan Campuran Limbah Karbit dan Abu Batu Bara", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, *Banjarmasin*.
- Bowles, J.E, *Analisis dan Desain Pondasi* Edisi Keempat. jilid 1. Jakarta: Erlangga
- Bowles, J.E, *Analisis dan Desain Pondasi* Edisi Keempat. jilid 2. Jakarta: Erlangga
- Bowles, J.E, 1999, *Analisis dan Desain Pondasi* Edisi Revisi. jilid 2. Jakarta: Erlangga
- Bowles, J.E, 1991, *Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga
- Daya Dukung Tiang Pondasi Berdasarkan Hasil dari Beberapa Percobaan Penetrasi*. Fakultas Pasca Sarjana Studi Teknik Sipil Bidang Geoteknik Institut Teknologi Bandung, 1994/1995.
- Das, Braja M, 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Foth, Henry D. 1994, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga
- HATTI, Workshop Sertifikasi (G-1) Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia Vol.1, Jakarta.
- Oemar S., Bakrie dan Gofur, Nurly. 1995. *Sifat-sifat Tanah dan Metoda pengukurannya*. Palembang: Universitas Sriwijaya.

Su'ba, Salafuddin. 2001. *Korelasi Parameter Kuat Geser Hasil uji Vane Shear Pada Tanah Gambut di Kabupaten Pontianak*. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Terzaghi, Karl dan Peck, Ralph B. 1993. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.

Verhoef, P. N W. 1994. *Geologi Untuk Teknik Sipil*. Jakarta: Erlangga.

Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

