TUGAS AKHIR

STABILISASI TANAH
DENGAN CAMPURAN KAPUR 12,5%, 15%, DAN 17,5%
PADA JALAN TOL CISUMDAWU
DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU

Diaujukan untuk memenuhi syarat akademis dalam menyelesaikan
Pendidikan Tingkat Sarjana (Strata-1) Prodi Teknik Sipil
Fakultas Teknik – Universitas Sangga Buana (USB) - YPKP

Disusun Oleh :

Raden Andri Yogaswara
2112191119

PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANGGA BUANA (USB) - YPKP
BANDUNG
2023

LEMBAR PENGESAHAN

STABILISASI TANAH
DENGAN CAMPURAN KAPUR 12,5%, 15%, DAN 17,5%
PADA JALAN TOL CISUMDAWU
DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU

Disusun Oleh :

Raden Andri Yogaswara
2112191119

Naskah Tugas Akhir ini diperiksa dan disetujui sebagai kelengkapan persyaratan kelulusan dan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik – Universitas Sangga Buana YPKP

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing

Ir. H. Chandra Afriade, ST., MT
432.200.167

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Muhammad Syukri, ST., MT
432.200.200

SURAT PERNYATAAN KEABSAHAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini yang berjudul **"STABILISASI TANAH DENGAN CAMPURAN KAPUR 12,5%, 15%, DAN 17,5% PADA JALAN TOL CISUMDAWU DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU"** tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam Tugas Akhir ini sebagaimana disebutkan dalam Daftar Pustaka. Selain itu penulis menyatakan pula, bahwa Tugas Akhir ini dibuat oleh penulis sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka peulis bersedia dikenai sanksi/resiko sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandung,   Januari 2023

Pembuat Pernyataan

Raden Andri Yogaswara

2112191119

LEMBAR PENGESAHAN

STABILISASI TANAH
DENGAN CAMPURAN KAPUR 12,5%, 15%, DAN 17,5%
PADA JALAN TOL CISUMDAWU
DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU

Disusun Oleh :

Raden Andri Yogaswara
2112191119

Naskah Tugas Akhir ini diperiksa dan disetujui sebagai kelengkapan persyaratan kelulusan dan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik – Universitas Sangga Buana YPKP

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing

Ir. H. Chandra Afriade, ST., MT
432.200.167

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Muhammad Syukri, ST., MT
432.200.200

SURAT PERNYATAAN KEABSAHAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini yang berjudul **“STABILISASI TANAH DENGAN CAMPURAN KAPUR 12,5%, 15%, DAN 17,5% PADA JALAN TOL CISUMDAWU DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU”** tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam Tugas Akhir ini sebagaimana disebutkan dalam Daftar Pustaka. Selain itu penulis menyatakan pula, bahwa Tugas Akhir ini dibuat oleh penulis sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka peulis bersedia dikenai sanksi/resiko sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandung, Januari 2023

Pembuat Pernyataan

<u>Raden Andri Yogaswara</u>

2112191119

Halaman Hak Cipta Mahasiswa S1

STABILISASI TANAH DENGAN CAMPURAN KAPUR 12,5%, 15%, DAN 17,5% PADA JALAN TOL CISUMDAWU DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU

Oleh :

Raden Andri Yogaswara
2112191119

Naskah Tugas Akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik
Universitas Sangga Buana - YPKP

© R_Andri_Yogaswara 2023
Universitas Sangga Buana - YPKP
2023

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Tugas Akhir ini tidak boleh diperbanyak seleruhnya atau sebagian,
dengan di cetak ulang, di foto kopi atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dengan nama lengkap Raden Andri Yogaswara yang saat ini berumur 25 tahun lahir di Bandung tanggal 06 Agustus 1997, merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara, dari pasangan Bapak Tatang Supriaman dan Ibu Ika Rostika. Kakak pertama bernama Raden Indra Anggun Gemilang (30 Tahun), kakak kedua bernama Raden Rina Anggraeni O (27 Tahun). Penulis berjenis Kelamin Laki-laki dengan Status belum menikah.

Penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri Bababkan Sari, lulus tahun 2009, SMP Negeri 22 Bandung lulus tahun 2012, SMk Negeri Pekerjaan Umum Bandung, jurusan Tenik Geodesi lulus tahun 2015, dan melanjutkan ke jenjang pendidikan Strata Satu (S1) Di USBYPKP Bandung dengan jurusan Teknik Sipil.

Penulis memiliki pengalaman bekerja, mulai bekerja pada Tahun 2015-2019 di PT ADHI KARYA (persada) sebagai Surveyor ,dan 2019-sekarang Tenaga Ahli di Badan Keuangan Aset Daerah Bandung.

ABSTRAK

Di Indonesia pertumbuhan infrastruktur khususnya pembangunan konstruksi jalan tol semakin panjang dan banyak. Konstruksi jalan tol tersebut berada di atas tanah. Tanah merupakan material yang sangat berpengaruh dan berperan penting dalam suatu pekerjaan konstruksi jalan, baik untuk subgrade ataupun lapisan pondasi bawah (LPB). Sehingga diperlukan tanah yang stabil dan memiliki nilai daya dukung yang memadai dan tinggi untuk memikul beban diatasnya. Namun seperti diketahui setiap daerah memiliki karakteristik tanah yang berbeda-beda, untuk kondisi tanah yang memiliki nilai daya dukung yang rendah atau kondisi yang kurang bagus, maka untuk itu diperlukan stabilisasi dengan suatu tindakan memperbaiki beberapa sifat-sifat teknis tanah baik secara fisik, kimiawi, maupun mekanis. Material yang digunakan dalam perbaikan tanah pada umumnya yaitu tanah lempung.

Jalan tol Cisumdawu pada seksi III Sumedang – Cimalaka ditemukan beberapa segmen jalan dengan tanah-tanah lunak dan ekspansif sehingga dalam penelitian ini dilakukan stabilisasi tanah lempung dengan campuran kapur terhadap nilai kuat geser tanah dengan pengujian triaxial UU. Stabilisasi tanah dengan campuran kapur 12,5%, 15%, dan 17,5%.

Hasil pengujian Triaxial UU pada tanah asli didapat nilai c = 0,184 kg/cm^2 dan ϕ = 11.166^o. Dan untuk campuran tanah + kapur didapat peningkatan nilai kohesi tanah (c) sebesar 319,02% (12,5%), 352,17% (15%), dan 382,07% (17,5%). Sedangkan peningkatan parameter sudut geser tanah (ϕ) adalah 141,55% (12,5%), 144,34% (15%), dan 148,17% (17,5%).

Kata Kunci : stabilisasi tanah, uji triaxial UU, kapur, kohesi tanah, sudut geser tanah

ABSTRACT

In Indonesia, infrastructure growth, especially the construction of toll roads, is getting longer and more. The toll road construction is above the ground. Soil is a material that is very influential and plays an important role in a road construction work, both for subgrades and subbase layers (LPB). So that a stable soil is needed and has an adequate and high carrying capacity value to carry the load on it. However, as it is known that each region has different soil characteristics, for soil conditions that have a low carrying capacity value or conditions that are not good enough, stabilization is required by means of an action to improve some of the technical properties of the soil both physically, chemically, nor mechanical. The material used in soil improvement is generally clay.

The Cisumdawu toll road in section III Sumedang – Cimalaka found several road segments with soft and expansive soils so that in this study stabilization of clay soil with lime mixture was carried out on the shear strength value of the soil by UU triaxial testing. Soil stabilization with a mixture of 12.5%, 15% and 17.5% lime.

The results of UU Triaxial testing on native soil obtained values of c = 0.184 kg/cm2 and ¤ = 11.166o. And for the soil + lime mixture, the soil cohesion value (c) was increased by 319.02% (12.5%), 352.17% (15%), and 382.07% (17.5%). While the increase in the soil shear angle parameter (¤) was 141.55% (12.5%), 144.34% (15%), and 148.17% (17.5%).

Key Words : soil stabilization, UU Triaxial test, lime, soil cohesion, soil shear angle

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji serta syukur, terimakasih yang terbesar untuk Yang Maha Segala-Nya Allah SWT. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, para sahabat, dan para pengikutnya.

Penulis telah selesai mengerjakan Tugas Akhir yang berjudul **"STABILISASI TANAH DENGAN CAMPURAN KAPUR 12,5%, 15%, DAN 17,5% PADA JALAN TOL CISUMDAWU DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU"**. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP.

Peneliti menyadari bahwa penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan dan kelemahan, baik dalam penyajian materi maupun dalam pemberian analisis yang disebabkan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan peneliti. Oleh karena itu, peneliti sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun terhadap kesempurnaan usulan penelitian ini.

Dengan selesainya penulis menyusun Tugas Akhir, maka perkenankanlah penulis pada kesempatan ini untuk mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah S.W.T yang telah mencurahkan rahmat dan Hidayah-Nya.
2. Dr. Didin Saepudin, SE., M.Si., selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
3. Dr. Teguh Nurhadi Suharsono, ST., MT., selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.

4. Bambang Susanto, SE., M.Si., selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
5. Dr. Nurhaeni Sikki, S.A.P., M.A.P., selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
6. Slamet Risnanto, ST., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
7. Muhammad Syukri, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
8. Dony Ramdhoni, ST., MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
9. H. Chandra Afriade Siregar, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak membantu dan meluangkan waktunya.
10. Drs Rosadi, MT selaku Ketua Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
11. Dosen-Dosen dan Staff-Staff di Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, atas segala kebaikan dan bantuannya selama ini.
12. Kedua orang tua dan keluarga tercinta serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tulisan ini baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis abadikan.
13. Dan semua pihak yang telah membantu penyusun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penyusun berharap agar laporan ini dapat bermanfaat. Penyusun mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dimasa yang akan datang. Atas segala perhatiannya, penyusun mengucapkan terima kasih.

Bandung,   Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN .... **i**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT .... **ii**

HALAMAN HAK CIPTA .... **iii**

RIWAYAT HIDUP .... **iv**

ABSTRAK .... **v**

KATA PENGANTAR .... **vi**

DAFTAR ISI .... **ix**

DAFTAR GAMBAR .... **xii**

DAFTAR TABEL .... **xiii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian 3

1.4. Batasan Masalah 3

1.5. Ruang Lingkup Penelitian 4

1.6. Sistematika Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**

2.1 Tanah 6

2.1.1 Definisi Tanah 6

2.1.2 Jenis-Jenis Tanah 7

2.1.3 Sifat-Sifat Fisik Tanah 9

2.1.4 Klasifikasi Tanah 21
2.2 Kapur 27
2.2.1 Klasifikasi Batu Kapur 27
2.2.2 Jenis-Jenis Batu Kapur Sebagai Bahan Bangunan 30
2.2.3 Manfaat Batu Kapur 30
2.3 Stabilisasi Tanah 31
2.4 Pengujian Index Properties Tanah 32
2.4.1 Pengujian Berat Isi Tanah 33
2.4.2 Pengujian Kadar Air 33
2.4.3 Pengujian Berat Jenis Butir Tanah 33
2.4.4 Pengujian Batas-Batas Atterberg 35
2.4.5 Pengujian Analisa Ukuran Butir 37
2.5 Pemadatan 38
2.6 Pengujian Triaxial 47
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 49
3.1 Bagan Alir Penelitian 49
3.2 Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel 50
3.3 Pengambilan Sampel Tanah 51
3.4 Pengujian Sifat Fisik Tanah 52
3.4.1 Pengujian Berat Isi 52
3.4.2 Pengujian Kadar Air Tanah 53
3.4.3 Berat Jenis Butir Tanah 54
3.4.4 Batas-Batas Atterberg 57
3.4.5 Analisa Saringan dan Hidrometer 63

3.5 Uji Pemadatan Standar Proctor Metode A 67

3.6 Pengujian Uji Triaxial UU.. 69

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN 73

4.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah.. 73

4.1.1 Uji Berat Isi Tanah 73

4.1.2 Uji Kadar Air Tanah 73

4.1.3 Uji Berat Jenis Tanah... 74

4.1.4 Uji Atterberg Limit... 75

4.1.5 Uji Analisa Distribusi Butiran Tanah 76

4.2 Uji Pemadatan (*Standard Method Proctor A*) 78

4.3 Uji Triaxial UU (*Triaxial Unconsolidated Undrained Test*)........ 81

4.3.1 Uji Triaxial UU Penelitian Terdahulu 81

4.3.2 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 12,5% Kapur....................... 82

4.3.3 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 15% Kapur.......................... 83

4.3.4 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 17,5% Kapur....................... 84

4.8 Rekapitulasi Hasil Uji Triaxial UU... 85

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 87

5.1 Kesimpulan 87

5.2 Saran... 88

DAFTAR PUSTAKA... 90

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Diagram Fase Tanah 6

Gambar 2.2 Segitiga Tekstur Tanah 11

Gambar 2.3 Munsell Soil Colour Chart 14

Gambar 2.4 Nilai Optimum Air... 40

Gambar 2.5 Cetakan, Silinder Penyambung dan Alat Penumbuk..................... 42

Gambar 2.6 Saringan ASTM... 42

Gambar 2.7 Timbangan Ketelitian 0,01 Gram 42

Gambar 2.8 Oven... 43

Gambar 2.9 Tahapan Penumbukan Compaction Test 45

Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian... 49

Gambar 3.2 Drone Lokasi Pengambilan Lokasi Sampel Tanah 50

Gambar 3.3 Titik Pengambilan Sampel Tanah 51

Gambar 4.1 Grafik Distribusi Butiran Tanah.. 77

Gambar 4.2 Grafik Uji Pemadatan Standar Proctor Metode A......................... 80

Gambar 4.3 Grafik Peningkatan Nilai c (Kohesi Tanah)................................. 85

Gambar 4.4 Grafik Peningkatan Nilai ϕ (Sudut Geser Dalam Tanah) 86

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Tekstur Tanah 10

Tabel 2.2 Proporsi Fraksi Menurut Kelas Tekstur Tanah................................ 11

Tabel 2.3 Berat Isi Tanah dari Berbagai Tekstur 16

Tabel 2.4 Klasifikasi Infiltrasi Tanah 18

Tabel 2.5 Nilai Permeabilitas Berdasarkan Jenis Tanah.................................. 19

Tabel 2.6 Sistem Klasifikasi berdasarkan USCS 24

Tabel 2.7 Sistem Klasifikasi berdasarkan AASHTO 26

Tabel 2.8 Tipe Tanah dan Nilai Gs... 34

Tabel 2.9 Nilai α.. 34

Tabel 2.10 Spesifikasi Uji Pemadatan ASTM dan AASHTO 41

Tabel 2.11 Parameter Kuat Geser yang Didapat dari Hasil Uji Trialxial 47

Tabel 3.1 Tipe Tanah dan Nilai Gs... 46

Tabel 3.2 Nilai Korelasi α.. 49

Tabel 4.1 Berat Isi Tanah Kondisi Asli 73

Tabel 4.2 Pengujian Kadar Air Tanah 74

Tabel 4.3 Berat Jensi Tanah (*Spesific Gravity/Gs*).. 74

Tabel 4.4 Uji Batas Atterberg.. 75

Tabel 4.5 Uji Saringan 76

Tabel 4.6 Uji Hidrometer 77

Tabel 4.7 Kadar Air Pengujian Standar Proctor Metode A 79

Tabel 4.8 Uji Pemadatan Standar Proctor Metode A.. 79

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Triaxial UU Terdahulu... 81

Tabel 4.10 Pengujian Triaxial UU Tanah Ali + 12,5% Kapur.......................... 82

Tabel 4.11 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli + 15% Kapur........................... 83

Tabel 4.12 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli + 17,5% Kapur........................ 84

Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Triaxial UU 85

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia pertumbuhan infrastruktur khususnya pembangunan konstruksi jalan tol semakin panjang dan banyak. Konstruksi jalan tol tersebut berada di atas tanah. Tanah merupakan material yang sangat berpengaruh dan berperan penting dalam suatu pekerjaan konstruksi jalan, baik untuk subgrade ataupun lapisan pondasi bawah (LPB). Sehingga diperlukan tanah yang stabil dan memiliki nilai daya dukung yang memadai dan tinggi untuk memikul beban diatasnya. Namun seperti diketahui setiap daerah memiliki karakteristik tanah yang berbeda-beda, untuk kondisi tanah yang memiliki nilai daya dukung yang rendah atau kondisi yang kurang bagus, maka untuk itu diperlukan stabilisasi dengan suatu tindakan memperbaiki beberapa sifat-sifat teknis tanah baik secara fisik, kimiawi, maupun mekanis. Material yang digunakan dalam perbaikan tanah pada umumnya yaitu tanah lempung.

Tanah lempung ini sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (clay minerals), dan mineral-mineral yang sangat halus lain (Das, 1994) sehingga sangat cocok untuk dijadikan tanah timbunan.Salah satu upaya stabilisasi tanah adalah dengan penggunaan zat aditif.

Zat aditif yang sering digunakan adalah abu terbang (fly ash), semen, kapur, serbuk gypsum, dan abu sekam padi.

Pembangunan infrastruktur jalan tol Cisumdawu merupakan salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN). Pembangunan jalan tol Cisumdawu dengan panjang keluruhan 60,27 km yang terdiri dari enam seksi. Pemerintah mengerjakan dua seksi yaitu seksi I Cileunyi – Rancakalong sepanjang 12,025 km dan seksi II Rancakalong – Sumedang sepanjang 17,35 km. Pembangunan sisanya dikerjakan oleh investor yang bergabung dalam Badan Usaha Jalan Tol (BUJT) yaitu seksi III Sumedang – Cimalaka (3,75 km), seksi IV Cimalaka – Legok (7,2 km), seksi V Legok – Ujung Jaya (15,9 km)s dan seksi VI Ujung Jaya – Dawuan (4,048 km).

Dalam seksi III Sumedang – Cimalaka ditemukan beberapa segmen jalan dengan tanah-tanah lunak dan ekspansif sehingga dalam penelitian ini dilakukan stabilitas tanah lempung dengan campuran kapur terhadap nilai kuat geser tanah dengan pengujian triaxial kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri (*Triaxial Test Unconsolidated Undrained*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini mengenai adalah :

1. Berapa nilai parameter sifat-sifat fisik dan mekanis dari sampel tanah asli yang digunakan di lokasi studi ?

2. Berapa nilai kuat geser tanah asli dan tanah yang distabilisasi dengan campuran kapur ?
3. Berapa besar pengaruh stabilisasi tanah dengan campuran kapur terhadap nilai kuat geser tanah ?

1.3 Maksud Dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh campuran kapur dalam proses stabilisasi tanah terhadap nilai kuat geser tanah.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tentang :

1. Nilai parameter sifat-sifat fisik dan mekanis tanah di lokasi studi.
2. Nilai kuat geser tanah asli dan tanah yang distabilisasi dengan kapur.
3. Besar peningkatan kuat geser tanah yang distabilisasi dengan campuran kapur.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah yang akan dibahas meliputi:

1. Lokasi sampel tanah yang digunakan adalah tanah yang berasal dari jalan tol Cisumdawu pada seksi 3 Sumedang – Cimalaka, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat.
2. Campuran kapur yang digunakan 12,5%, 15%, dan 17,5%.
3. Pengujian sifat fisik yang di lakukan di laboratorium antara lain :
   a. Pengujian kadar air
   b. Pengujian berat volume
   c. Pengujian berat jenis

d. Pengujian analisis saringan

e. Pengujian hydrometer

4. Uji Triaxial kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri (*Triaxial Test Unconsolidated Undrained*) untuk sampel tanah asli dan sampel tanah + campuran kapur.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Dirjen Bina Marga. Kementrian PUPR, dengan uji-uji sebagai berikut :

a. Mempersiapkan pengujian sifat-sifat fisik, seperti : kadar air, berat volume, berat jenis, analisis saringan, hidrometer.

b. Pengujian Triaxial kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri (*Triaxial Test Unconsolidated Undrained*) untuk tanah asli.

c. Pengujian Triaxial kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri (*Triaxial Test Unconsolidated Undrained*) untuk tanah dengan campuran kapur (lime stone) 12,5%, 15%, dan 17,5% dari berat tanah sampel.

1.6 Sistematika Penulisan

Tahapan-tahapan penyusunan laporan Tugas Akhir terdiri dari 5 bab, dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I **Pendahuluan,** memuat tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, ruang lingkup penelitian, , dan sistematika penulisan.

BAB II Kajian Pustaka, memuat secara sistematis tentang teori, landaran pemikiran, dan proses stabilisasi dan hal-hal lain yang ada hubungannya dengan maksud dan tujuan dalam penelitian ini. Bagian ini akan memberikan kerangka dasar yang menyeluruh mengenai konsep yang digunakan dalam penelitian.

BAB III Metodologi Penelitian, menjelaskan lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian, metode analisanya secara terperinci, dan tahapan penelitian. Tahapan penelitian meliputi kerangka penulisan yang terdiri dari metode pengumpulan data-data baik primer maupun sekunder yang digunakan, analisa dan evaluasi data serta permasalahan yang timbul.

BAB IV Analisa dan Pembahasan, menjelaskan tentang hasil-hasil dari pengujian, perhitungan, analisis, dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan penulis.

BAB V Kesimpulan dan Saran, memuat tentang kesimpulan dan saran dari penulis dari hasil penelitian yang dilakukan penulis.

BAB II

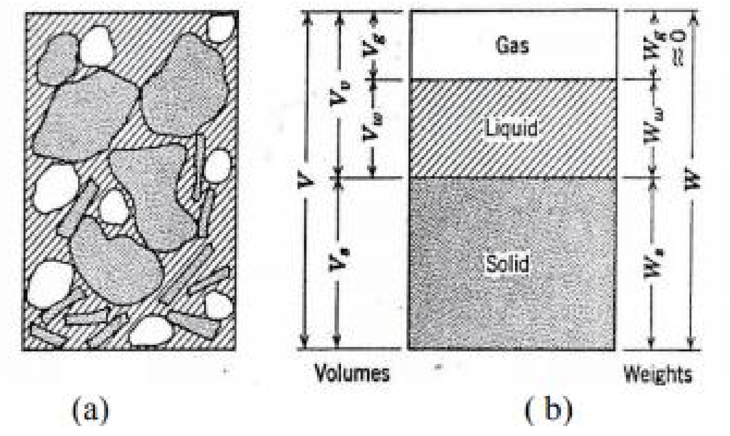
KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1 Definisi Tanah

Menurut Jacop S Joffe (1949) dalam Ariyanto (2009) Tanah adalah bangunan alam yang tersusun atas horison-horison yang terdiri atas bahan yg berbeda-beda dan dapat dibedakan dari bahan-bahan yang ada di bawahnya dalam hal morfologi, sifat dan susunan fisik, kimia dan biologinya, serta unsur fisika, kimia, biologi, serta morfologi yang dilibatkan.

Menurut Terzaghi, “tanah terdiri dari butiran-butiran hasil pelapukan massa batuan massive, dimana ukuran tiap butirnya dapat sebesar kerikil, pasir, lanau, lempung dan kontak antar butir tidak tersementasi termasuk bahan organik”.Tanah terdiri dari 3(tiga) fase elemen yaitu: butiran padat (solid), air dan udara.Dalam tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian, yaitubagian padat atau butiran dan air pori. Bagian-bagian tanah dapat digambarkan dalam bentuk diagram fase.



Gambar 2.1 Diagram Fase Tanah

2.1.2 Jenis-jenis Tanah

Jenis-jenis tanah berdasarkan terbentukya adalah sebagai berikut:

1. Tanah aluvial

Tanah alluvial merupakan tanah yang berasal dari sedimen lumpur yang dibawa oleh air sungai. Tanah ini merupakan hasil erosi yang kemudian diendapkan bersama dengan lumpur sungai. Ciri khas dari tanah alluvial adalah memiliki warna yang kelabu dan sifatnya subur.

2. Tanah vulkanis

Tanah vulkanis merupakan tanah yang berasal dari abu gunung api atau vulkanis atau material letusan gunung api yang sudah mengalami pelapukan. Tanah vulkanis mengandung banyak unsur hara sehingga sifatnya sangat subur.

Tanah vulaknis dapat dibedakan dalam dua kelompok, yakni tanah regosol dan latosol. Ciri tanah regosol adalah tanah vulkanis yang mempunyai butir kasar, berwarna kelabu sampai kuning serta mengandung bahan organik yang sedikit.

Sedangkan tanah latosol adalah tanah vulkanis yang memiliki ciri khas dari warnanya yang merah hingga kuning dan mengandung bahan organik sedang dengan sifat yang asam.

3. Tanah humus (bunga tanah)

Tanah humus adalah jenis tanah yang muncul akibat tumbuh-tumbuhan yang membusuk. Berbagai tumbuhan yang membusuk ini membuat tanah humus mengandung unsur hara yang tinggi. Tanah humus juga sering digolongkan dalam kategori tanah organosol atau yang berasal dari bahan organik. Hanya saja, pembusukan dari bahan organik ini terjadi secara sempurna sehingga sifatnya menjadi sangat subur.

4. Tanah organosol (tanah gambut)

Tanah organosol juga sering dikenal dengan sebutan tanah gambut. Tanah ini terbentuk dari proses pelapukan bahan -bahan organik, seperti dari sisa pembusukan tanaman rawa.

5. Tanah podzolik merah kuning

Tanah Podzolik merupakan tanah yang proses pembentukannya dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi serta suhu yang rendah. Ciri khas tanah podzolik adalah kandungan unsur haranya yang sedikit, bersifat basa jika terkena air, mengandung kuarsa, bersifat tidak subur serta memiliki warna merah sampai kuning.

6. Tanah kapur

Tanah kapur bersifat tidak subur. Tanah kapur dibagi dalam dua kelompok, yakni tanah renzina dan tanah mediteran.

Tanah Renzina merupakan jenis tanah kapur yang berasal dari hasil proses pelapukan batuan kapur yang terjadi di daerah dengan curah hujan tinggi. Karenanya, tanah ini memiliki ciri khas warna hitam dan miskin zat hara.

Sedangkan tanah mediteran merupakan jenis tanah kapur yang terjadi dari hasil proses pelapukan batuan kapur keras dan batuan sedimen. Warna tanah mediteran kemerahan sampai coklat dan memiliki sifat kurang subur.

7. Tanah pasir

Tanah pasir merupakan tanah yang hanya memiliki kadar air sangat sedikit dan sangat miskin unsur hara. Tanah pasir berasal dari batuan pasir yang telah melapuk.

8. Tanah laterit

Tanah laterit merupakan jenis tanah yang sifatnya tidak subur, atau bahkan dapat dikatakan sudah hilang kesuburannya. Ini karena dalam tanah laterit, banyak terkandung zat besi dan alumunium. Kandungan unsur hara dalam tanah ini sudah hilang karena terlarut oleh curah hujan yang tinggi.

Tanah laterit juga bersifat kering dan tandus. Warna tanah ini kekuningan sampai merah sehingga tanah laterit juga sering disebut sebagai tanah merah.

9. Tanah Litosol

Tanah litosol merupakan jenis tanah yang terbentuk dari proses pelapukan batuan beku dan sedimen. Tanah litosol memiliki ciri khas butiran kasar berupa kerikil.

2.1.3 Sifat-sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah terbentuk akibat proses degradasi mineral batuan oleh asam-asam organik-anorganik. Degradasi mineral batuan merupakan proses perubahan permukaan bumi karena terjadi penyingkiran mineral batuan oleh proses fisika,kimia, dan biologi. Proses ini termasuk dalam proses eksogenik yang terdiri dari pelapukan, erosi, dan pergerakan massa. Pelapukan berperan menyediakan bahan mentah tanah. erosi berpengaruh dominan menghilangkan tanah yang telah terbentuk, serta pergerakan massa mampu menjalankan fungsi pelapukan dan erosi.

1. Tekstur Tanah

Tekstur tanah merupakan gambaran tingkat kekasaran atau kehalusan bahan mineral yang menyusun tanah.Tekstur tanah ditentukan oleh proporsi tiga jenis partikel tanah,yaitu pasir,debu/endapan lumpur,dan lempung/liat.pembagian ini berdasarkan ukuran partikel ketiga jenis tanah tersebut.Pasir memiliki ukuran partikel paling besar sedangkan lempung memiliki ukuran partikel paling kecil. Tekstur tanah sangat menentukan kualitas tanah terutama dalam dalam hal kemampuannya menahan air. Tekstur tanah merupakan gambaran tingkat kekasaran atau kehalusan bahan mineral yang menyusun tanah.Tekstur tanah ditentukan 3 jenis partikel tanah yaitu:

a. Pasir
b. Debu/endapan lumpur
c. Lempung/liat

Tekstur merupakan sifat kasar-halusnya tanah dalam percobaan yang ditentukan oleh perbandingan banyaknya zarah-zarah tunggal tanah dari berbagai kelompok ukuran, terutama perbandingan antara fraksi-fraksi lempung, debu, dan pasir berukuran 2 mm ke bawah (Notohadiprawito, 1978).

Tekstur tanah menunjukkan perbandingan kasar-halusnya suatu tanah, yaitu perbandingan pasir, liat, debu serta pertikel-partikel yang ukurannya lebih kecil daripada kerikil. Partikel-partikel tersebut dapat berupa bahan-bahan induk yang belum terurai sempurn..

Tekstur merupakan sifat yang sangat penting karna berpengaruh pada sifat–sifat kimia, fisik dan biologi tanah. Tanah secara garis besar dapat dibagi menjadi 2 kelas yaitu tanah bertekstur kasar dan tanah bertekstur halus.

Tanah bertekstur halus (dominant liat) memiliki permukaan yang lebih halus dibanding dengan tanah bertekstur kasar (dominan pasir). Sehingga tanah-tanah yang bertekstur halus memiliki kapasitas adsorpsi unsur-unsur hara yang lebih besar.

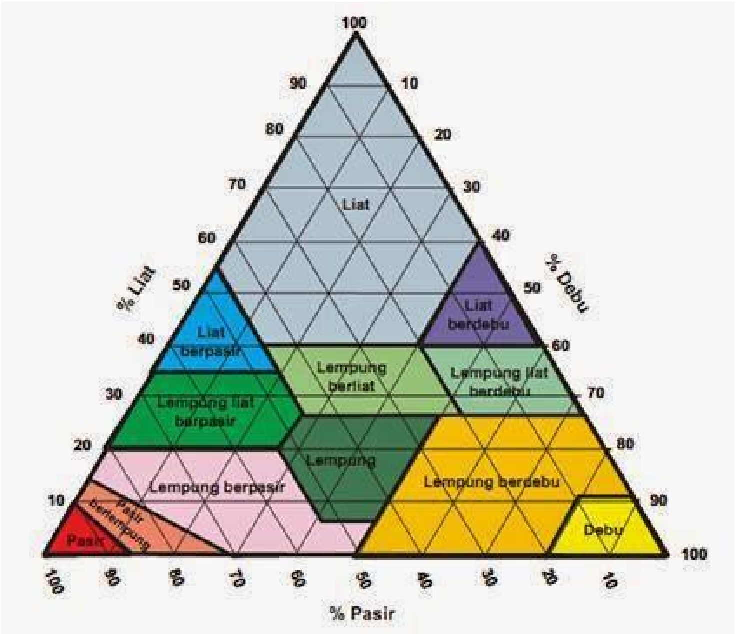
Tanah bertekstur kasar lebih porus dan laju infiltrasinya lebih cepat. Walaupun demikian tanah bertekstur halus memiliki kapasitas memegang air lebih besar dari pada tanah pasir karna memiliki permukaan yang lebih luas. Tanah-tanah berliat memiliki persentase porus yang lebih banyak yang berfungsi dalam retensi air (water retension). Tanah-tanah bertekstur kasar memiliki makro porus yang lebih banyak, yang berfungsi dalam pergerakan udara dan air.

Badan Pertanahan Nasional mendefinisikan bahwa tekstur tanah adalah keadaan tingkat kehalusan tanah yang terjadi karena terdapatnya perbedaan komposisi kandungan fraksi pasir, debu dan liat yang terkandung pada tanah. Dari ketiga jenis fraksi tersebut partikel pasir mempunyai ukuran diameter paling besar yaitu 2 – 0.05 mm, debu dengan ukuran 0.05 – 0.002 mm dan liat dengan ukuran < 0.002 mm.

Ukuran Fraksi-Fraksi Tanah (Tekstur) Menurut Sistem Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) Tahun 1938.

Tabel 2.1 Tekstur Tanah (Saefudin, 1989)

Partikel	Diameter Fraksi (mm)
Pasir Sangat Kasar (Very coarse Sand)	2,00 - 1,00
Pasir Kasar	1,00 - 0,50
Pasir Sedang (Coarse Sand)	0,5 - 0,25
Pasir Halus (Fine Sand)	0,25 - 0,10
Pasir Sangat Halus (Very Fine Sand)	0,10 - 0,05
Debu (Silt)	0,05 - 0,002
Liat (Clay)	Kurang dari 0,002



Sumber : Agroteknologiumpar

Gambar 2.2 Segitiga Tekstur Tanah

Tabel 2.2 Proporsi Fraksi menurut Kelas Tekstur Tanah

Nama	**Kandungan Fraksi (%)**		
	Pasir (Sand)	**Debu (Silt)**	**Liat (Clay)**
Pasir (Sandy)	87 – 100	0 -13	0 - 10
Pasir Berlempung (Loam Sand)	70 -87	0 - 30	0 15
Lampung Berpasir (Loam)	43 – 85	0-50	0-20
Lempung Liat Berpasir (Sandy Clay Loam)	45 – 80	0 - 28	20 – 25
Liat Berpasir (Sandy Clay)	45 – 65	0 - 20	35 – 55
Lempung (Loam)	23 – 52	28 - 50	7 – 27
Lempung Berliat (Clay Loam)	20 – 45	15 - 52	27 -40
Liat (Clay)	0 – 45	0 -40	40 -100
Liat Berdebu (Silty Clay)	0 – 20	40 - 60	40 – 60

Lempung Liat Berdebu (Silty Clay Loam)	0 – 20	40 -73	27-40
Lempung Berdebu (Silty Loam)	0 -50	50-88	0-27
Debu (Silty)	0-20	80-100	0-12

Untuk menentukan rentang ukuran partikel tanah yang biasanya dinyatakan dalam prosentase dari berat kering total dilakukan analisis secara mekanis (mechanical analysis). Ada dua metode yang umum digunakan untuk memberikan informasi ukuran partikel tanah, yaitu : (1) analisis saringan (sieving analysis), dan (2) analisis pengendapan (sedimentation atau hydrometer analysis). Analisis saringan biasanya digunakan untuk tanah berbutir kasar, sedangkan prosedur pengendapan digunakan untuk analisis tanah berbutir halus.

Tekstur tanah di lapangan dapat dibedakan dengan cara manual yaitu dengan memijit tanah basah di antara jari jempol dengan jari telunjuk, sambil dirasakan halus kasarnya yang meliputi rasa keberadaan butir-butir pasir, debu dan liat, dengan cara sebagai berikut:

- Pasir (sandy) => Pasir mempunyai ukuran >2mm dan bersifat kasar dan tidak lekat. Pasir mengikat sedikit air karena pori-porinya besar sehingga banyak air yang keluar dari tanah akibat gaya gravitasi.
- Pasir berlempung (loam sandy) => Tanah pasir berlempung ini memiliki terkstur yang kasar. Pasir berlempung ini akan membentuk bola yang mudah hancur karena daya ikat pada partikel-partikel di pasir berlempung tidak kuat. Dan juga akan sedikit sekali lengket karena memang kandungan lempungnya yang sedikit.
- Lempung berpasir (Sandy loam) => Rsa kasar pada tanah lempung berpasir akan terasa agak jelas dan juga akan membentuk bola yang agak keras tetapi akan mudah hancur.

- Lempung (Loam) => Lempung tidak terasa kasar dan juga tidak terasa licin. Dapat membentuk bola yang agak teguh dan dapat sedikit digulung dengan permukaan yang mengkilat. Selain itu, lempung juga dapat melekat.
- Lempung liat berpasir (Sandy-clay-loam) => Lempung liat berpasir terasa agak jelas. Dapat membentuk bola agak teguh bila kering dan juga dapat membentuk gulungan jika dipilin dan gulungan akan mudah hancur serta dapat melekat.
- Lempung liat berdebu (sandy-silt-loam) => Lempung liat berdebu memiliki rasa licin yang jelas. Dapat membentuk bola teguh dan gulungan yang mengkilat serta dapat melekat.
- Lempung berliat (clay loam) => Lempung berliat akan terasa agak kasar. Dapat membentuk bola agak teguh bila kering dan membentuk gumpalan bila dipilin tetapi pilinan mudah hancur. Daya lekatnya sedang.
- Lempung berdebu (Silty Loam) => Lempung berdebu akan terasa agak licin. Dapat membentuk bola yang agak teguh dan dapat melekat.
- Debu (Silt) => Debu akan terasa licin sekali. Dapt membentuk bola yang teguh dan dapat sedikit digulung dengan permukaan yang mengkilap serta terasa agak lekat.
- Liat berpasir (Sandy-clay) => Liat berpasir akan terasa licin tetapi agak kasar. Dapat membentuk bola dalam keadaan kering. Akan sukar untuk dipijit tetapi mudah digulung serta memilliki daya lekat yang tinggi (melekat sekali).
- Liat berdebu (Silty-clay) => Liat berdebu akan terasa agak licin. Dapat membentuk bola dalam keadaan kering. Akan sukar dipijit tetapi mudah digulung serta memiliki daya lekat yang tinggi (melekat sekali).
- Liat (clay) => Liat akan terasa berat, dapat membentuk bola yang baik. Serta memiliki daya lekat yang tinggi (melekat sekali).

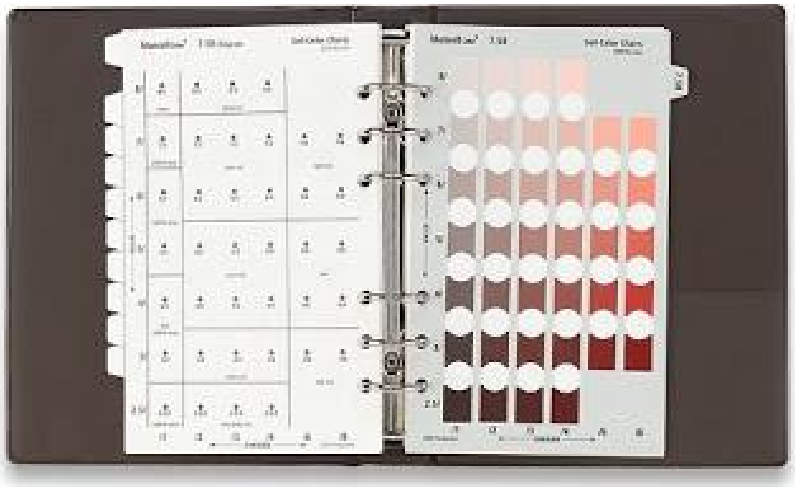
Klasifikasi tekstur tanah terdiri dari:

1. Tekstur Kasar : Jika terdapat >70% pasir dalam tanah.
2. Tekstur Halus : Jika liat didalam tanah >37,5%.

3. Tekstur Sedang : terdiri dari tekstur sedang kearah halus, tekstur sedang kearah kasar, dan tekstur apabila terasa sedang.

2. Warna Tanah

Warna tanah dengan akurat dapat diukur dengan tiga sifat-sifat prinsip warnanya. Dalam menentukan warna cahaya dapat juga menggunakan *Munsell Soil Colour Chart* sebagai pembeda warna tersebut. Penentuan ini meliputi penentuan warna dasar atau matrik, warna karatan atau kohesi dan humus. Warna tanah penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kandungan bahan organik yang terdapat di dalam tanah tersebut,iklim drainase tanah dan juga mineralogi tanah (Thomson dan Troen,1978)



Gambar 2.3 Munsell Soil Colour Chart

Warna tanah dicatat dengan menggunakan notasi dalam buku.

3. Struktur Tanah

Menurut Notohadiprawiro (1999) struktur tanah merupakan susunan keruangan yang membentuk pola keruangan. Sedangkan menurut Hillel (1980), struktur tanah merupakan penyusunan dan organisasi partikel dalam tanah. Tiga hal penting yang harus diperhatikan dalam struktur, yaitu : partikel tanah, ruang pori, dan bahan penyemen. Hillel (1980) membagi struktur tanah menjadi tiga bentuk, yaitu:

1. Butir tunggal jika partikel tanah tidak saling terikat atau lepas

2. Masif jika partikel tanah terikat kuat pada suatu massa tanah kohesif yang besar
3. Agregat (ped) jika partikel tanah terikat tidak terlalu kuat satu sama lain.

Menurut Buol dkk., (1980) menyatakan bahwa struktur tanah memiliki sembilan bentuk, yaitu :

1. Bentuk tunggal (loose),
2. Pejal (massive),
3. Lempeng (platy),
4. Prisma (prismatic),
5. Tiang (columnar),
6. Gumpal bersudut (angular blocky),
7. Gumpal (sub angular blocky),
8. Granular (granular),
9. Remah (crub).

4. Kadar Air Tanah

Banyaknya kandungan air dalam tanah berhubungan erat dengan besarnya tegangan air dalam tanah tersebut. Besarnya tegangan air menunjukkan besarnya tenaga yang diperlukan untuk menahan air tersebut dalam tanah. Air dapat menyerap atau ditahan oleh tanah karena adanya gaya-gaya adhesi, kohesi dan gravitasi, karena air higroskopik dan air kapiler (Hardjowigeno,2003).

Menurut Indranada 1994, faktor-faktor yang mempengaruhi kadar air tanah terdiri dari:

a. Kadar Bahan Organik
b. Kedalaman Solum
c. Iklim dan Tumbuhan
d. Senyawa Kimiawi
e. Tekstur Tanah
f. Struktur Tanah, Permeabilitas, dan Pori tanah

5. Bulk Density

Bulk density merupakan petunjuk kepadatan tanah. Semakin padat suatu tanah makin tinggi bulk Density, yang berarti makin sulit meneruskan air atau ditembus akar tanaman. Tanah yang lebih padat memilki bulk density yang lebih besar dari tanah yang sama tetapi kurang padat. Pada umumnya tanah lapisan atas pada tanah mineral mempunyai bulk density yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah dibawahnya. Nilai bulk density tanah mineral berkisar 1-0,7 gr/cm3, sedangkan tanah organic umumnya memiliki BD antara 0,1-0,9 gram/cm3. (Hardjowigeno,2003)

Bulk density merupakan berat suatu massa tanah per satuan volume tertentu. Volume tanah adalah volume kepadatan tanah termasuk pori-pori tanah.

Tabel 2.3 Berat Isi Tanah Dari Berbagai Tekstur

Kelas Tekstur	Berat Isi	Porositas
Pasir	1.55	42
Lempung berpasir	1.40	48
Lempung berpasir halus	1.30	51
Lempung	1.20	55
Lempung berdebu	1.15	56
Lempung berliat	1.10	59
Liat	1.05	60
Liat beragregat	1.00	62

Sumber : Pairunan et al, 1985.

Kerapatan Butir Tanah menyatakan berat butir-butir padat tanah yang terkandung di dalam tanah. Menghitung kerapatan butir tanah, berarti menentukan kerapatan partikel tanah dimana pertimbangan hanya diberikan untuk partikel yang solid. Oleh karena itu kerapatan partikel setiap tanah merupakan suatu tetapan dan tidak bervariasi menurut jumlah ruang partikel. Untuk kebanyakan tanah mineral kerapatan partikelnya rata–rata sekitar 2, 6 gram/cm3. Kandungan bahan organic di dalam tanah sangat mempengaruhi kerapatan butir tanah, akibatnya tanah permukaan biasanya kerapatan butirnya lebih kecil dari subsoil. Walau demikian kerapatan butir tanah

tidak berbeda banyak pada tanah yang berbeda, jika tidak, akan terdapat suatu variasi yang harus mempertimbangkan kandungan tanah organik atau komposisi mineral (Foth, 1995).

6. Ruang Pori Total

Ruang pori merupakan bagian volume tanah yang ditempati oleh air dan udara, keseimbangan antara udara dan air yang menempati ruang pori ditentukan oleh ukuran pori.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi % pori

- Kandungan bahan organic
- Struktur tanah
- Tekstur tanah

Porositas tanah tinggi jika bahan organik tinggi, tanah-tanah dengan struktur granuler atau remah,mempunyai porositas yang lebih tinggi dari pada tanah-tanah dengan struktur massive (pejal). tanah dengan tekstur pasir banyak mempunyai pori-pori makro sehingga sulit menahan air.(Hardjowigeno,1987)

7. Infiltrasi

Infiltrasi didefinisikan sebagai peristiwa masuknya air ke dalam tanah. Jika cukup air,maka air infiltrasi akan bergerak terus ke bawah yaitu kedalam profil tanah. Gerakan air kebawah di dalam profil tanah disebut perkolasi(Arsyad,2006).

Kapasitas infiltrasi adalah kemampuan tanah dalam merembeskan banyaknya air ke dalam tanah. Besarnya kapasitas infiltrasi dapat memperkecil berlangsungnya aliran permukaan tanah. Berkurangnya pori-pori tanah yang umumnya disebabkan oleh pemadatan/kompaksi tanah, menyebabkan menurunnya infiltrasi (Sutedjo dan Kartasapoetra, 2002).

Tabel 2.4 Klasifikasi Infiltrasi Tanah (Lee,1990)

Deskripsi	Infiltrasi (mm/jam)
Sangat Lambat	1
Lambat	1 - 5
Sedang Lambat	5 - 20
Sedang	20 - 65
Sedang Cepat	65 - 125
Cepat	125 - 250
Sangat Cepat	250

Ketersediaan air di dalam tanah sangat berpengaruh pada perubahan tata guna lahan di suatu daerah, dan berdampak pada daerah resapan air hujan (Raghunath, 1985).

8. Permeabilitas

Permeabilitas tanah adalah kemampuan tanah untuk meloloskan air dengan kecepatan tertentu. Permeabilitas tanah juga merupakan suatu sifat yang menyatakan laju pergerakan suatu zat cair melalui suatu media yang berpori-pori dan disebut juga konduktivitas hidraulika.

Permeabilitas tanah dibagi menjadi 2 macam, yaitu permeabilitas pada tanah jenuh air dan permeabilitas pada tanah tidak jenuh air. Permeabilitas jenuh adalah laju gerakan air dalam tanah pada keadaan seluruh pori-pori tanah tersebut diisi air. Permeabilitas tidak jenuh adalah laju gerak air dalam keadaan seluruh pori-pori tanah tersebut tidak seluruhnya diisi air tetapi hanya sebagian terisi oleh udara.

Permeabilitas pada tanah jenuh, terutama pada tanah kering, lebih cepat daripada laju permeabilitas tanah tidak jenuh. Permeabilitas tanah jenuh terjadinya sewaktu diberikan pengairan atau ketika terjadinya hujan lebat, sehingga air akan segera meninggalkan pori-pori drainase, yang kemudian akan dilanjutkan dengan permeabilitas tidak jenuh. Pergerakan air tanah yang tidak jenuh ini selain kearah vertical, bisa juga kearah horizontal atau mendatar.

Koefisein permeabilitas adalah suatu besaran konstan proporsional yang berhubungan dengan mudahnya suatu zat cair melewati porus suatu medium. Metoda ini menggunakan hukum Darcy :

V = k . I ……..........…………………………………………..(2.1)

dan hubungan dengan aliran rataa-rata adalah :

q = k . I . A . t ……..........…………………………………………..(2.2)

dimana :

q = Jumlah besarnya aliran air dalam suatu unit waktu

k = koefesien permeabilitas (cm/det)

i = gradient hidrolic = h/L

h = Selisih tinggi energy air (cm)

L = Panjang sampel (cm)

A = Luas Potongan melintang sampel (cm²)

t = Waktu (detik)

$$k_T \text{ X} \frac{Q.L}{A.h.t} \quad \text{……..........…………………………………………..(2.3)}$$

$$k_{20} \text{ X} Kr^o c \frac{n}{n2} \quad \text{.........…………………………...…………………(2.4)}$$

Dengan :

k_t = koefesien permeabilitas pada suhu $T^o C$

k_{20} = koefesien permeabilitas pada suhu $20^o C$

$n_r{}^o c$ = viskositas air pada suhu $T^o C$

$n_{20}{}^o c$ = viskositas air pada suhu $20^o C$

Tabel 2.5 Nilai Permeabilitas Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah	K (cm/det)	Keterangan
Kerikil	$\Psi 10^{Z1}$	Permeabiliatas tinggi
Kerikil halus/pasir	10^{Z1} $Z10^{Z3}$	Permeabilitas sedang
Pasir sangat halus	10^{Z1} $Z10^{Z3}$	Permeabilitas rendah

Pasir lanau		
Lanau tidak padat		
Lanau padat	$10^{Z5}\ Z10^{Z7}$	Permeabilitas sangat rendah
Lanau lempung		
lempung	$\Phi 10^{Z7}$	Kedap air (impervious)

Tanah dengan nilai k tertentu sebagai bahan drainase :

$k\ \Psi 10^{Z4}\, cm/\det$: drainase baik

$10^{Z6}\ \Phi k\ \Phi 10^{Z4}\, cm/\det$: drainase buruk

$k\ \Psi 10^{Z6}\, cm/\det$: kedap air (impervious)

Tanah dengan nilai k tertentu sebagai bahan bendungan :

$k\ \Psi 10^{Z4}\, cm/\det$: digunakan sebagai bahan lolos air

$k\ \Phi 10^{Z4}\, cm/\det$: digunakan sebagai bahan kedap air

9. Stabilitas Agregat

Kemper dan Rosenau (1986), mendefinisikan agregat tanah sebagai kesatuan partikel tanah yang melekat satu dengan lainnya lebih kuat dibandingkan dengan partikel sekitarnya. Dua proses dipertimbangkan sebagai proses awal dari pembentukan agregat tanah, yaitu flokulasi dan fragmentasi. Flokulasi terjadi jika partikel tanah yang pada awalnya dalam keadaan terdispersi, kemudian bergabung membentuk agregat. Sedangkan fragmentasi terjadi jika tanah dalam keadaan masif, kemudian terpecah-pecah membentuk agregat yang lebih kecil (Martin et al., 1955).

Stabilitas agregat tanah merupakan kemampuan tanah dalam mempertahankan ikatan antarpartikel tanah dari adanya gaya penghancur seperti air dan pengolahan lahan. Stabilitas agregat tanah penting untuk menjaga produktivitas tanah,meminimalkan erosi, dan degradasi tanah lainnya (Amezketa, 1999). Nilai stabilitas agregat tanah bervariasi secara spasial. Ada tiga faktor utama yang memengaruhi stabilitas agregat tanah, yakni sifat tanah, manajeman pengelolaan lahan, dan faktor lingkungan (Six et al.,2000).

Menurut Emadodin et.al, 2009 menerangkang bahwa salah satu indikator penting penurunan kualitas lahan ialah stabilitas agregat tanah. Kemper dan Rosenau (1986),mendefinisikan agregat tanah sebagai kesatuan partikel tanah yang melekat satu dengan lainnya lebih kuat dibandingkan dengan partikel sekitarnya.

Dalam penentuan stabilitasi agregat ada dua metode yang dapat dilakukan. Metode pertama adalah metode pengayakan ganda(multiple-sieve) yang dikemukakan oleh De Leeheer dan De Boodt (1959),sedangkan yang kedua adalah metode pengayakan tunggal yang dikemukakan oleh Kemper dan Rosenau (1986).

2.1.4 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1995). beberapa sistem klasifikasi tanah yang digunakan yaitu :

a. Sistem Klasifikasi Kesatuan Tanah (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi USCS diusulkan oleh Prof. Arthur Cassagrande, sistem USCS didasarkan pada sifat tekstur tanah dan menempatkan tanah dalam tiga kelompok:

1. Tanah berbutir kasar

Tanah berbutir kasar adalah tanah yang mempunyai persentase lolos saringan No. 200 < 50 % sedangkan tanah berbutir halus adalah tanah dengan persentase lolos saringan No. 200 > 50 %.

Tanah berbutir kasar dibagi dengan simbol-simbol tertentu , yaitu:

a. Simbol komponen :

- Kerikil : G (Gravel)
- Pasir : S (Sand)
- Lanau : M (Mo)
- Lempung : C (Clay)
- Organic : O (Organic)
- Humus : Pt (Peat)

b. Simbol Gradasi:

- Bergradasi baik : W (Well graded)
- Bergradasi buruk: P (Poorly graded)

c. Simbol Batas cair

- Tinggi : H (High)
- Rendah : L (Low)

Tanah berbutir kasar dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

- Kerikil dan tanah kerikilan (G)
- Pasir dan tanah kepasiran (S)

Tanah yang termasuk ke dalam kerikil adalah tanah yang mempunyai persentase lolos saringan No. 4 > 50 % termasuk kelompok pasir. Baik pasir maupun kerikil dibagi menjadi 4 kelompok yaitu :

a. Kelompok GW dan SW adalah tanah kerikilan dan kepasiran bergradasi baik dengan butiran halus yang sedikit atau tanpa butiran halus yang non plastis (lolos saringan No. 200 < 5%).
b. Kelompok GP dan SP adalah tanah kerikilan dan kepasiran bergradasi buruk dengan halus sedikit yang non plastis.
c. Kelompok GM dan SM yaitu mencakup tanah kerikil atau pasir kelanauan (lolos saringan No. 200 >12%) dengan plastisitas rendah atau non plastis. Batas cair dan indeks plastis terletak di bawah garis A. Dalam kelompok GM dan SM bisa termasuk baik yang bergradasi baik maupun yang bergradasi buruk.
d. Kelompok GC dan SC yaitu mencakup tanah kerikil atau kepasiran dengan butiran halus (lolos saringan No. 200 < 12%) lebih bersifat lempung dengan plastisitas rendah sampai tinggi, batas cair dan indeks plastisitas tanah ini terletak di atas garis A dengan grafik plastisitas.

2. Tanah berbutir halus

Tanah berbutir halus dibagi dalam lanau (M) dan lempung (C) yang di dasarkan pada batas cair dan indeks plasis juga tanah organis (O) .

Lanau adalah tanah berbutir halus yang mempunyai batas cair dan indeks plastis terletak di bawah garis A dan lempung di atas garis A. Lempung organis adalah kekecualian dari peraturan di atas karena batas cair dan indeks plastisnya berada di bawah garis A.

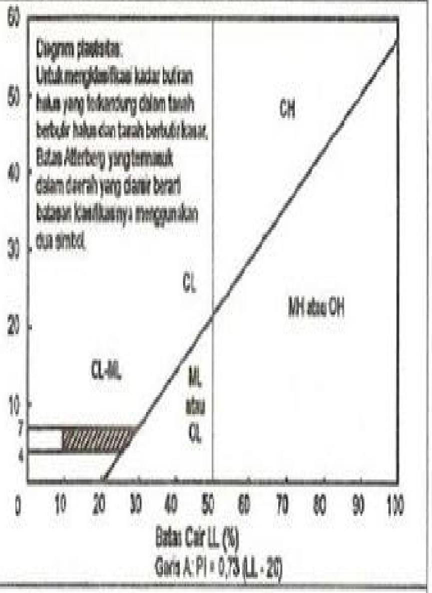
Lanau, lempung dan tanah organis dibagi menjadi batas cair yang rendah (L) dan tinggi (H), garis pembagi antara batas cair yang rendah dan tinggi ditentukan pada angka 50.

a. Kelompok ML dan MH adalah tanah yang diklasifiaksikan sebagai lanau pasiran, lanau lepung atau lanau anorganis dengan plastisitas relatif rendah dan termasuk tanah jenis butiran lepas, bubur batu, tanah yang mengandung mika dan beberapa jenis lempung.
b. Kelompok CH dan CL adalah termasuk lempung anorganis. Kelompok CH dengan plastisitas sedang sampai tinggi mencakup lempung gemuk, lempung gumbo. Lempung dengan plastisitas rendah diklasifikasikan CL adalah lempung kurus, lempung gumbo.Lempung dengan plastisitas rendah yang diklasifikasiakan CL biasanya adalah lempung kurus, lempung pasir, atau lempung lanau.
c. Kelompok OL dan OH yaitu tanah yang ditunjukan dengan sifat-sifat adanya bahan organik, Lempung dan lanau organis yang mempunyai plastisitas berkisar pada kelompok ML dan MH.

3. Tanah organis

Tanah organis diklasifikasikan dalam satu kelompok. Tanah sangat mudah ditekan dan tidak mempunyai sifat sebagai bahan bangunan yang diinginkan, tanah kelompok ini adalah humus, tanah lumpur dengan tekstur organis yang tinggi. Komponen umum dari tanah ini adalah partikel daun, rumput, dahan atau bahan-bahan yang regas lainnya

Tabel 2.6 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

Divisi Utama			Simbol Kelompok	Nama Jenis		Nama Jenis	
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan no. 200: Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
			GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung		Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7	
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus).	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang		ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung			
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("lean clays")			
			OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
	Lanau dan lempung batas cair > 50%		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis.			
			CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")			
			OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
Tanah dengan kadar organik tinggi			P_t	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi.	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

b. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO dibuat dengan mempertimbangkan kriteria sebagai berikut :

1. Ukuran butir tanah
   a. Kerikil : fraksi melewati saringan 75-mm (3-inch) dan tertahan pada saringan no 10 (2-mm)
   b. Pasir : fraksi melewati saringan no 10 (2 mm) dan tertahan pada saringan no 200 (0,075 mm)
   c. Lumpur dan lanau : fraksi melewati saringan no 200
2. Plastisitas

   Tanah disebut tanah berlumpur (silty) ketika fraksi halus tanah memiliki indeks plastisitas 10 atau kurang. Sedangkan tanah liat (clay) adalah ketika fraksi halus tanah memiliki indeks plastisitas 11 atau lebih.
3. Jika berbatu dan bongkah (ukuran lebih besar dari 75 mm) yang diuji, mereka dipisahkan dari bagian dari sampel tanah dari mana klasifikasi tersebut dibuat. Namun, persentase material tersebut dicatat.Untuk mengklasifikasikan tanah yang sesuai dengan tabel dibawah, kita harus menerapkan data uji mulai dari kiri ke kanan. Dengan proses eliminasi, tanah dikelompokan pertama dari kiri lalu menuju ke kriteria yang sesuai.

Tabel 2.7 Klasifikasi Tanah berdasarkan AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi Kelompok	A1		A3	A2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	 Maks 50 Maks 30 Maks 15	 Maks 50 Maks 25	 Min 51 Maks 10	 Maks 35	 Maks 35	 Maks 35	 Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	 Maks 6		 NP	 Maks 40 Maks 10	 Min 41 Maks 10	 Maks 40 Min 11	 Min 41 Min 11
Tipe mineral yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Pennilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	 Min 36	 Min 36	 Min 36	 Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	 Maks 40 Maks 10	 Min 41 Maks 10	 Maks 40 Min 11	 Min 41 Min 11
Tipe mineral yang paling dominan	Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
Pennilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

(Hardiyatmo, 2002)

2.2 Kapur

Batu gamping atau batu kapur adalah batuan fosfat yang sebagian besar tersusun oleh mineral kalsium karbonat ($CaCo3$). Bahan tambang ini biasa digunakan untuk bahan baku terutamadalam pembuatan semen abu/portland (biasa digunakan sebagai perekat untuk memplester),industri keramik, obat-obatan, dll. Batugamping (limestone) merupakan batuan sedimenorganik klastik. Secara umum batugamping dikelompokkan berdasarkan mineral utama pembentuk batugamping yaitu kalsit (calcite ($CaCO3$)) atau dolomite ($MgCa(CO3)2$).

Batu gamping juga dikelompokkan berdasarkan kandungan senyawa karbonat dalam batuan misalnya batugamping murni, batugamping napalan, batugamping tufan. Pengelompokkan batugamping berdasarkan grade atau kandungan karbonatnya banyak digunakan dalam kajian pedology dan edaphology

2.2.1 Klasifikasi Batu Kapur

Klasifikasi Batu Kapur Menurut Dunham (1962) adalah Batu gamping termasuk batuan sedimen. secara megaskopis indikasi adanya pengendapan batu gamping yang ditunjukkan oleh tekstur hasil pengendapan yaitu limemud (nikrit) semakin sedikit nikrit semakin besar energi yang mempengaruhi pengendapannya.

Menurut Dunham, batu gamping terbagi atas:

1. Mud Stone

   Batuan ini termasuk dalam jenis batuan sedimen non klastik dengan warna segar putih abu-abu dan warna lapuknya adalah putih kecoklatan. Batuan ini bertekstur Non klastik dengan komposisi kimia karbonat dan strukturnya pun tidak berlapis. Salah satu contoh dari batuan karbonat adalah kalsilutit (Grabau) atau Munstone (Dunham) , Batuan ini mempunyai nama yang berbeda, karena dari klasifikasi yang digunakan dengan interprestasi yang berbeda, batuan ini dinamakan kalsilutit, karena batuan ini merupakan batuan karbonat dan menurut klasifikasi dunham nama dari batuan ini adalah mudstone, karena batuan ini mempunyai kesan butiran kurang dari 10 % dan pada batuan ini tidak ditemukan adanya fosil.Tekstur dari batuan ini adalah non kristalin, karena mineralnya

penyusunnya tidak berbentuk kristal, dengan memperhatikan tekstur batuan ini dapat disimpulkan bahwa batuan ini terbentuk dari adanya pelarutan batuan asal yang merupakan material–material penyuplai terbentuknya batuan ini adapun batuan asal dari batuan ini adalah seperti pelarutan terumbu karang.

Selain itu, proses keterbentukan batuan ini adalah pengerusan gamping yang telah ada misalnya penghancuran terumbu karang, oleh gelombang, atau dari pengendapan langsungsecara kimia air laut yang ke lewat jenuh akan $CaCO3$.

Proses litifikasi dari batuan ini melibatkan pelarutan mineral- mineral karbonat yang stabil maupun yang tidak stabil, dalam pengertian luas diagnesa meliputi perubahan mineralogi, tekstur kemas dan geokimia sedimendan temperature serta tekanan yang rendah. Proses terbentuknya batuan in berlangsung perlahan dan bertingkat, dimana batas antara tingkatan tidak jelas , bahkan dapat saling melingkup, tingkatan tersebut adalah penyemenan, pelarutan pengendapan, perubahan mineralogy butir-butir dan rekristalisasi. Adapun kegunaan dari batuan ini adalah sebagai reservoir dalam pencarian minyak bumi.

2. Wackstone

   Wackestone adalah matriks yang didukung batuan karbonat yang mengandung lebih dari10% allochems dalam matriks lumpur karbonat.Wackstone merupakan lumpur didukung batu kapur yangmengandung butiran karbonat lebih dari 10% (lebih besar dari 20 mikron) "mengambang" dalam matriks lumpur halus-halus kapur.

3. Boundstone

   Bounstone merupakan hubungan antar komponen tertutup yang berhubungan dengan rapat (oolite).Karbonat batuan menunjukkan tanda-tanda terikat selama pengendapan (Dunham,1962). Embry dan Klovan (1972) lebih diperluas klasifikasi boundstone atas dasar kaindari boundstone tersebut.

   Boundstone merupakan batu kapur yang terikat oleh ganggang, karang, atau organisme uniseluler lainnya ketika dia terbentuk. Boundstone ditemukan didaerah sekitar terumbu karang, dan daerah yang terumbu karang 2,5-3 jutatahun lalu, tapi mungkin dikelilingi lahan kering. Tergantung pada cara bahan

organik telah diatur dalam sedimen ketika batu itu terbentuk dan jenis bahan organik itu, boundstone dapat diklasifikasikan sebagai framestone, bindstone, atau bafflestone.

4. Grainstone

Merupakan hubungan antar komponen-komponen tanpa lumpur sehingga sering disebut batuan karbonat bebas lumpur, yang didukung butir. Dunham(1962) , batuan ini berasal :

Grainstone terbentuk pada kondisi energ iyang tinggi, butiran produktif lingkungan di mana lumpur tidak dapat terakumulasi, terdapat pada arus yang putus butir dan melewati lumpur pada lingkungan. Grainstones mempunyai tekstur berpori dan dikenal sebagai karbonat yang terdapat pada sekitar pantai.

5. Packstone

Packtone merupakan lumpur, tetapi yang banyak adalah betolit. Butir-butir nya didukung batuan karbonat berlumpur (Dunham, 1962). Lucia (1999) dibagi packstones ke dalam lumpur yang didominasi (ruang pori total dipenuhi umpur) dan yang didominasi (beberapa ruang pori antar butir bebas dari lumpur) packstones.

Sedangkan menurut Mount (1985) sedimen campuran memiliki empat komponen :

1. Silisiclastic sand (kuarsa, feldspar yang berukuran pasir),
2. Mud campuran silt dan clay,
3. Allochem butiran karbonat seperti pelloid, ooid, bioklas, dan intraldas yang berukuran >20 µm, dan lumpur karbonat atau mikrit (berukuran 20 µm).

Komponen-komponen tersebut suatu tetrahedral yang memiliki pembagian delapan kelas umum dari sedimen campuran. Nama-nama tiap kelas menggambarkan baik tipe butir dominan maupun komponen antitetik yang melimpah sebagai contoh : batuan yang mengandung material silisiklastik >50% berukuran pasir dengan sedikit allochem maka disebut allochemical sandstone.

2.2.2 Jenis-jenis batu kapur sebagai bahan bangunan

Sifat-sifat kapur yaitu plastis, dapat mengeras dengan cepat sehingga memberi kekuatan pengikat. Pemanfaatan batu kapur sebagai bahan bangunan dibedakan menjadi:

1. Kapur tohor

   Adalah hasil pembakaran batu kapur alam yang komposisinya sebagian besar merupakan kalsium karbonat ($CaCO_3$) pada temperature diatas 900 derajat Celsius terjadi proses calsinasi dengan pelepasan gas CO_2 hingga tersisa padatan CaO atau bisa juga disebut quick lime.

   $CaCO_3$ (batu kapur) —> CaO (kapur tohor) + CO_2

2. Kapur padam

   Adalah hasil pemadaman kapur tohor dengan air dan membentuk hidrat.

   CaO + Air (H_2O) ——> Ca $(OH)_2$(kapur padam) + panas

3. Kapur udara

   Adalah.kapur padam yang diaduk dengan air setelah beberapa waktu campuran tersebut dapat mengeras di udara karena pengikatan karbon dioksida.

   Ca $(OH)_2$ +CO_2 ———> Ca CO_3 + H_2O

4. Kapur hidrolis

   Adalah kapur padam yang diaduk dengan air setelah beberapa waktu campuran dapat mengeras baik didalam air maupun didalam udara.

2.2.3 Manfaat batu kapur

Adapun manfaat batu kapur setelah melalui beberapa proses pengolahan yaitu:

1. Bahan bangunan

   Bahan bangunan yang dimaksud adalah kapur yang digunakan untuk plester,adukan pasangan bata,pembuatan semen ataupun semen merah.

2. Bahan penstabilan jalan raya

   Pemakaian kapaur dalam penstasbilan fondasi jalan raya berfungsi untuk mengurangi plastisitas, mengurangi penyusutan.

3. Sebagai pembasmi hama

   Sebagai warangan timbal dan warangan kalsium atau sebagai serbuk belerang untuk disemprotkan.

4. Bahan pupuk dan insektisida dalam pertanian

   Untuk menetralkan tanah asam yang relatif tidak banyak air,sebagai pupuk untuk menambah unsur kalsium yang berkurang akibat panen,erosi serta untuk menggemburkan tanah. Selain itu dipergunakan sebagai disinfektran pada kandang unggas,dalam permbuatan kompos.

5. Penjernihan air

   Dalam perjernihan pelunakan air untuk industr, kapur dipergunakan bersama-sama dengan soda abu dalam proses yang dinamakan dengan proses kapur soda.

2.3 Stabilitas Tanah

Stabilisasi tanah secara prinsip adalah suatu tindakan atau usaha yang dilakukan guna menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan gesernya. Beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut :

1. Menambah bahan yang menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisik pada tanah.
2. Mengganti tanah yang buruk
3. Meningkatkan kerapatan tanah.
4. Menurunkan muka air tanah.
5. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan kekuatan geser yang timbul.

Cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah terdiri dari salah satu atau kombinasi dari cara berikut (Bowles, 1989) :

1. Stabilisasi Tanah dengan Cara Mekanis

Stabilisasi tanah dengan cara mekanis dapat didefinisikan sebagai upaya pengaturan gradasi tanah secara proporsional yang diikuti dengan proses pemadatan, untuk mendapatkan kepadatan maksimum. Pemadatan merupakan suatu usaha

mempertinggi kerapatan tanah, dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemadatan partikel. Sebelum dilakukan pemadatan, tanah pada mulanya dilakukan dengan pengeringan, penambahan air, agregat-agregat (butir-butir) atau dengan bahan-bahan pencampur seperti semen, kapur, garam, abu batu bara, dan

bahan tambahan lainnya. Tujuan dari pemadatan tanah adalah untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik massa tanah.

Beberapa keuntungan yang diperoleh dari pemadatan tanah adalah (Fourman, 1996) :

a. Berkurangnya penurunan permukaan tanah, yaitu gerakan vertikal di dalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
b. Bertambahnya kekuatan tanah.
c. Berkurangnya penyusutan volume akibat berkurangnya kadar air dari nilai patokan pada saat pengeringan.

2. Stabilisasi Tanah dengan Bahan Pencampur

Cara yang sering digunakan untuk menstabilisasi tanah berbutir halus adalah dengan mencampur tanah tersebut dengan bahan pencampur (semen, semen dan pasir, semen dan garam, abu batu bara, gamping, gamping dan abu batu bara) dan diberi air secukupnya kemudian dipadatkan dengan mesin gilas dan menghasilkan suatu beton bergradasi rendah.

Sedangkan stabilisasi dan bahan pencampur kimiawi dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Biasanya digunakan untuk tanah berbutir halus. Bahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah disebut stabilizing agent.

2.4 Pengujian Index Properties Tanah

Untuk mengetahui karakteristik tanah maka diperlukan serangkaian pengujian index properties. Rangkaian uji index properties adalah sebagai berikut :

2.4.1 Pengujian Berat Isi Tanah (Unit Weight)

Berat volume tanah adalah perbandingan antara berat tanah total dengan volume tanah total. Tujuan dari pengujian ini adalah menentukan berat volume tanah basah. Yang dimaksud dengan berat volume tanah perbandingan antara berat tanah termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total.

Berat volume tanah (unit weight) dapat ditentukan berdasarkan perbandingan berat tanah total dengan volume tanah total dengan rumus:

$$\gamma = \frac{(W_2 - W_1)}{v} \quad \text{..........(2.5)}$$

Dimana :

W_2 = Berat Ring + Tanah

W_1 = Berat Ring

V = Volume tanah

2.4.2 Pengujian Kadar Air (water Content)

Kadar air tanah adalah kandungan air pada tanah yang ditentukan dari perbandingan berat air yang dikandung tanah dengan berat bagian padat (solid) dari tanah dengan rumus :

$$w \, X \frac{W_2 \, Z W_3}{W_3 \, Z W_1} x 100\% \quad \text{..........(2.6)}$$

Dimana:

w = kadar air (%)

W_1 = berat cawan kosong (gram)

W_2 = berat cawan + tanah basah (gram)

W_3 = berat cawan + tanah kering oven (gram)

2.4.3 Pengujian Berat Jenis Butir Tanah (Specific Gravity)

Untuk mendapatkan harga specific gravity (Gs) dari butiran tanah, yaitu perbandingan antara berat isi butir tanah dan berat isi air pada suhu 20^0. Sehingga

dengan mengetahui nilai Gs-nya diketahui suatu contoh tanah tersebut organik atau anorganik. Jadi untuk tanah yang terdiri dari campuran bahan organik maupun anorganik tenetu mempunyai nilai Gs yang tergantung dari komposisi campuran bahan-bahan tersebut. Untuk perencanaan bangunan penting diketahui adanya bahan organik atau tidak, karena tanah organik berbahaya untuk tanah bangunan.

Tabel 2.8 Tipe Tanah dan Nilai Gs

Tipe Tanah	Nilai Gs
1. Anorganic Soil	
- Sand	2,63-2,67
- Silt	2,65-2,67
- Clay and Silt Clay	2,67-2,69
2. Organic Soil	<2,00

Adapunt rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$G\left(P \quad T^0\right) = \frac{W_3}{\left(W_1+W_3\right)-W_2} \text{......} (2.7)$$

$$G\left(P \quad 20^0C\right) = G\left(P \quad T^0C\right)\left\{\frac{Y\ (p\ T^0C)}{Y\ (p\ T^0C)}\right\} \text{......} (2.8)$$

Dimana :

Yw = Berat jenis air

Catatan :

Sebaiknya paling sedikit dilakukan 2 sampai 3 kali pengujian dan kemudian diambil rata-rata nya.

Tabel 2.9 Nilai α

Tempratur T (^{0}C)	A
18	1,004
19	1,002
20	1,000
22	0,9996

24	0,9991
26	0,9986
28	0,9980

$$G\left(P \quad T^0\right) = \frac{W_3}{\left(W_1 + W_3\right) - W_2}$$

$$G\left(P \quad 20^0C\right) = G\left(P \quad T^0C\right)\left\{\frac{Y\ (p\ T^0C)}{Y\ (p\ T^0C)}\right\}$$

$$= G\left(P \quad T^0C\right).\alpha$$

Dimana :

$$\alpha = \left\{\frac{Y\ (p\ T^0C)}{Y\ (p\ T^0C)}\right\} \text{...} (2.9)$$

Keterangan :

W_1 = berat piknometer + aquades

W_2 = berat piknometer + aquades + tanah

W_3 = berat tanah kering

A = koreksi tempratur

Yw = berat jenis air

2.4.4 Pengujian Batas-Batas Atterberg

A. Penentuan Batas Cair (Liquid Limit/LL)

Tujuan dari pengujian batas cair adalah menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair dimana hasil-hasil yang diperoleh berupa jumlah pukulan dan kadar air dari masing-masing sample, kemudian digambar dalam bentuk grafik. Jumlah ketukan (pukulan) sebagai sumbu mendatar dengan skala logaritma sedangkan nilai kadar air sebagai sumbu tegak dengan skala biasa. Dengan membuat garis lurus melalui titik-titik tersebut atau jika diperoleh titik-titik tersebut tidak pada sat garis lurus,maka garis lurus dibuat sebagai garis regresi linear dari ketiga titik

tersebut. Kadar air pada batas cair ditentukan pada jumlah ketukan (pukulan) 25 kadar air ini lah yang disebut Batas Cair (Liquid Limit).

Kadar air dapat ditentukan dengan persamaan berikut,sesuai dengan uji penentuan kadar air.

$$w = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} x100 \text{...(2.10)}$$

Dimana :

W = Kadar air

W_1 = Berat cawan kosong

W_2 = Berat cawan + tanah basah

W_3 = Berat cawan + tanah basah

B. Penentuan Batas Plastis (Plastic Limit/PL)

Batas Plastis merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan suat tanah yang merupakan kadar air pada batas plastis dan keadaan semi solid. Batas ini didefinisikan sebagai kadar air yang dinyatakan dalam persen (%) dimaan tana apabila digulung sampai mencapai diameter 1/8 inch (3.2 mm) menjadi retak-retak. Ukuran keplastisan tanah disebut Indeks Plastis (PI) yaitu :

PI = LL – PL…..........………………………………………………..(2.11)

Dimana :

PI = Indeks palastisitas (Plastis Index)

LL = Batas cair (Liquid Limit)

PL = Batas plastis (Plastic Limit)

Hasil dari data-data pengujian dilakukan pengolahan data secara peritungan dengan hasil sebagai bilangan bulat dalam persen(%) serta diplot pada grafik Atterberg.

C. Penetuan batas Susut (Shrinkage Limit/SL)

Dengan hilangnya air secara terus menerus tanah akan mencapai suatu tingkat keseimbangan dimana penambahan kehilangan air tidak akan mengakibatkan

perubahan volume. Kadar air dinyatakan dalam sebagai batas surut. Batas susut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S = \left(\frac{V}{W} - \frac{1}{G}\right) x100 \ldots\ldots(2.12)$$

$$S = \left(w - \frac{v-v}{W}\right) x100\% \ldots\ldots(2.13)$$

Dimana :

SL = Batas susut tanah

W0 = Berat benda uji setelah kering

V0 = Volume benda uji setelah kering

Gs = Berat jenis tanah

W = Kadar air tanah basah diisi pada container

V = Volume tanah basah

Angka susut (Shrinkage Ratio / SR) dapat dihitung dengan rumus :

$$S = \frac{W}{V} \ldots\ldots(2.14)$$

2.4.5 Pengujian Analis Ukuran Butir (Grainsize Analysis)

A. Analisis saringan

Secara umum tanah terdiri atas tiga bagian, yaitu butiran, air dan udara. Ukuran butiran menentukan klasifikasi dari tanah tersebut. Untuk butiran kasar dipakai cara penyaringan dalam penentuan ukuran butiran tanah. Tanah dikeringkan dan disaring pada serangkaian saringan dengan ukuran diameter kisi saringan tertentu dari mulai yang kasar hingga yang halus. Dengan demikian tanah terpisah menjadi beberapa bagian batas ukuran yang diketahui.

Analisis saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

B. Analisis Hydrometer

Tujuan dari analisis hydrometer ini adalah untuk menentukan prosentase kadar lumpur dalam tanah.

Alat hydrometer yang dugunakan makin lama bergerak turun ke bawah jika lumpur makin mengendap,sehingga alat hydrometer pada waktu tertentu menunjukan angka nol dan hal ini berarti bahwa lumpur sudah mengendap.

Percobaan ini didasarkan pada hubungan antara kecepatan jatuh dari suatu butiran didalam suatau larutan,diameter butiran, berat jenis larutan dan kepekatan larutan.

Adapun rumus yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

a. Z = a-b ………………………………………………(2.15)

b. $D\,\mathrm{X}(106x10^{7}x\frac{z}{t})^{0.5}$ ………………………………....(2.16)

c. $n\,\mathrm{X}-x100\%$ …………………………………………….(2.17)

Dimana:

a = Tinggi alat hidrometer yang diukur dari titik berat ujung hidrometer sampai permukaan ujung hydrometer yang tidak terendam ole air (24-26 cm)

b = Strip yang terbaca

t = Interval waktu pembacaan

n = Prosentase kadar lumpur

D = Diameter Butiran

2.5 Pemadatan (Compaction Test) (ASTM D-6989 dan D-1557)

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan menggunakan kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Tanah dapat dikerjakan pada mulanya dengan pengeringan, penambahan air, agregat (butir-butir) atau dengan bahan-bahan tambah. Pemadatan di lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan mesin gilas, alat pemadat-pemadat getaran dan dari benda-benda berat yang dijatuhkan, sedangkan pemadatan di laboratorium dengan menggunakan daya tumbukan (dinamik), alat penekan, atau tekanan statik yang menggunakan piston dan mesin tekanan.

Pemadatan adalah usaha secara mekanik untuk merapatkan butir-butir tanah. Pemadatan dilakukan untuk mengurangi volume tanah, mengurangi volume pori namun tidak mengurangi volume butir tanah.

Tujuan dari pemadatan ini adalah :

a) Meningkatkan Shear Strength.
b) Meningkatkan Swell Potentisal.
c) Meningkatkan kepadatan/kerapatan butir tanah.
d) Memperkecil Shrinkage.
e) Memperkecil compressibility

Derajat kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (ω) dinyatakan dalam persamaan :

$$\gamma_d = \gamma_b/(1+\omega) \quad \text{.........(2.41)}$$

Berat volume maksimum yaitu berat volume dengan tanpa rongga udara atau berat volume tanah maksimum pada saat kondisi jenuh. Berat volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan:

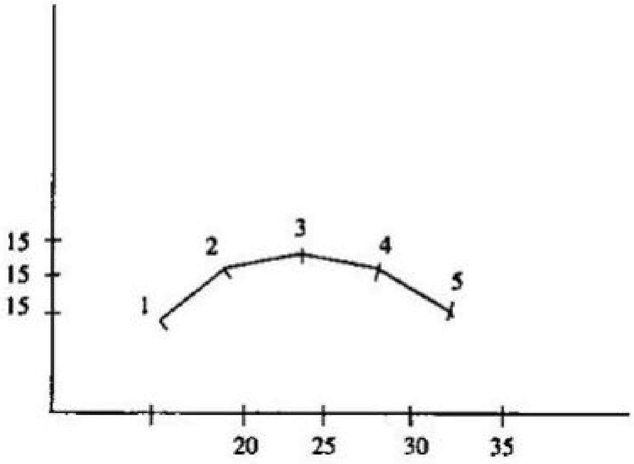
$$\gamma_d = \frac{G\ (1-A)\gamma_w}{1+\omega G_s} \quad \text{.........(2.42)}$$

Berat volume tanah kering setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air, dan usaha yang diberikan oleh pemadatnya. Dalam uji pemadatan tanah karakteristik tanahnya dapat dinilai dari pengujian standar laboratorium yang disebut dengan pengujian Proctor.

Proctor merupakan suatu alat yang digunakan dalam memadatkan tanah. Alat pemadat proctor ini berupa silinder mould. Silinder mould mempunyai volume 9,44 x 10-4 m^3. Tanah yang terdapat dalam silinder dipadatkan dengan menggunakan penumbuk. Tujuan dari pemadatan ini adalah untuk mendapatkan nilai KOA dan MDD yang diperoleh dari grafik hubungan antara kadar air (ω)dan γ_k hasil pemadatan.

Dalam pengujian pemadatan, percobaan dilakukan sebanyak 5 kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Hasil dari percobaan digambarkan ke sebuah

grafik. Dari grafik akan didapatkan kadar air terbaik untuk mendapatkan berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum yang disebut dengan kadar air optimum.



Gambar 2.4 Nilai Optimum Air

Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara berdasarkan besar tenaga pemadatnya, yaitu :

a) Cara standar yaitu cara pemadatan dengan menggunakan penumbuk standar dengan berat 2.5 kg dengan tinggi jatuh sebesar 30 cm.

b) Cara berat (modified) yaitu pemadatan dengan menggunakan penumbuk dengan berat 4.5 kg dengan tinggi jatuh sebesar 45 cm.

Tanah lempung yang dipadatkan sifatnya akan tergantug pada cara atau usaha pemadatan, macam tanah, dan kadar airnya. Pemadatan dengan usaha yang lebih besar akan mendapatkan tanah yang lebih padat. Kadar air tanah yang dipadatkan biasanya berdasarkan pada posos-posisi kadas air sisi kering optimum, dekat optimum atau optimum, dan sisi basah optimum.

- **Pemadatan Tanah Laboratorium**

  Pemadatan tanah di laboratorium dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu :

  1. Standar Proctor AASHTO 99 (ASTM 689) dan
  2. Modified Proctor AASHTO T 180 (ASTM 1557)

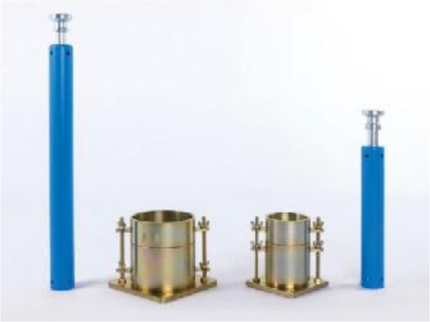
Tabel 2.10 Spesifikasi Uji Pemadatan ASTM dan AASHTO

Deskripsi	Unit	Standar Proctor (D698, T-99)		Modified Proctor (D1557, T-180)	
		Metode A	Metode B	Metode A	Metode B
Mold : Volume	ft^3	1/30	1/13,33	1/30	1/13,33
	cm^3	943,90	2.124,30	943,90	2.124,30
Tinggi	inch	4,58	4,58	4,58	4,58
	mm	116,33	116,33	116,33	116,33
Diameter	inch	4	6	4	6
	mm	101,60	152,40	101,60	152,40
Berat Palu	lbs	5,5	5,5	10	10
	kg	2,5	2,5	4,54	4,54
Tinggi Jatuh Palu	inch	12	12	18	18
	mm	304,80	304,80	457,20	457,20
Jumlah Lapisan Tanah		3	3	5	5
Jumlah Pukulan Tiap Lapis		25	56	25	56
Tanah Lolos Saringan		No. 4	No. 4	No. 4	No. 4

- **Peralatan yang digunakan**

Peralatan yang digunakan yaitu :

a. Alat pemadatan standar dan modifikasi sesuai dengan spesifikasi pemadatan yang dilakukan berupa tabung cetakan (*mold*), lengkap dengan silinder penyambung (*collar*), serta alat penumbuk (*hammer).*



Gambar 2.5 Cetakan, Silinder Penyambung dan Alat Penumbuk

b. Saringan ASTM No. 4 (4,75mm)

Gambar 2.6 Saringan ASTM

c. Alat untuk mengeluarkan contoh tanah (dongkrak) dari tabung cetakan
d. Alat perata tanah dari besi sepanjang 25 cm, dengan salah satu sisi memanjang tajam dan sisi yang lain datar
e. Wadah tempat mencampur tanah dengan air (can)
f. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram dan 0,1 gram

Gambar 2.7 Timbangan ketelitian 0,01 gram

g. Oven dengan suhu 105^0 - 110^0 C

Gambar 2.8 Oven

h. Wadah tempat penyimpanan contoh tanah (*desicator*)

i. Palu karet, kantung plastik

j. Penyemprot air, oli, kuas

⌡ **Prosedur pengujian**

Prosedur pengujian terdiri dari Standard Proctor A dan Modified Proctor

A. Standard Proctor

1) Siapkan contoh tanah terganggu yang telah dikeringkan, kemudian tumbuk dengan menggunakan palu karet sehingga lolos saringan No. 4 sebanyak 20 kg untuk metode A dan 30 kg untuk metode B.

2) Membagi tanah yang lolos saringan No.4 menjadi 6 bagian.

3) Tiap-tiap bagian dicampur dengan air sehingga diperoleh kadar air yang berbeda dengan perbedaan ±5% satu sama lain atau disesduaikan dengan keadaan tanah yang digunakan, sehingga diperoleh 3 contoh tanah dengan kadar air dibawah optimun dan 3 contoh tanah dengan kadar air diatas optimum.

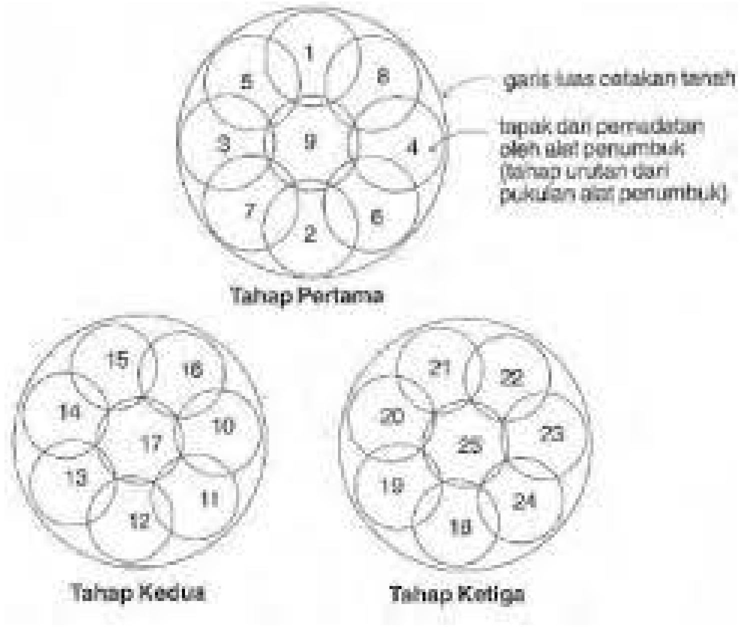
4) Masing-masing bagian tanah diaduk rata diatas baki seng kemudian dimasukan ke dalam kantong plastik dan disimpan selama 12 jam.
5) Siapkan Mold/cetakan dan alasnya. Timbang beratnya (W_1) dan ukur volumenya (V).
6) Setiap contoh yang ada dalam satu kantong plastik dibagi menjadi 3 bagian. Setiap bagian dibagi menjadi 1 lapis di dalam mold/cetakan dan ditumbuk sebanyak 25 kali.
7) Setelah ditumbuk sebanyak 3 lapis, leher mold dibuka dan tanah diratakan kemudian ditimbang (W_2).
8) Ambil sedikit contoh tanah tersebt dari bagian atas dan bagian bawahnya untuk di ukur kadar airnya.
9) Pengujian dilakukan sebanyak 6 kali, untuk kadar air yang berbeda, sehingga diperoleh 6 titik kordinat.
10) Gambarkan hubungan antara berat isi kering (γ_d) dan kadar air (W). Titik puncak pada kurva jika diproyeksikan pada absis sumbu akan diperoleh berat isi kering maksimum (γ_d) (*Maximum Dry Density* = MDD) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content* =OMC).
11) Gambarkan hubungan antara berat isi kering dengan kadar air pada derajat kejenuhan 100% (*zero Air Void Line* = ZAVL)

B. Modified Proctor

1) Siapkan contoh tanah terganggu yang telah dikeringkan, kemudian tumbuk dengan menggunakan palu karet segingga lolos saringan No. 4 sebanyak 20 kg untuk metode A dan 30 kg untuk metode B.
2) Membagi tanah yang lolos saringan No. 4 menjadi 6 bagian.
3) Tiap-tiap bagian dicampur dengan air sehingga diperoleh kadar air yang berbeda dengan perbedaan ±5% satu sama lain atau disesduaikan dengan keadaan tanah yang digunakan, sehingga diperoleh 3 contoh tanah dengan kadar air dibawah optimun dan 3 contoh tanah dengan kadar air diatas optimum.

4) Siapkan Mold/cetakan dan alasnya. Timbang beratnya (W_1) dan ukur volumenya (V).
5) Setiap contoh yang ada dalam satu kantong plastik dibagi menjadi 3 bagian. Setiap bagian dibagi menjadi 1 lapis di dalam mold/cetakan dan ditumbuk sebanyak 25 kali.
6) Setiap tanah yang ada dalam satu kantong plastik dibagi menjadi 5 bagian. Setiap bagian menjadi satu lapis di dalam mold/cetakan dan ditumbuk sebanyak 56 kali.
7) Setelah ditumbuh sebanyak 5 lapis , leher mold dibuka dan tanah diratakan dan kemudian ditimbang (W_2)

Untuk prosedur selanjutnya sama dengan prosedur pengujian pada pengujian kepadatan standar (*Standard Proctor*)



Gambar 2.9 Tahapan penumbukan *Compaction Test*

C. Perhitungan

1. Kadar air tanah (w) dihitung terlebih dahulu.

$$w = \frac{W_w}{W_s}\ x\ 100\ \% \qquad (2.43)$$

Dimana :

Ww = berat air (gram)

Ws = berat tanah kering (gram)

2. Berat isi basah (Ɣ)

$$\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V} \qquad (2.44)$$

Dimana :

W_1 = berat mold + alas (gram)

W_2 = berat mold + alas + berat contoh tanah (gram)

V = Volume mold (cm^3)

3. Berat isi kering (γ_d)

$$\gamma = \frac{\gamma}{(1+w)} \qquad (2.45)$$

Dimana :

W = kadar air setelah kompaksi (%)

4. Berat isi kering Z.A.V

$$(\gamma \;\; .A.V) = \frac{\gamma_w \, x \, G}{\gamma_w + w} \qquad (2.46)$$

Dimana :

ZAV = Zero Air Void (kondisi kadar udara = 0)

Ɣw = berat isi air (=1 gr/cm^3)

Gs = berat jenis butiran tanah

5. Kadar pori

$$(e) = \frac{G \;\; .(1+w).\gamma_w}{\gamma} - 1 = \frac{G \;\; .\gamma_w}{\gamma} - 1 \qquad (2.47)$$

6. Porositas

$$(n) = \frac{e}{1+e} \qquad (2.48)$$

7. Derajat kejenuhan

$$(S \;\;) = \frac{w.G}{e} \; x \; 100\% \qquad (2.49)$$

8. Volume udara

$$(V \;\;) = 1 - \left(\frac{\gamma_a}{\gamma_w}\left[1 + \frac{e}{w.G}\right]\right) \qquad (2.50)$$

2.6 Pengujian Triaxial (Triaxial Test)

Tujuan dari uji Triaxial adalah untuk mencari Kohesi (c) dan untuk mencari sudut geser dalam (¤) dimana kohesi dan sudut geser dalam diperlukan untuk menghitung besarnya daya dukung tanah,tegangan tanah dan kestabilan lereng.

Test Triaxial ada 3 macam yaitu :

a. Undrained Test (Unconsolidated - Undrained Test) (UU Test)

   Tegangan air pori biasanya dapat diukur pada pengujian jenis dari tanah yang dipakai tidak di konsolidasikan.

   Pada pengujian ini tidak diperbolehkan adanya aliran air dari contoh tanah selama pengujian berlangsung.

b. Consolidated - Undrained Test (CU Test)

   Pada pengujian ini mula-mula diberikan tegangan normal dan air diperbolehkan mengalir dari contoh tanah sampai konsolidasi sesuai.

   Setelah itu jalan aliran air ditutup dan contoh tanah diberi tegangan geser sampai contoh tanah runtuh,bisanya tegangan air pori diukur selama tegangan geser diberikan.

c. Consolidated - Drained Test (CD Test)

   Pada pengujian ini aliran air diperbolehkan mengalir selama pengujian,mula-mula diberikan tegangan normal sampai konsolidasi selesai,kemudian diberikan tegangan geser sampai terjadi keruntuhan dengan aliran air tetap terbuka. Pemberian tegangan harus dilakukan secara perlahan-lahan,supaya tegangan air pori tetap nol tidak berubah.

Tabel 2.11 Parameter Kuat Geser yang didapat dari hasil Uji Triaxial

TIPE PENGUJIAN	PARAMETER YANG DIDAPAT
Uncosolidated Undrained (UU)	c_u;¤
Consolidated Undrained (CU)	c;¤;u;c';¤'
Consolidated Drained (CD)	c;¤;u;c';¤'

Dimana : c (c’) = kohesi (efektif);¤(¤') =sudut geser dalam ; u = tekanan air pori

Regangan vertikal :

$$£ \text{ X} \frac{\zeta L}{L_0} \quad \text{………………………………..…………(2.28)}$$

Dimana :

ζL = Perubahan panjang

L_0 = Panjang contoh tanah awal

Luas penampang koreksi :

$$\gamma \text{ X} \frac{A_0}{1 \text{Z£}} \quad \text{………………………………..…………(2.29)}$$

Dimana :

A_0 =Luas penampang mula-mula (cm^2)

A = Luas penampang setelah dikoreksi (cm^2)

Gaya aksial yang bekerja :

Gaya aksial (P) = bacaan dial x Kalibrasi (kg)………(2.30)

Tegangan Deviator ($\zeta \pm$) :

$$\text{Tegangan Deviator } (\zeta \pm) = \frac{P}{A} \quad (kg/cm^2) \text{ ………..(2.31)}$$

Dimana:

A= Luas sample

Tegangan keliling ($\pm_3$) :

$$\pm_3 \text{ X} k_0 \text{¥} .H \quad (kg/cm^2) \text{ ……………………………….(2.32)}$$

Dimana :

k_0 = Koefisien tegangan tanah (keadaan strain=0)

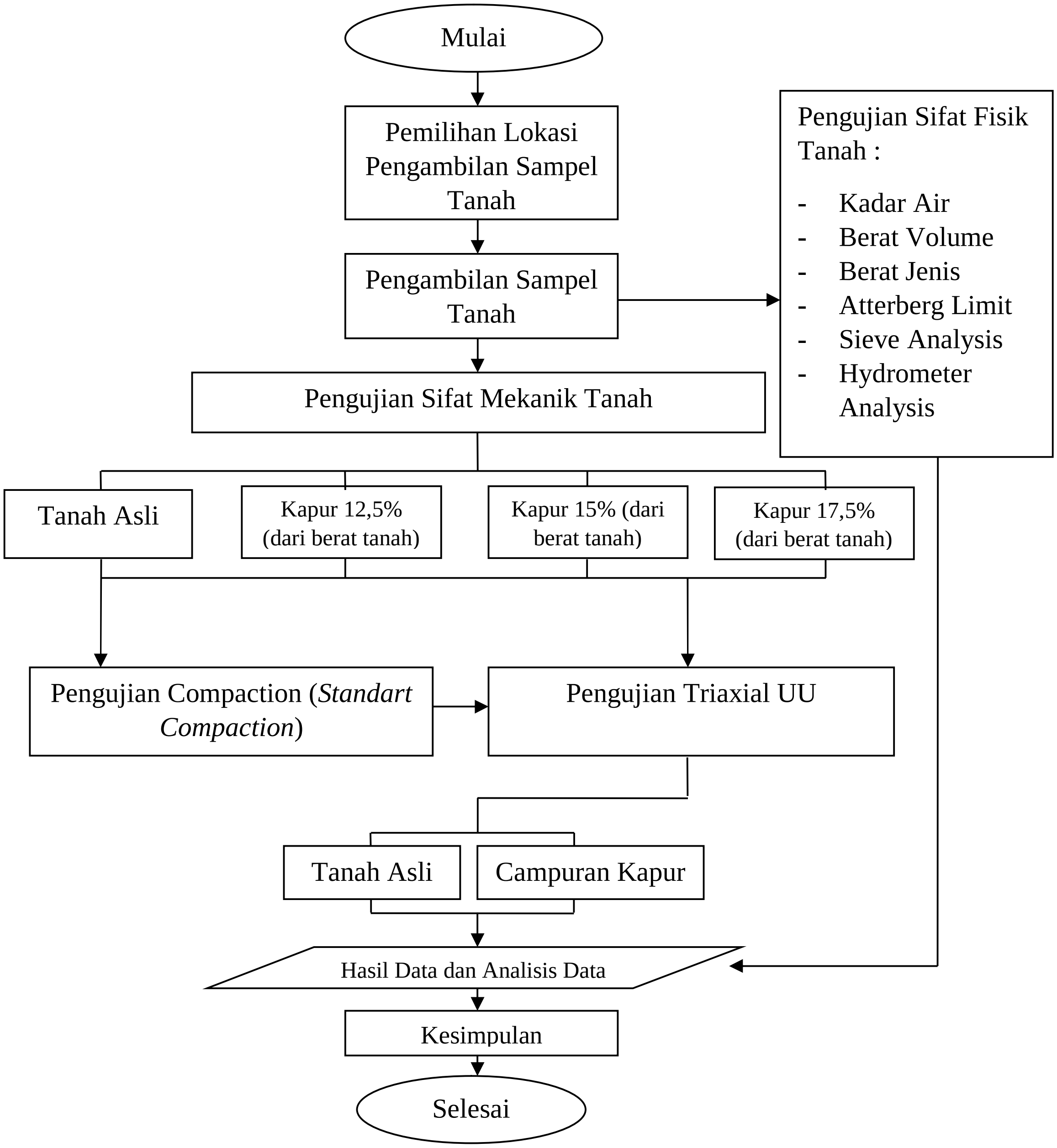
= 0.4 - 0.8

H = Kedalaman/tinggi contoh tanah (cm)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian.

Metode penelitian ini bersifat eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Dirjen Bina Marga. Kementrian PUPR. Eksperimental ini dilakukan dengan menggunakan sampel tanah, lalu dilakukan pengujian awal untuk mendapatkan *soil properties*nya .

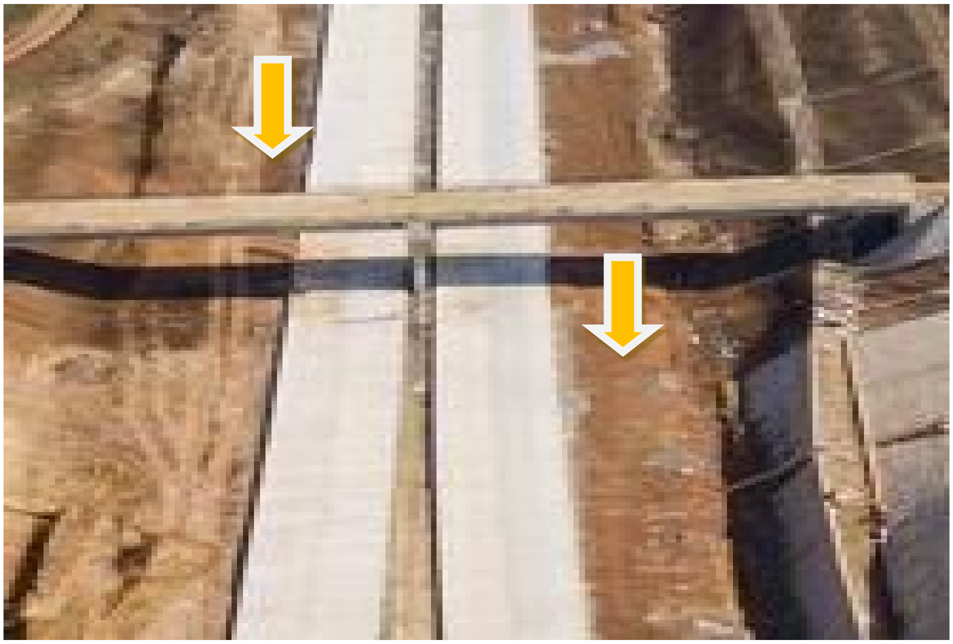
Pengujian pemadatan selanjutnya dilakukan terhadap sampel tanah asli, pengujian pemadatan dilakukan menurut standard compaction proctor (ASTM D-698). Penambahan kapur dilakukan dengan komposisi 12,5%, 15%, dan 17,5 % dari sampel yang digunakan. Dilakukan pengujian Triaxial UU terhadap tanah asli dan tanah dengan campuran komposisi kapur.

3.2 Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel tanah yang digunakan adalah tanah dasar yang berasal dari jalan tol Cisumdawu pada seksi 3 Sumedang – Cimalaka, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat.

Sumber :Drone PUPR

Gambar 3.2 Drone Lokasi Pengambilan Lokasi Sampel Tanah



Gambar 3.3 Titik Pengambilan Sampel Tanah

3.3 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Membersikan area yang akan diambil sampel tanahnya dengan alat cangkul digali secara manual sampai kedalaman yang fluktuatif sampai akar serabut hilang.
2. Memasukan pipa boring kedalam tanah yang dilakukan secara manual dengan memukul atas pipa yang telah disimpan balok di atasnya dengan menggunakan bodem sampai kedalaman kurang lebih 30 sampai 50 cm. Setiap titik tanah diambil 2 sampai dengan 3 sampel boring tanah.
3. Pipa boring di angkat dan setiap ujungnya ditutup dengan plastik agar struktur tanah tidak banyak berubah.
4. Pengambilan sampel tanah yang telah terganggu diambil dengan menggunakan pacul dan dimasukan kedalam karung 50 kg sebagai sampel tanah sebanyak 250 kg untuk 5 benda uji

Alat yang digunakan untuk mengambil sampel tanah yaitu:

1. Pipa

2. Bodem
3. Balok
4. Cangkul
5. Karung kapasitas 50 kg
6. Mobil Pick up untuk transportasi

3.4 Pengujian Sifat Fisik Tanah

3.4.1 Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi tanah bertujuan untuk menentukan berat volume tanah basah. Yang dimaksud dengan berat volume tanah adalah perbandingan antara berat tanah termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume total.

a. Alat yang digunakan
   1) Ring baja bersih dari karat
   2) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
   3) Pisau perata

b. Prosedur pengujian
   1) Ring dibersihkan kemudian ditimbang (W1)
   2) Tentukan ukuran diameter (d) dan tinggi (d) dari ring.Kemudian tentukan volume ring(v).
   3) Mengolesi ring sampel dan alat pendorong sampel dengan oli agar tanah tidak melekat.
   4) Masukan benda uji kedalam ring,ratakan muka tanah dengan muka ring.
   5) Bersihkan sisi luar ring dengan kain kering, kemudian ditimbang (W2)

c. Perhitungan

$$\gamma = \frac{(W_2 - W_1)}{v} \quad \text{.....(3.1)}$$

Keterangan :

W_2 = Berat Ring + Tanah

W_1 = Berat Ring

V = Volume tanah

3.4.2 Pengujian Kadar Air Tanah (*Water Content*)

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butiran tanah kering yang dinyatakan dalam persen (%). Pengujian kadar air dalam penelitian ini menggunakan standar ASTM D2216-92 (1996).

a. Peralatan yang digunakan
   1) Cawan kedap udara dan tidak berkarat dengan ukuran yang memadai.
   2) Timbangan ketelitian 0,01 gram
   3) Oven
   4) Desikator
   5) Contoh tanah hasil boring

b. Prosedur Pengujian
   1) Tentukan berat cawan bersama tutupnya (W1) dan catat nomor dari cawan yang digunakan.
   2) Masukkan benda uji yang akan dìperiksa kedalam cawan tersebut.
   3) Timbang cawan + benda uji (W2).
   4) Masukkan cawan d+ benda uji kedalam oven yang suhunya telah diukur i 10 °C selama ±24 jam sehingga beratnya konstan.
   5) Setelah dikeringkan dalam oven, tentukan bert tanah kering + cawan (W3).
   6) Benda uji minimal 2 buah

   digunakan rumus:

$$w = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} x100\% \quad \text{...(3.2)}$$

Dimana:

w = kadar air (%)

W_1 = berat cawan kosong (gram)

W_2 = berat cawan + tanah basah (gram)

W_3 = berat cawan + tanah kering oven (gram)

3.4.3 Berat Jenis Butir Tanah

Untuk mendapatkan harga specific gravity (Gs) dari butiran tanah, yaitu perbandingan antara berat isi butir tanah dan berat isi air pada suhu 20^0. Sehingga dengan mengetahui nilai Gs-nya diketahui suatu contoh tanah tersebut organik atau anorganik. Jadi untuk tanah yang terdiri dari campuran bahan organik maupun anorganik tenetu mempunyai nilai Gs yang tergantung dari komposisi campuran bahan-bahan tersebut. Untuk perencanaan bangunan penting diketahui adanya bahan organik atau tidak, karena tanah organik berbahaya untuk tanah bangunan.

Tabel 3.1 Tipe Tanah dan Nilai Gs

Tipe Tanah	Nilai Gs
1. Anorganic Soil	
- Sand	2,63-2,67
- Silt	2,65-2,67
- Clay and Silt Clay	2,67-2,69
2. Organic Soil	<2,00

a. Alat yang digunakan
1) Piknometer dengan volume 500 ml
2) Timbangan dengan ketelitian 0,001 gram
3) Saringan no. 40 ASTM
4) Oven
5) Kompor listrik
6) Termometer
7) Alat pembersih
8) Cawan

b. Bahan yang digunakan
1) Aquades
2) Sampel tanah lolos saringan no. 40 sebanyak 500 gram kering oven

c. Prosedur pengujian

- Persiapan pengujian

1) Disiapkan 5 buah piknometer yang telah dibersihkan dan dikeringkan
2) Untuk bahan uji digunakan sampel tanah sebanyak 500 gram yang lolos saringan no. 40 dan dikeringkan dalam oven selama ±24 jam

- Pelaksanaan pengujian

1) Piknometer kosong dan kering dibersihkan dengan kain bersih
2) Piknometer diisi dengan aquades sampai dengan tanda 500 ml kemudian dibersihkan lalu ditimbang
3) Tempratur aaquades dalam piknometer diukur dengan termometer, misalkan T
4) Masukan contoh tanah dalam piknometer

- *Untuk tanah kohesif*

  Tanah terlebih dahulu diaduk dengan aquades sampai menyerupai pasta, kemudian rendam dengan tambahan aquades selama ½ sampai 1 jam, dan dimasukan ke dalam piknometer

- *Untuk tanah pasir / non kohesif*

  Tanah dapat langsung dimasukan ke dalam piknometer

5) Piknometer berisi pasta tanah atau tanah kering tersebut diberi aquades sampai dibawah leher piknometer, udara yang dipanaskan sambil digoyang-goyang selama ±15 menit, sampai gelembung udara tidak ada dan air diatas tanah bersih, kemudian diisi aquades sampai tanda 500 ml dan ditibang (W_2) gr. Tempratur aquades dalam piknometer diukur digunakan nilai koreksi temperature (α) seperti tabel 3.2 dibawah
6) Tuangkan campuran tanah dan aquades dari dalam piknometer kedalam cawan sampai semua butir-butir tanah benar-benar bersih dari piknometer dengan cara membilasnya
7) Masukan cawan berisi campuran tanah dan aquades tersebut kedalam oven selama ±24 jam atau sampai beratnya konstan
8) Timbang berat tanah kering (W_3) gr

9) Tentukan besarnya specific gravity (Gs)

$G(P \quad T^0) = \frac{W_3}{(W_1+W_3)-W_2}$..(3.3)

$G(P \quad 20^0C) =$

$G(P \quad T^0C)\left\{\frac{Y\ (p\ T^0C)}{Y\ (p\ T^0C)}\right\}$...(3.4)

Dimana :

Yw = Berat jenis air

Catatan :

Sebaiknya paling sedikit dilakukan 2 sampai 3 kali pengujian dan kemudian diambil rata-rata nya.

Tabel 3.2 Nilai α

Tempratur T (^{0}C)	A
18	1,004
19	1,002
20	1,000
22	0,9996
24	0,9991
26	0,9986
28	0,9980

$$G(P \quad T^0) = \frac{W_3}{(W_1+W_3)-W_2}$$

$$G(P \quad 20^0C) = G(P \quad T^0C)\left\{\frac{Y\ (p\ T^0C)}{Y\ (p\ T^0C)}\right\}$$

$$= G(P \quad T^0C).\alpha$$

Dimana :

$\alpha = \left\{\frac{Y\ (p\ T^0C)}{Y\ (p\ T^0C)}\right\}$..(3.5)

Keterangan :

W_1 = berat piknometer + aquades

W_2 = berat piknometer + aquades + tanah

W_3 = berat tanah kering

A = koreksi tempratur

Yw = berat jenis air

3.4.4 Batas-batas Atterberg (AASHTO T-89 dan ASTM D-423)

A. Penentuan Batas Cair (Liquid Limit / LL)

a. Alat yang digunakan :
   1) Alat pembuat alur (grooving tool).
   2) Sendok alat batas cair standar.
   3) Dempul
   4) Plat kaca
   5) Timbangan Dengan ketelitian 0,01 gram.
   6) Cawan kadar air minimal 4 buah
   7) Spatula dengan panjang 12,5 cm
   8) Botol temat air suling
   9) Air suling
   10) Oven – Bisa memanaskan sampai 110 ± 5^0C

b. Bahan yang digunakan :
   1) Siapkan tanah lolos saringan no.40 (kering udara)
   2) Alat-alat dibersihkan
   3) Mengkalibrasi timbangan yang akan digunakan
   4) Menyiapkan botol penyeemprot dan air suling
   5) Cawan yang diperlukan disiapkan ditimbang

c. Prosedur pengujian
   1) Letakan 100 gr benda uji lolos saringan no.40 yang sudah dipersiapkan di dalam pelat kaca pengaduk.
   2) Dengan menggunakan spatula,aduklah benda uji tersebut dengan menambah air suling sedikit demi sedikit sampai homogen.
   3) Setelah contoh menjdai campuran yang merata ambil sebagaian benda uji dan letakan diatas mangkok alat batas cair,ratakan permukaan sedemikian sehingga sejajar dasar alat,bagian paling tebal harus ± 1 cm.

4) Buatlah alur dengan membagi dua benda uji dalam mangkok itu dengan menggunakan alat pembuat alur (grooviing tool) harus tegak lurus permukaan mangkok.
5) Putarlah alat sedemikian sehingga mangkok naik/jatuh dengan kecepatan putaran per detik pemutaran ini dilakukan terus sampai dasar alur benda uji bersinggungan sepanjang kira-kira 1,25 cm dan catat jumlah retaknya pada waktu bersinggungan.
6) Ulangi pekerjaan point 3 dan 5 beberapa kali sampai diperoleh jumlah ketukan yang sama,hal ini dimaksudkan untuk meyakinkan apakah pengadukan contoh sudah betul-betul merata kadar airnya. Jika ternyata 3 kali percobaab diperoleh jumlah pukulan hammer sama,maka ambilah benda uji langsung dari mangkok pada alur,kemudian masukan ke dalam cawan yang telah dipersiapkan. Maka periksalah kadar airnya.jumlah pukulan yang diambil adalah rata-rata yang dibulatkan dari ketiga percobaan tadi.
7) Kembalikan benda uji ke atas kaca pengaduk,dan mangkok alat batas cair dibersihkan. Bendauji diaduk kembali dengan merobah kadar airnya. Kemudian ulangi langkah 2 sampai 6 minimal 3 kali berturut-turut dengan variasi kadar air yang berbeda,sehingga akan diperoleh perbedaan jumlah(ketukan) sebear 8 - 10 pukulan.

$$w = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} x 100 \qquad (3.6)$$

Dimana :

W = Kadar air

W_1 = Berat cawan kosong

W_2 = Berat cawan + tanah basah

W_3 = Berat cawan + tanah basah

B. Batas Plastis (Plastis Limit / PL)

Batas Plastis adalah kadar air yang merupakan batas antara konsostensi tanah dalam keadaan semi plastis dan keadaan plastis

a. Alat yang digunakan :

1) Plat kaca ukuran 45x45x90
2) Sendok dempul panjang 12,5 cm (spatua)
3) Timbangan dengan etelitian 0.01 gram
4) Cawan untuk meentukan kadar air 2 buah
5) Botol air suling
6) Batas pembanding dengan diameter 3 mm panjang 10 cm
7) Saringan no.40
8) Air suling
9) Oven pemanas 100± 5 c

b. Benda uji

1) Siapkan tanah lolos saringan no.40 (kering udara)
2) Alat alat dibersihkan
3) Mengkalibrasi timbangan yang akan digunakan
4) Menyiapkan botol penyemprot dan air suling
5) Cawan yang diperlukan disiapkan ditimbang.

c. Prosedur pengujian

1) Ambil sampel tanah ± 20 gram yang lolos saringan no.40,letakkan benda uji di atas pelat kaca,kemudian diaduk sehingga kadar airnya merata.
2) Setelah kadar air cukup merata,buatlah bola-bola tanah dari benda uji itu seberat 8 gram,kemudian bola-bola tanah itu di loring ke atas plat kaca dilakukan dengan menggerakan telapak tangan,dengan maju mundur kecepatan 80-90 rolling permenit.
3) Rolling dilakukan terus sampai benda uji membentuk batang silinder dengan diameter 3mm. Kalau dalam waktu rolling itu ternyata sebelum benda uji mencapai 3mm sudah retak maka benda uji disatukan kembali air sedikit dan diaduk rata. Jika ternyata tanah yang di roling mencapai < 3 mm tanpa menunjukan retakan-retakan ,maka contoh perlu dibiarkan beberapa saat du udara,agar kadar airnya berkurang sedikit. Kumpulkan batang-batang silinder tanah tersebut dalam dua

moisture can dan dalam satu moisture can sebanyak 5-8 gram untuk menentukan kadar airnya.

4) Pengadukan dan rolong di ulangi terus sampai retakan-retakan itu terjadi tepat pada saat gelengan mempunai diameter 3mm.
5) Periksa kadar air tanah pada (4) sesuai dengan uji penentuan kadar air.

Plastic limit (batas plastis) adalah merupakan kadar air dari tanah tersebut mulai retak ketika digiling pada diameter ± 3,2 mm

Plasticity Index (PI) adalah merupakan selisih antara Liquid Limit dan Plastic Limit

PI = LL – PL

Dimana :

PI = Indeks palastisitas (Plastis Index)

LL = Batas cair (Liquid Limit)

PL = Batas plastis (Plastic Limit)

C. Batas Susut (Shrinkage Limit / SL)

Batas susut adalah kadar air dimana konsistensi tanah tersebut berada antara keadaan semi plastis dan kaku, sehingga jika diadakan pengurangan kadar air, tanah tersebut tidak akan berkurang volumenya.

a. Alat yang digunakan :
1) Evaporating dish,porselen ± 4,5 inch
2) Spatula (sudip/sendok),panjang ± 3 inch lebar 3/4 inch
3) Cawan susut,dasar rata, dari porselen atau monel,± diameter tinggi ±1/2 inch
4) Mistar logam (straight edge) panjang ±12 inch
5) Cawan gelas,cangkir,permukaan rata diameter ± 2 inch tinggi ±1 inch
6) Plat kaca (prong plate)
7) Gelas ukur 25 ml tiap garis pembaca ukuran volume 0.2 ml
8) Timbangan ketelitian 0.001 gram
9) Air raksa (mercury)

10) Saringan No.40

b. Benda uji

1) Siapkan tanah lolos saringan no.40 (kering udara) 30 gram
2) Alat alat dibersikhkan
3) Mengkalibrasi timbangan yang akan digunakan
4) Menyiapkan botol penyemprot dan air suling

c. Prosedur pengujian

1) Letakkan contoh tanah dalam cawan dan capur baik-baik dengan air suling (aqudes) secukupnya untuk menhisi seluruh pori-pori tanah menyerupai pasta,sehingga mudah diisikan kedalam cawan penyusut sampai tanpa membawa serta masuk gelembung-gelembung udara. Banyaknya air yang dibutuhkan kira-kira sama atau sedikit lebih besa dari batas cair.pisahkan segumpal pasta tanah yang diperlukan kadar airnya (w)
2) Bagian dalam dari cawan pennyusut dilapisi tipis dengan vasilin atau grease (stempet) yang kental untuk mencegah melekatnya tanah pada cawan sesudah itu cawan penyusut ditimbang (W1)
3) Contoh pasta tanah dimasukan ke dalam cawan susut sampai cawan sudah 1/3 nya terisi pasta tanah tersebut lalu diketuk-ketuk.kira-kira1/3 nya di atas perukaan yang kokoh diberi bantalan beberapa lembar kertas atau bahan lain sampai tanah padat dan semua udara didalamnya terbawa ke permukaan tambah pasta tanah lagi dan terus ketuk-ketukan sampai cawan terisi penuh dan kelebhan tanah meluber ke pinggran cawan tanah kelebihan tersebut kemudian dipotong dengan straight edge, semua tanah yang melekat diluar cawan dibersihkan.
4) Setelah diratakan dan dibersihkan, ditimbang dengan segera berat cawan susut + berat tanah basah = W2 gram. Pasta tanah dibiarkan mengering diudara sehingga warna pasta tanah berubah dari tua menadi muda lalu dimasukan ke dalam oven (dikeringkan).setelah

kering betul ditimbang : berat cawan+tanah kering = W3 gram. Timbang verat cawan kosong bersih dan kering = W1 gram.

5) Volume cawan susut = volume tanah basah,diukur dengan diisi penuh menekan plat kaca kuat-kuat diatas cawan,ukur dengan gelas ukur banyaknya air raksa tinggal dalam susut = volume tanah basah=V
6) Volume tanah kering diukur dengan mengeluarkan tanah kering dari cawan ssut lalu dicelupkan ke dalam cawan gelas yang penuh dengan air raksa.dengan cara sebagai berikut:
   - Isi glass cup dengan air raksa sampai penuh kemudian ratakan permukaan air raksa dengan glass cup dengan jalan menekannya dengan plat kaca. Untuk menampung tumpahan air raksa di cawan porselin.
   - Masukkan tanah kering ke dalam air raksa dan tekan tanah tersebut dengan Transparant plate (plat kaca). Air raksa yang tumpah kemudian masukkan ke dalam gelas ukur, sehingga volume yang terbaca adalah merupakan volume tanah kering (V_0).
   - Ukur volume Milk Dish dengan cara mengisinya sampai penuh dengan air raksa, kemudian tuangkan air raksa tersebut ke dalam gelas ukur. Volume yang terbaca adalah volume Milk Dish yang sama dengan volume tanah basah (V).

$$S = \left(\frac{V}{W} - \frac{1}{G}\right) x100 \quad \text{......(3.7)}$$

$$S = \left(w - \frac{v-v}{W}\right) x100\% \quad \text{......(3.8)}$$

Dimana :

SL	= Batas susut tanah
W0	= Berat benda uji setelah kering
V0	= Volume benda uji setelah kering
Gs	= Berat jenis tanah

W = Kadar air tanah basah diisi pada container

V = Volume tanah basah

Angka susut (Shrinkage Ratio / SR) dapat dihitung dengan rumus :

$S = \frac{W}{V}$ ....(3.9)

3.4.5 Analisa Saringan dan Hidrometer

A. Analisa Saringan

Analisis saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

- Alat yang digunakan :

1) Nomor saringan standar yang digunakan adalah nomor saringan 4,10,2040,60,100,200 dan pan
2) Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram
3) Oven
4) Mesin pengguncang saringan;
5) Talam,kuas, sikat kuningan ,sendok

- Prosedur pengujian

1) Ambil contoh tanah secukupnya kemudian ditimbang beratnya.
2) Contoh tanah yang ditimbang direndam selama ± 24jam.
3) Contoh tanah yang direndam,kemudian dicuci dan disaring dngan saringan nomor 200,agar bersih dari butiran clat,silt dan koloid.
4) Contoh tanah yang tertinggal diatas saringan ,dioven sampai kering kemudian dilakukan pengujian analisa saringan.
5) Contoh tanah yang sudah dioven,disaring dengna saringan nomor 4 dengan diameter 4,75 mm ditempatkan paling atas,dilanjutkan dengan saringan nomor 10,20,40,60,100,200 dan pan.
6) Contoh tanah disaringan diguncang dengan tangan(manual) atau dengan mesin pengguncang selama ±15 menit.
7) Contoh tanah yang tertinggal pada masing-masing saringan ditimbang
8) Kemudian dihitung:

- Jumlah butir tanah yang tetinggal dalam masing-masing saringan
- Prosentase komulatif taah yang tertinggal pada masing-masing saringan
- Prosentase komulatif tanah yang lolos pada masing-masing saringan

Perhitungan:

a. Jumlah butir tanah tertinggal dalam saringan dibagi berat mula-mula seluruhnya dikalikan 100%

Prosentase tanah tertahan (% tertahan) = $\frac{W_{tertahan}}{W_{total}} x 100\%$ ....(3.10)

b. $W_{tertahan} = W_{\tan ah} - W_{\tan ah-total-sesudah-penyaringan}$ ....(3.11)

c. Prosentase tanah lolos (% lolos) = 100 % -% tertahan

d. Kesalahan penimbangan contoh tanah sebelum dan sesudah penyaringan tidak boleh melebihi $2\% = \frac{W_d - W_t}{W_d} x 100\%$ ....(3.12)

Dimana: W_d = berat butiran tanah sebelum lewat saringan.

W_t = berat butiran tanah total setelah disaring.

B. Analisa Hidrometer

- Alat yang digunakan :

1) Alat ukur hydrometer type ASTM 152-H
2) Mesin pengaduk (mixer)
3) Dua gelas silinder yang masing-masing mempunyai volume 1000 cc.
4) Termometer
5) Bak/kolam air yang mempunyai temperatur tetap.
6) Deflocculating agent (larutan kimia yang digunakan untuk memisahkan butir-butir tanah antara satu dengan lainya); biasanya digunakan calgon atau sodium hexametaphos phate.
7) Pisau spatula
8) Beaker (kincir pengaduk / pencampur)
9) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram

10) Botol plastic
11) Air suling
12) Gelas ukur
13) Karet penutup (mempunyai diameter sama dengan diameter gelas silinder)

- Prosedur pengujian

1) Mengambil 50 gram tanah yang sudah dikeringkan dan ditumbuk, kemudian masukan kedalam gelas ukur.
2) Menyiapkan bahan kimia yang dapat digunakan untuk mencegah butir-butir tanah untuk berflocculasi (bahan kimia yang biasa digunakan untuk tujuan ini adalah 4 % larutan calgon atau sodium hexametaphos phate). Larutan ini dapat dibuat dengan cara mencampur 40 gram calgon dengan 1000 cc air suling.
3) Mengambil 125 cc dari larutan yang telah disiapkan pada langkah no 2. tambahkan larutan tersebut kedalam gelas ukur yang telah disiapkan pada langkah no 1. biarkan campuran tanah dan larutan tersebut kira-kira 8 s/d 12 jam.
4) Mengambil gelas silinder yang mempunyai volume 1000 cc dan mengisi dengan larutan yang telah disiapkan pada langkah no 2; kemudian menambahkan air suling sebanyak kira-kira 875 cc. mencampur atau mengaduk larutan tersebut hingga betul-betul merata.
5) Gelas silinder beserta isinya yang telah disiapkan pada langkah no 4 ditaruh didalam bak air yang mempunyai temperatur tetap. Mengukur temperatur air di bak tersebut (=T˚C).
6) Meletakkan alat hydrometer didalam silinder yang berisi larutan yang telah disiapkan pada langkah no 5, dan mencatat pembacaan dari alat hydrometer tersebut (dalam hal ini yang harus dibaca adalah batas atas dari meniscus air). Langkah no 6 ini digunakan untuk menentukan zero correction (Fz) yang harganya bisa positif atau negatif, dan untuk menentukan harga koreksi meniscus (Fm).
7) Dengan mgnggunakan pisau spatula, mencampur tanah yang telah disiapkan pada langkah no 3 sampai benar-benar merata. Memindahkan campuran

tersebut kedalam gelas pengaduk (mixer-cup). Perlu diperhatikan disini bahwa selama proses pengadukan, sebagian tanah yang diaduk mungkin akan menempel pada sisi-sisi beaker (kincir pengaduk); dengan menggunakan botol plastik yang diisi air suling, bersihkan semua tanah yang menempel pada beaker tersebut.

8) Menambahkan air suling kedalam mixer-cup (gelas pengaduk) sampai kira-kira 2/3 volume gelas. Dengan menggunakan mesin pengaduk, aduk campuran tersebut kira-kira 2 menit.
9) Memindahkan campuran tanah yang sudah dicampur (pada langkah no 8) kedalam gelas silinder yang mempunyai volume 1000 cc (tidak boleh ada tanah yang tertinggal didalam gelas pengaduk). Menambahkan air suling kedalam gelas silinder tersebut sampai volume larutan mencapai 1000 cc.
10) Menutup gelas silinder yang telah disiapkan pada langkah no 9 dengan karet penutup, dan mengocok campuran tanah + air tersebut dengan cara menbolak-balik silinder.
11) Meletakan silinder yang telah disiapkan pada langkah no 10 di dalam bak air yang mempunyai temperatur tetap, disamping silinder yang telah disiapkan pada langkah no 5. mencatat waktu testnya dengan segera (pada saat permulaan test, komulatif waktu t = 0) dan kemudian memasukan alat ukur hydrometer kedalam silinder yang berisi larutan + air secara perlahan-lahan.
12) Mencatat pembacaan alat hydrometer pada waktu t = 0,25; 0,50; 1 dan 2 menit.
13) Setelah pengambilan bacaan pada saat t = 2 menit selesai, alat ukur hydrometer diambil dan dimasukan kedalam silinder yang telah disiapkan pada langkah no 5. perlu diperhatikan bahwa pengambilan alat ukur hydrometer dari silinder yang berisi larutan air + tanah, harus dilakukan secara hati-hati supaya tidak mengacaukan larutan yang sudah mulai mengendap tersebut.
14) Pengambilan bacaan selanjutnya dilakukan pada saat t = 4, 8, 15, 30 menit, 1,2 , 4, 8, 24, dan 48 jam. Setiap pengambilan pembacaan selama test, alat ukur hydrometer harus dimasukan kedalam gelas silinder yang berisi

campuran tanah + air selama kira-kira 30 detik sebelum pengambilan bacaan. Setelah pengambilan bacaan selesai, alat ukur hydrometer diambill lagi dan dalam campuran tanah + air tersebut dan dimasukan kembali kedalam gelas silinder yang disiapkan pada langkah no 5

3.5 Uji Pemadatan Standar Proctor dengan Metode A

a. Peralatan yang digunakan :

1) Alat pemadatan standar dan modifikasi sesuai dengan spesifikasi pemadatan yang dilakukan berupa tabung cetakan (mold), lengkap dengan silinder penyambung (collar), serta alat penumbuk (hammer).
2) Saringan ASTM No. 4 (4,75mm)
3) Alat untuk mengeluarkan contoh tanah (dongkrak) dari tabung cetakan
4) Alat perata tanah dari besi sepanjang 25 cm, dengan salah satu sisi memanjang tajam dan sisi yang lain datar
5) Wadah tempat mencampur tanah dengan air (can)
6) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram dan 0,1 gram
7) Oven dengan suhu 1050 - 1100 C
8) Wadah tempat penyimpanan contoh tanah (desicator)
9) Palu karet, kantung plastik
10) Penyemprot air, oli, kuas

b. Prosedur pengujian

1) Siapkan contoh tanah terganggu yang telah dikeringkan, kemudian tumbuk dengan menggunakan palu karet sehingga lolos saringan No. 4 sebanyak 20 kg.
2) Membagi tanah yang lolos saringan No.4 menjadi 6 bagian.
3) Tiap-tiap bagian dicampur dengan air sehingga diperoleh kadar air yang berbeda dengan perbedaan ±5% satu sama lain atau disesduaikan dengan keadaan tanah yang digunakan, sehingga diperoleh 3 contoh tanah dengan kadar air dibawah optimun dan 3 contoh tanah dengan kadar air diatas optimum.

4) Masing-masing bagian tanah diaduk rata diatas baki seng kemudian dimasukan ke dalam kantong plastik dan disimpan selama 12 jam.
5) Siapkan Mold/cetakan dan alasnya. Timbang beratnya (W1) dan ukur volumenya (V).
6) Setiap contoh yang ada dalam satu kantong plastik dibagi menjadi 3 bagian. Setiap bagian dibagi menjadi 1 lapis di dalam mold/cetakan dan ditumbuk sebanyak 25 kali.
7) Setela ditumbuk sebanyak 3 lapis, leher mold dibuka dan tanah diratakan kemudian ditimbang (W2).
8) Ambil sedikit contoh tanah tersebt dari bagian atas dan bagian bawahnya untuk di ukur kadar airnya.
9) Pengujian dilakukan sebanyak 6 kali, untuk kadar air yang berbeda, sehingga diperoleh 6 titik kordinat.
10) Gambarkan hubungan antara berat isi kering (Ɣd) dan kadar air (W). Titik puncak pada kurva jika diproyeksikan pada absis sumbu akan diperoleh berat isi kering maksimum (Ɣd) (Maximum Dry Density = MDD) dan kadar air optimum (Optimum Moisture Content =OMC).
11) Gambarkan hubungan antara berat isi kering dengan kadar air pada derajat kejenuhan 100% (zero Air Void Line = ZAVL)

c. Perhitungan

1. Kadar air tanah (w) dihitung terlebih dahulu.

   $w = \frac{W_w}{W_s} x$ 100 %...……...(3.13)

   Dimana :

   Ww = berat air (gram)

   Ws = berat tanah kering (gram)

2. Berat isi basah (Ɣ)

   $\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V}$..........……..(3.14)

   Dimana :

   W_1 = berat mold + alas (gram)

   W_2 = berat mold + alas + berat contoh tanah (gram)

V = Volume mold (cm^3)

3. Berat isi kering (γ_d)

$$\gamma = \frac{\gamma}{(1+w)} \qquad (3.15)$$

Dimana :

W = kadar air setelah kompaksi (%)

4. Berat isi kering Z.A.V

$$(\gamma\ .A.V) = \frac{\gamma_w\ x\ G}{\gamma_w + w} \qquad (3.16)$$

Dimana :

ZAV = Zero Air Void (kondisi kadar udara = 0)

γw = berat isi air (=1 gr/cm^3)

Gs = berat jenis butiran tanah

5. Kadar pori

$$(e) = \frac{G\ .(1+w).\gamma_w}{\gamma} - 1 = \frac{G\ .\gamma_w}{\gamma} - 1 \qquad (3.17)$$

6. Porositas

$$(n) = \frac{e}{1+e} \qquad (3.18)$$

7. Derajat kejenuhan

$$(S\ ) = \frac{w.G}{e}\ x\ 100\% \qquad (3.19)$$

8. Volume udara

$$(V\ ) = 1 - \left(\frac{\gamma_a}{\gamma_w}\left[1 + \frac{e}{w.G}\right]\right) \qquad (3.20)$$

3.6 Pengujian Uji Triaxial UU (*Triaxial Test Unconsolidated Undrained*)

Kuat geser tanah adalah kemampuan daya dukung tanah dalam memikul beban, dimana parameter kuat geser tanah berupa kohesi tanah (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Parameter kuat geser tanah dapat ditentukan dari pengujian laboratorium yaitu uji Triaxial UU (SNI 03-4813-1998).

Pada pengujian ini tidak diperbolehkan adanya aliran air dari contoh tanah selama pengujian berlangsung. Tegangan air pori biasanya tidak diukur pada pengujian jenis ini data tanah yang dipakai tidak dikonsolidasikan.

1. Peralatan yang Digunakan
   a. *Compression Machine (Strain Controlled)*
   b. *Triaxial Cell*
   c. *Specimen Mold* (silinder untuk cetakan contoh tanah)
   d. *Rubber membrane* (membran karet/kondom)
   e. *Membrane Stretcher*
   f. *Rubber Binding Strips* (karet pengikat)
   g. Batu pori
   h. *Vacuum pump*
   i. *Compressor*
   j. *Trimmer* untuk tanah kohesif
   k. *Loading Frame*
   l. *Sample Extruder*
   m. Timbangan
   n. Alat pemotong (gergaji kawat)
   o. Oven
   p. Air bercampur Gliserin
   q. *Stopwatch*
2. Bahan yang Digunakan
   a. Contoh tanah kohesif dengan syarat 2 < L/d < 3, kedua permukaan diratakan.

L = panjang contoh tanah

d = diameter contoh tanah

b. Kapur

3. Pelaksanaan Pengujian

1) Keluarkan contoh tanah dari tabung dengan menekan cetakan silinder berukuran tinggi 3" dan diameter 1,5" sampai tanah terisi penuh oleh tanah dengan menggunakan extruder.

2) Ratakan kedua permukaan dan keluarkan contoh tanah dari cetakan kemudian timbang beratnya.

3) Dengan bantuan strectcher contoh tanah diselubungi membran karet.

4) Pasang batu pori di bagian bawah.

5) Membran bagian bawah atas diikat dengan karet membran.

6) Letakkan contoh tanah pada alat triaxial, percobaan dilakukan dengan cara UU.

7) Sel triaxial diisi air distilasi hingga penuh dan meluap, tegangan air pori dinaikkan hingga 0,5 kg/cm^2 (σ_3).

8) Tegangan vertikal diberikan dengan cara menekan tangkai beban di bagian atas contoh tanah yang dijalankan oleh mesin dengan kecepatan tertentu.

   Untuk mengukur tekanan air pori, kran penghubung batu pori dengan alat pengukur tekanan air pori dibuka dan tekanan air pori di baca pada pipa U. Pembacaan tekanan air pori tersebut harus di lakukan tanpa terjadi aliran air dari contoh tanah (undrined), yaitu dengan mengatur screw

control. Pembacaan tekanan air pori dilakukan bersama dengan pembacaan proving ring dial, pada setiap strain dial bergerak 20 devisi.

9) Pembacaan di lanjutkan sampai pembacaan proving ring dial memperlihatkan penurunan sebanyak tiga kali atau sampai strain mencapai ± 15%.
10) Keluarkan contoh tanah dari sel triaxsial kemudian digambar bidang runtuhnya.
11) Kemudian contoh tanah di bagi menjadi tiga bagian untuk di periksa kadar airnya.
12) Lakukan lagi pengujian ini dengan tegangan sel 1 kg /cm^2, dan 2 kg/cm^2 seperti prosedur diatas.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

4.1.1 Uji Berat Isi Tanah

Pengujian berat isi bertujuan untuk menentukan berat isi tanah dengan keadaan asli (undisturbed sample). Berat isi tanah yang diperoleh untuk kondisi tanah asli yaitu 1,421 gram/cm³.

Tabel 4.1 Berat Isi Tanah Kondisi Asli

Keadaan Tanah			Undisturb			
Nomor Ring			1	2		
Diameter Ring	(d)	cm	4.00	4.00		
Tinggi Ring	(t)	cm	2.00	2.00		
Volume Ring	(V)	cm^3	25.12	25.12		
Berat Ring	(W_1)	gram	189.14	187.76		
Berat Ring + tanah	(W_2)	gram	225.32	222.95		
Berat Tanah	($W_3 = W_2 - W_1$)	gram	36.18	35.19		
Berat Volume Tanah	($\gamma = W_3/V$)	$gram/cm^3$	1.44	1.40		
Berat Volume Rata-rata		$gram/cm^3$	**1.421**			

4.1.2 Uji Kadar Air Tanah

Uji kadar air dilakukan untuk mengetahui kadar air tanah yang diambil di lokasi pengambilan sampel. Pengujian ini dilakukan setelah sampel tanah uji dikeringkan dalam oven selama minimum 12 jam.

Pengujian kadar air yang dilakukan yaitu terhadap 2 sampel tanah, kadar air yang diperoleh saat pengujian yaitu sebesar 31,42 %.

Tabel 4.2 Pengujian Kadar Air Tanah

Keadaan Tanah		Undisturb			
Nomor cawan		1	2		
Berat tanah basah+cawan (gr)	*1*	40.74	41.57		
Berat tanah kering+cawan (gr)	*2*	33.71	34.23		
Berat air (gr) (3)	*1 - 2*	7.03	7.34		
Berat cawan (gr)	*4*	11.21	11.00		
Berat tanah kering (gr) (5)	*2 - 4*	22.50	23.23		
Kadar air (w) (%)	*3 / 5*	31.24	31.60		
Kadar Air (w) (%)		**31.42**			

4.1.3 Uji Berat Jenis Tanah

Selain kadar air tanah, hasil dari uji indeks properties adalah berat jenis tanah (*specific gravity*/Gs). Penelitian ini berguna untuk mengetahui berat jenis tanah asli. Setelah dilakukan penelitian, berat jenis tanah untuk sampel tanah yaitu sebesar 2,404.

Tabel 4.3 Berat Jenis Tanah (*Spesific Gravity/Gs*)

Keadaan Tanah		Undisturb			
Nomor piknometer		1	2		
Temperatur	^{0}C	27	27		
Berat piknometer + tanah	gr	60.07	59.93		
Berat piknometer	gr	51.11	52.10		
Berat tanah	gr	8.96	7.83		
Berat piknometer + air	gr	157.91	156.77		
Berat total	gr	166.87	164.60		
Berat piknometer + air + tanah	gr	163.16	161.35		
Volume air	ml	3.71	3.25		
Koreksi temperatur K		0.9965	0.9965		
Spesific Gravity		2.407	2.401		
Spesific Gravity rata-rata		**2.404**			

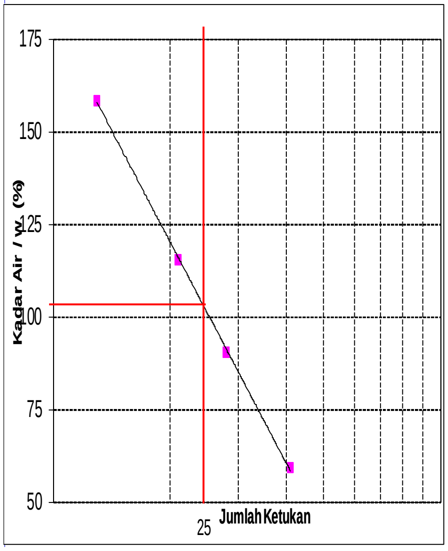
4.1.4 Uji Atterberg Limit

Uji Atterberg Limit ini mencakup penentuan batas-batas Atterberg yang meliputi : batas cair (*liquid limit/LL*) dan batas plastis (*plastic limit/PL*). Sehingga bias didapat indeks plastisitas (*plasticity index/PI*).

Berikut merupakan hasil uji batas Atterberg :

Tabel 4.4 Uji Batas Atterberg

	LIQUID LIMIT (LL)				PLASTIC LIMIT (PL)	
1. No. Cawan	1	2	3	4	5	6
2. Jumlah Ketukan	41	28	21	13		
3. Berat Cawan + Berat Tanah Basah (gr)	37.80	38.52	38.92	39.08	37.55	37.58
4. Berat Cawan + Berat Tanah Kering (gr)	29.40	27.51	26.16	24.43	32.64	32.57
5. Berat Air (gr)	8.40	11.01	12.76	14.65	4.91	5.01
6. Berat Cawan (gr)	15.21	15.32	15.09	15.18	15.22	15.43
7. Berat Contoh Tanah Kering (gr)	14.19	12.19	11.07	9.25	17.42	17.14
8. Kadar Air (%)	59.20	90.32	115.27	158.38	28.19	29.23
					28.71	



SHRINKAGE LIMIT (SL)	I	II	III
No. Cawan			
Berat Cawan + Berat Tanah Basah (gr)			
Berat Cawan + Berat Tanah Kering (gr)			
Berat Air (gr)			
Berat Cawan (gr)			
Berat Contoh Tanah Kering (wo) (gr)			
Kadar Air (w) (%)			
Vol. Tanah Basah = Vol. Cawan (v) (cm^3)			
Volume Contoh Tanah Kering (vo)			
SL = w - {((V-Vo)/wo)x100}			

LL	PL	PI	Classification	Catatan :
105.00	28.71	76.29	CH	Kondisi Contoh Tanah : 1. Asli / Kering Udara 2. Telah Disaring / Tanpa Disaring 3. Vo = Berat Mercury (Air Raksa) Berat Jenis Mercury.

Dari hasil pengujian didapat hasil sebagai berikut :

- Batas Cair (LL) = 105,00%,
- Batas Plastis (PL) = 28,71%,
- Indeks Plastisitas (IP) = 76,29%.

4.1.5 Uji Analisa Distribusi Butiran Tanah

- **Uji Analisa Saringan (*Sieve Shaker*)**

Uji ini dipergunakan untuk tanah berbutir kasar, yaitu tanah yang butir – butirnya lebih besar dari tapis no. 200 atau 0,074 mm.

Tabel 4.5 Uji Saringan

Nomor Saringan (Ukuran Saringan)			Berat Tertahan (gram)	Jumlah berat Tertahan (gram)	Jumlah persen (%)	
					Tertahan	Lolos
4.76	mm	No.4	0.310	0.310	0.19	99.81
2.00	mm	No.10	0.194	0.504	0.31	99.69
1.19	mm	No.20	0.627	1.131	0.70	99.30
0.59	mm	No.40	1.909	3.040	1.89	98.11
0.177	mm	No.80	1.328	4.368	2.71	97.29
0.149	mm	No.100	2.888	7.256	4.50	95.50
0.074	mm	No.200	2.872	10.128	6.28	93.72
P a n			151.112	161.240	100.00	

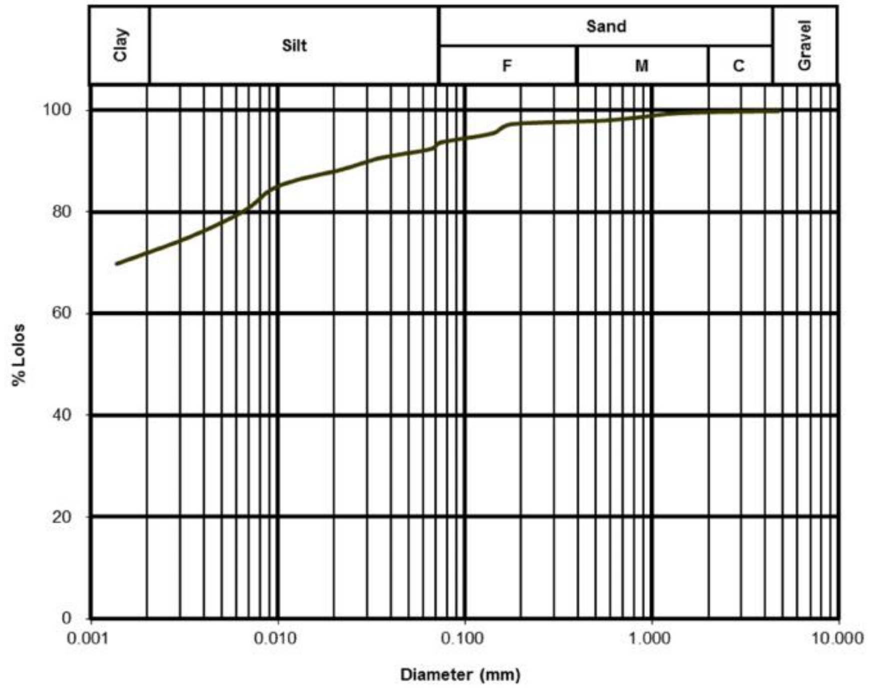
- **Uji Analisa Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)**

Uji hidrometer ini bertujuan untuk mengetahui pembagian ukuran butir tanah yang berbutir halus yaitu tanah yang butir – butirnya lebih kecil dari tapis no. 200 atau 0,074 mm. Berikut merupakan hasil uji hidrometer :

Tabel 4.6 Uji Hidrometer

t	T	Ra	Rc	N	R	L	L/t	K	D	%
0										
0.5	25	92.0	90.00	98.659	90.5	13.30	26.600	0.01306	0.0674	92.462
1	25	91.0	89.00	97.562	89.5	13.50	13.500	0.01306	0.0480	91.434
2	25	90.0	88.00	96.466	88.5	13.70	6.850	0.01306	0.0342	90.407
5	25	88.0	86.00	94.274	86.5	13.90	2.780	0.01306	0.0218	88.352
15	25	86.0	84.00	92.081	84.5	14.20	0.947	0.01306	0.0127	86.297
30	25	84.0	82.00	89.889	82.5	14.60	0.487	0.01306	0.0091	84.243
60	25	80.0	78.00	85.504	78.5	15.00	0.250	0.01306	0.0065	80.133
240	25	75.0	73.00	80.023	73.5	15.50	0.065	0.01306	0.0033	74.997
1440	25	70.0	68.00	74.542	68.5	16.00	0.011	0.01306	0.0014	69.860

Pada uji analisa saringan dan uji analisa hidrometer dihasilkan sebuah kurva analisis butiran tanah.



Gambar 4.1 Grafik Distribusi Butiran Tanah

Dari hasil grafik distribusi butiran tanah didapat persentasi masing-masing fraksi yang ada dalam tanah sebagai berikut :

Fraksi Kerikil	:	0,192	%
Fraksi Pasir	:	6,089	%
Fraksi Lanau	:	21,290	%
Fraksi Lempung	:	72,428	%
Material Lolos #200	:	93,719	%

Dari hasil pengujian maka karekteristik tanah yaitu **Lempung Lanauan.**

4.2 Uji Compaction (*Standar Method Proctor A*)

Tujuan dari uji kompaksi adalah untuk mendapatkan kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum (MDD) pada suatu proses pemadatan. Dengan cara memadatkan 3 lapisan, dimana setiap lapisan 25 kali pukulan. Pengujian *compaction* yang digunakan yaitu Standar Method Proctor A .

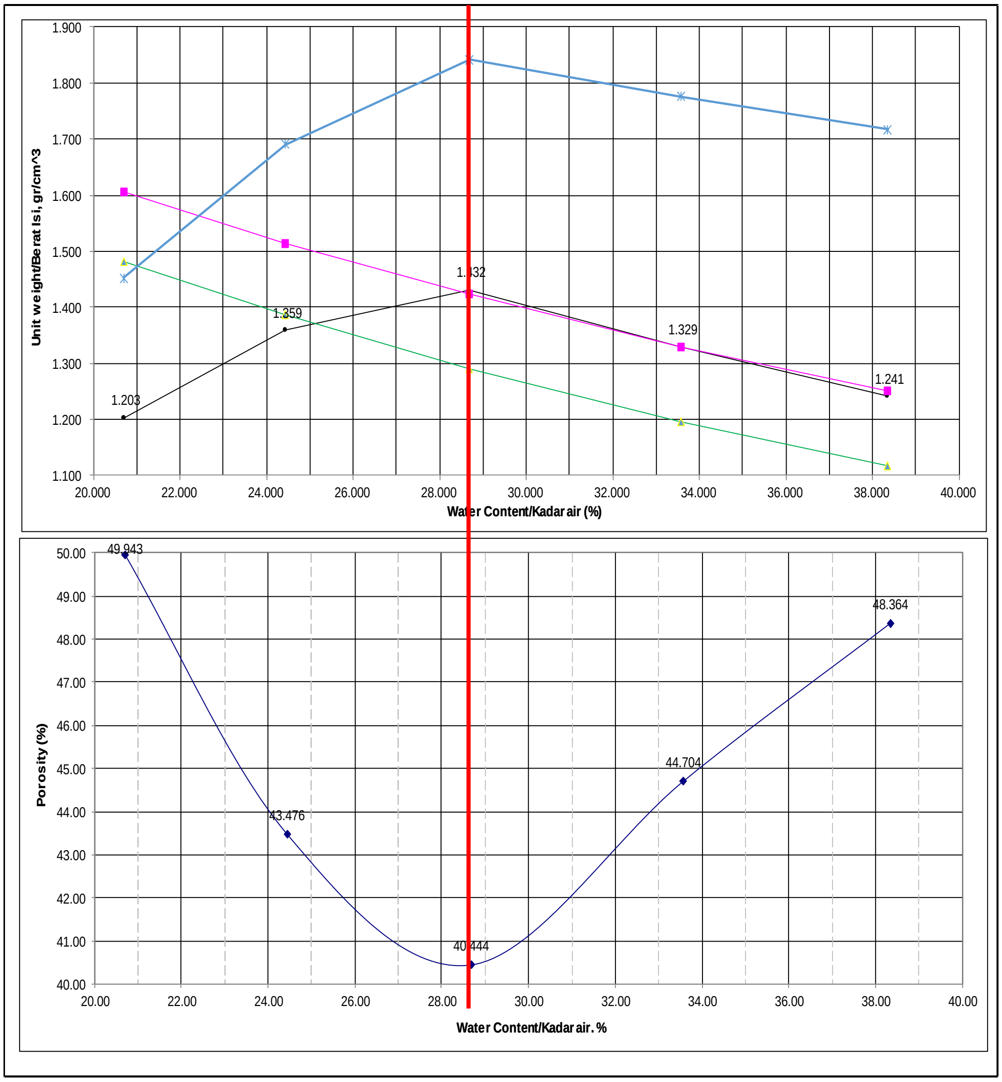
Tabel 4.7 Kadar Air Pengujian Standar Proctor Metode A

Test Number/No. Uji		1		2		3	
Container Number/No. Cawan		A	B	C	D	E	F
Weight of Wet Soil + Container/Berat Tanah Basah + Cawan	(gr)	34.300	34.000	33.700	32.700	35.500	35.200
Weight of Dry Soil + Container/Berat Tanah Kering + Cawan	(gr)	30.000	29.300	28.700	27.900	29.500	29.100
Weight of Water/Berat Air	(gr)	4.300	4.700	5.000	4.800	6.000	6.100
Weight of Container/Berat Cawan	(gr)	8.000	7.800	8.400	8.100	8.100	8.300
Weight of Dry Soil/Berat Tanah Kering	(gr)	22.000	21.500	20.300	19.800	21.400	20.800
Moisture Content/Kadar Air	(%)	19.545	21.860	24.631	24.242	28.037	29.327
Average of Moisture Content/Kadar Air Rata-rata	(%)	**20.703**		**24.436**		**28.682**	

Test Number/No. Uji		4		5			
Container Number/No. Cawan		H	I	J	K		
Weight of Wet Soil + Container/Berat Tanah Basah + Cawan	(gr)	34.900	35.100	36.800	37.100		
Weight of Dry Soil + Container/Berat Tanah Kering + Cawan	(gr)	28.200	28.100	29.000	29.100		
Weight of Water/Berat Air	(gr)	6.700	7.000	7.800	8.000		
Weight of Container/Berat Cawan	(gr)	7.900	7.600	8.500	8.400		
Weight of Dry Soil/Berat Tanah Kering	(gr)	20.300	20.500	20.500	20.700		
Moisture Content/Kadar Air	(%)	33.005	34.146	38.049	38.647		
Average of Moisture Content/Kadar Air Rata-rata	(%)	**33.576**		**38.348**			

Tabel 4.8 Uji Pemadatan Standar Proctor Metode A

Test number/No.Uji		1	2	3	4	5	
Increase of water used/Penambahan atau Penggunaan Air	%	10	15	25	30	35	
Weight of mould + base + wet soil/Berat Cetakan+Alas+Tanah basah	gr	6140	6363	6509	6445	6389	
Weight of mould + base/Berat Cetakan+Alas	gr	4769	4767	4770	4769	4768	
Weight of wet soil/Berat Tanah Basah	gr	1371	1596	1739	1676	1621	
Volume of wet soil/Volume Tanah Basah	cm^3	944	944	944	944	944	
Bulk density/Berat Isi	gr/cm^3	1.452	1.691	1.842	1.775	1.717	
Moisture content/Kadar Air	%	20.703	24.436	28.682	33.576	38.348	
Dry density/Berat Isi Kering	gr/cm^3	**1.203**	**1.359**	**1.432**	**1.329**	**1.241**	
Weight of dry soil/Berat Tanah Kering	gr	1135.846	1282.582	1351.392	1254.720	1171.682	
Volume of dry soil/Volume Tanah Kering	cm^3	472.537	533.582	562.208	521.991	487.445	
Volume of voids/Volume Pori	cm^3	471.463	410.418	381.792	422.009	456.555	
Void ratio/Rasio Pori (e)	-	0.998	0.769	0.679	0.808	0.937	
Porosity (n)	%	49.943	43.476	40.444	44.704	48.364	
A.V.C (Sr = 80%)	gr/cm^3	1.482	1.386	1.291	1.197	1.117	
Z.A.V.C	gr/cm^3	1.605	1.514	1.423	1.330	1.251	



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pemadatan Standar Proctor Metode A

Maka didapat hasil pemadatan standar untuk tanah asli adalah sebagai berikut :

- Berat Isi Maksimum (*Maximum Density*) = 1,842 gr/cm^3
- Berat Isi Kering Maksimum (*Maximum Dry Density*/MDD) = 1,432 gr/cm^3
- Kadar Air Optimu (*Optimum Moisture Content/OMC*) = 28,682%

4.3 Uji Triaxial UU (*Triaxial Unconsolidated Undrained Test*)

Pengujian Triaxial UU bertujuan untuk mengetahui daya dukung atau kuat geser tanah melalui parameter kuat geser tanah berupa kohesi tanah (c) dan sudut geser dalam tanah (←). Nilai c dan ← yang didapat merupakan nilai parameter kuat geser tanah yang diuji.

Pada pengujian *Triaxial Unconsolidated Undrained* (Triaxial UU), sampel tanah yang digunakan adalah tanah *disturbed* (terganggu). Adapun sampel yang diambil adalah tanah asli, tanah dengan campuran kapur sebesar 12,5%, 15%, dan 17,5%. Sehingga jumlah sampel uji Triaxial UU sebanyak 3 benda uji.

4.3.1 Uji Triaxial UU Penelitian Terdahulu

Hasil pengujian Triaxial UU yang telah dilakukan peneliti lainnya didapat nilai dari c dan ← pada setiap tanah dalam kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Triaxial UU Terdahulu

Campuran Tanah	Uji Triaxial UU		Peningkatan Nilai dari Tanah Asli	
	c (kg/cm^2)	ϕ (Derajat)	c (%)	ϕ (%)
Tanah Asli	0.184	11.166	-	-
Tanah + 5% Kapur	0.320	14.089	173.91%	126.18%
Tanah + 7,5% Kapur	0.402	14.733	218.48%	131.95%
Tanah + 10% Kapur	0.511	15.084	277.72%	135.09%

Sumber : TA Alzy Hidayat, USB YPKP, 2023

4.3.2 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 12,5% Kapur

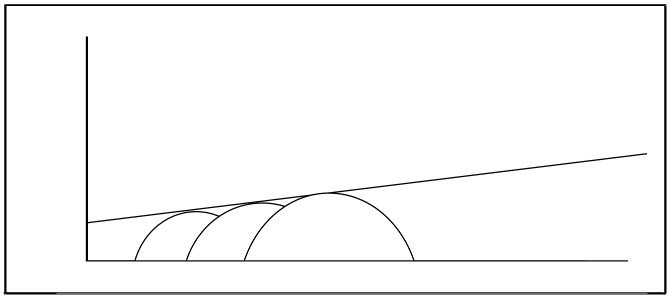
Dari hasil pengujian Triaxial tanah asli + 12,5% kapur untuk kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri adalah sebagai berikut :

Tabel 4.10 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli + 12,5% Kapur

Berat Tanah (W) =			103.000 gr			105.500 gr			107.800 gr		
Regangan Keliling (σ_3) =			0.500 kg/cm^2			1.000 kg/cm^2			2.000 kg/cm^2		
Deformasi Contoh Tanah	Regangan Vertikal	Luas Koreksi	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator
ΔL	ε	A		P	σ_1-σ_3		P	σ_1-σ_3		P	σ_1-σ_3
(mm)	(%)	(cm^2)	(div)	(kg)	(kg/cm^2)	(div)	(kg)	(kg/cm^2)	(div)	(kg)	(kg/cm^2)
0.0	0.00	11.335	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.2	0.26	11.365	4.40	0.906	0.080	5.50	1.133	0.099	5.90	1.215	0.107
0.4	0.53	11.395	8.10	1.669	0.146	9.00	1.854	0.162	9.80	2.019	0.176
0.6	0.79	11.426	13.00	2.678	0.233	13.60	2.802	0.243	14.00	2.884	0.250
0.8	1.05	11.456	17.10	3.523	0.304	18.00	3.708	0.320	18.60	3.832	0.331
1.0	1.32	11.487	21.00	4.326	0.372	22.10	4.553	0.391	22.80	4.697	0.404
1.2	1.58	11.517	24.60	5.068	0.433	26.70	5.500	0.470	27.30	5.624	0.481
1.4	1.84	11.548	28.30	5.830	0.496	29.70	6.118	0.520	30.80	6.345	0.539
1.6	2.11	11.579	32.20	6.633	0.561	33.40	6.880	0.582	34.10	7.025	0.594
1.8	2.37	11.610	34.40	7.086	0.596	37.00	7.622	0.641	38.20	7.869	0.662
2.0	2.63	11.642	35.90	7.395	0.619	39.80	8.199	0.686	40.70	8.384	0.701
2.2	2.89	11.673	37.20	7.663	0.637	38.20	7.869	0.655	42.50	8.755	0.728
2.4	3.16	11.705	34.70	7.148	0.591				40.60	8.364	0.692
2.6	3.42	11.737									
2.8	3.68	11.769									
3.0	3.95	11.801									
3.2	4.21	11.834									
3.4	4.47	11.866									
3.6	4.74	11.899									
3.8	5.00	11.932									
4.0	5.26	11.965									

σ_3	σ_1-σ_3	σ_1
0.500	0.637	1.137
1.000	0.686	1.686
2.000	0.728	2.728

c (kg/cm^2)	0.587
ϕ (°)	15.806



Dari uji triaxial UU untuk tanah tanah + 12,5% kapur didapat :

c = 0,587 kg/cm^2

← = 15,806^0

4.3.3 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 15% Kapur

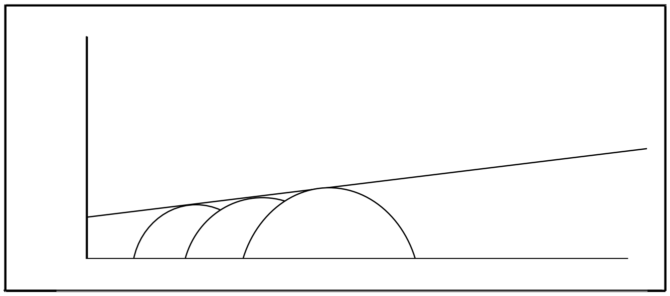
Dari hasil pengujian Triaxial tanah asli + 15% kapur untuk kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri adalah sebagai berikut :

Tabel 4.11 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli + 15% Kapur

Berat Tanah (W)		=	104.200 gr			107.100 gr			109.300 gr		
Regangan Keliling (σ_3)		=	0.500 kg/cm^2			1.000 kg/cm^2			2.000 kg/cm^2		
Deformasi Contoh Tanah	Regangan Vertikal	Luas Koreksi	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator
ΔL	ε	A		P	σ_1-σ_3		P	σ_1-σ_3		P	σ_1-σ_3
(mm)	(%)	(cm^2)	(div)	(kg)	(kg/cm^2)	(div)	(kg)	(kg/cm^2)	(div)	(kg)	(kg/cm^2)
0.0	0.00	11.335	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.2	0.26	11.365	5.00	1.030	0.090	5.70	1.174	0.103	6.10	1.257	0.110
0.4	0.53	11.395	10.30	2.122	0.185	10.80	2.225	0.194	11.30	2.328	0.203
0.6	0.79	11.426	15.90	3.275	0.284	16.40	3.378	0.293	17.00	3.502	0.304
0.8	1.05	11.456	21.30	4.388	0.379	22.00	4.532	0.391	22.50	4.635	0.400
1.0	1.32	11.487	26.00	5.356	0.460	26.90	5.541	0.476	27.40	5.644	0.485
1.2	1.58	11.517	30.20	6.221	0.532	31.00	6.386	0.546	31.90	6.571	0.562
1.4	1.84	11.548	34.10	7.025	0.597	35.40	7.292	0.620	36.30	7.478	0.636
1.6	2.11	11.579	37.10	7.643	0.646	38.20	7.869	0.665	39.70	8.178	0.691
1.8	2.37	11.610	39.70	8.178	0.688	41.70	8.590	0.722	42.50	8.755	0.736
2.0	2.63	11.642	38.90	8.013	0.670	40.50	8.343	0.698	44.10	9.085	0.760
2.2	2.89	11.673							45.30	9.332	0.776
2.4	3.16	11.705							44.70	9.208	0.762
2.6	3.42	11.737									
2.8	3.68	11.769									
3.0	3.95	11.801									
3.2	4.21	11.834									
3.4	4.47	11.866									
3.6	4.74	11.899									
3.8	5.00	11.932									
4.0	5.26	11.965									

σ_3	σ_1-σ_3	σ_1
0.500	0.688	1.188
1.000	0.722	1.722
2.000	0.776	2.776

c (kg/cm^2)	0.648
ϕ (°)	16.117



Dari uji triaxial UU untuk tanah asli + 15% kapur didapat :

c = 0,648 kg/cm^2

← = 16,117^0

4.3.4 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 17.5% Kapur

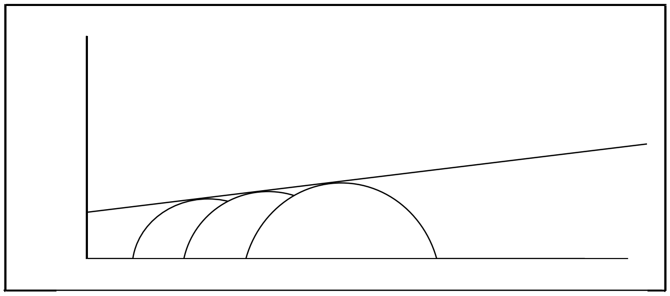
Dari hasil pengujian Triaxial tanah asli + 17,5% kapur untuk kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri adalah sebagai berikut :

Tabel 4.12 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli + 17,5% Kapur

Berat Tanah (W)		=	103.700 gr			106.500 gr			108.200 gr		
Regangan Keliling (σ_3)		=	0.500 kg/cm^2			1.000 kg/cm^2			2.000 kg/cm^2		
Deformasi Contoh Tanah	Regangan Vertikal	Luas Koreksi	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator
ΔL	ε	A		P	σ_1-σ_3		P	σ_1-σ_3		P	σ_1-σ_3
(mm)	(%)	(cm^2)	(div)	(kg)	(kg/cm^2)	(div)	(kg)	(kg/cm^2)	(div)	(kg)	(kg/cm^2)
0.0	0.00	11.335	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.2	0.26	11.365	5.40	1.112	0.098	6.00	1.236	0.108	6.70	1.380	0.121
0.4	0.53	11.395	10.90	2.245	0.196	11.70	2.410	0.210	12.80	2.637	0.230
0.6	0.79	11.426	16.00	3.296	0.286	17.50	3.605	0.313	18.50	3.811	0.331
0.8	1.05	11.456	21.20	4.367	0.377	22.30	4.594	0.397	23.70	4.882	0.422
1.0	1.32	11.487	26.70	5.500	0.473	27.80	5.727	0.492	29.80	6.139	0.527
1.2	1.58	11.517	30.90	6.365	0.544	31.90	6.571	0.562	33.60	6.922	0.591
1.4	1.84	11.548	34.90	7.189	0.611	36.00	7.416	0.630	37.30	7.684	0.653
1.6	2.11	11.579	38.30	7.890	0.667	39.50	8.137	0.688	41.40	8.528	0.721
1.8	2.37	11.610	40.70	8.384	0.705	42.30	8.714	0.733	44.70	9.208	0.774
2.0	2.63	11.642	42.30	8.714	0.729	44.70	9.208	0.770	46.00	9.476	0.793
2.2	2.89	11.673	43.10	8.879	0.739	45.90	9.455	0.787	48.30	9.950	0.828
2.4	3.16	11.705	41.80	8.611	0.712	46.40	9.558	0.791	49.50	10.197	0.844
2.6	3.42	11.737				45.30	9.332	0.768	48.10	9.909	0.815
2.8	3.68	11.769									
3.0	3.95	11.801									
3.2	4.21	11.834									
3.4	4.47	11.866									
3.6	4.74	11.899									
3.8	5.00	11.932									
4.0	5.26	11.965									

σ_3	σ_1-σ_3	σ_1
0.500	0.739	1.239
1.000	0.791	1.791
2.000	0.844	2.844

c (kg/cm^2)	0.703
ϕ (°)	16.545



Dari uji triaxial UU untuk tanah asli + 17,5% kapur didapat :

c = 0,703 kg/cm^2

← = 16,545^0

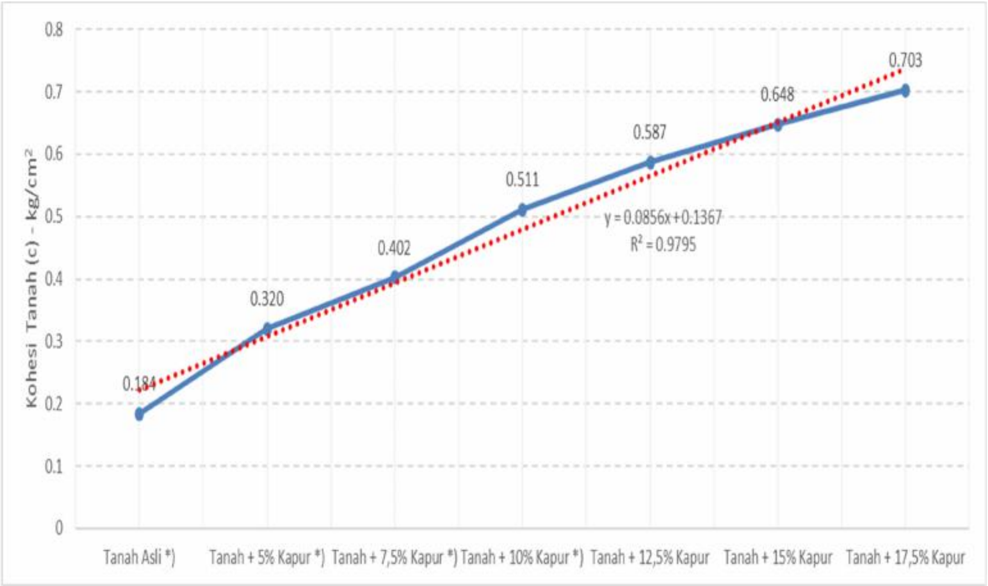
4.4 Rekapitulasi Hasil Uji Triaxial UU

Dalam hasil pengujian Triaxial UU yang telah dilakukan maka didapat nilai dari c dan ←pada setiap tanah dalam kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri. Hasil pengujian Triaxial UU dapat direkapitulasi sebagai berikut :

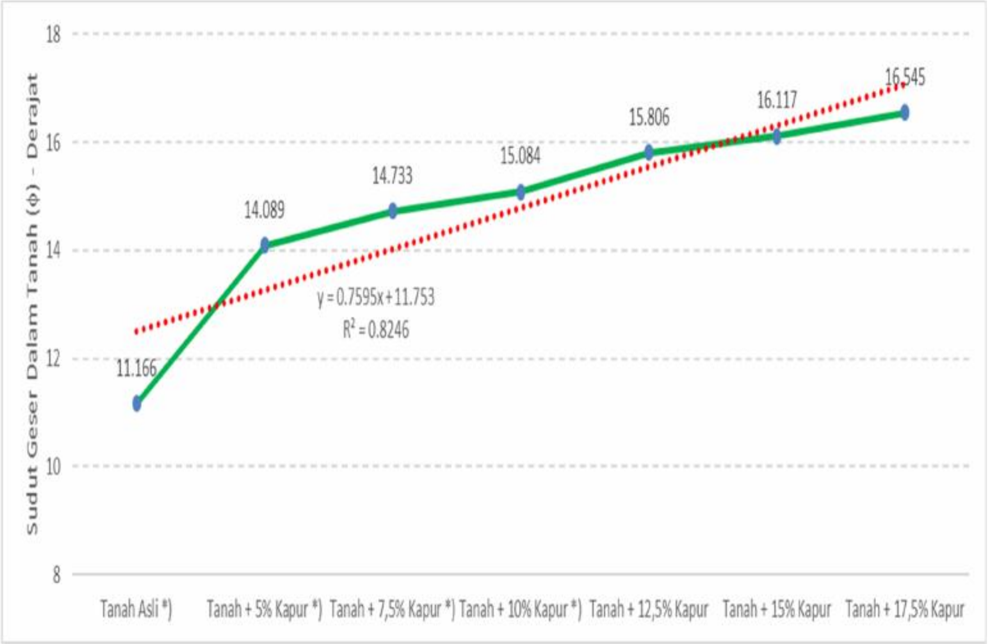
Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Triaxial UU

Campuran Tanah	Uji Triaxial UU		Peningkatan Nilai dari Tanah Asli	
	c (kg/cm^2)	ϕ (Derajat)	c (%)	ϕ (%)
Tanah Asli *)	0.184	11.166	-	-
Tanah + 5% Kapur *)	0.320	14.089	173.91%	126.18%
Tanah + 7,5% Kapur *)	0.402	14.733	218.48%	131.95%
Tanah + 10% Kapur *)	0.511	15.084	277.72%	135.09%
Tanah + 12,5% Kapur	0.587	15.806	319.02%	141.55%
Tanah + 15% Kapur	0.648	16.117	352.17%	144.34%
Tanah + 17,5% Kapur	0.703	16.545	382.07%	148.17%

*) Dilakukan Penelitian Alzy Hidayat, TA PSTS USB YPKP



Gambar 4.3 Grafik Peningkatan Nilai c (Kohesi Tanah)



Gambar 4.4 Grafik Peningkatan Nilai ← (Sudut Geser Dalam Tanah)

Untuk tanah asli + 12,5% kapur terjadi peningkatan dari tanah asli nilai c sebesar 319,02% dan ← sebesar 141,55%.

Untuk tanah asli + 15% kapur terjadi peningkatan dari tanah asli nilai c sebesar 352.17% dan ← sebesar 144,34%.

Untuk tanah asli + 17,5% kapur terjadi peningkatan dari tanah asli nilai c sebesar 382,07% dan ← sebesar 148,17%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada tanah di lokasi jalan tol Cisumdawu pada seksi 3 Sumedang – Cimalaka, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, dengan stabilisasi dengan kapur 12,5%, 15%, dan 17,5% maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter sifat fisik tanah sebagai berikut :
   - Berat Isi Tanah (γt) = 1,421 gram/cm³.
   - Berat Jenis Tanah (Gs) = 2,404.
   - Kadar Air (w) = 31,42 %.
   - Batas Atterberg, Batas Cair (LL) = 105,00%,
     Batas Plastis (PL) = 28,71%,
     Indek Plastisitas (IP) = 76,29%
   - Tanah adalah jenis lanau lempungan dengan persentasi fraksi butiran sebagai berikut :

Fraksi Kerikil	:	0,192	%
Fraksi Pasir	:	6,089	%
Fraksi Lanau	:	21,290	%
Fraksi Lempung	:	72,428	%
Material Lolos #200	:	93,719	%

2. Dari pengujian pemadatan standar didapat MD = 1,842 gr/cm^3, MDD = 1,432 gr/cm^3 dan OMC = 28,682%.
3. Dari pengujian Triaxial untuk tanah asli didapat nilai parameter kuat geser dalam kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri sebagai berikut : c = 0,184 kg/cm^2 dan ϕ = 11,166^0.
4. Dari pengujian Triaxial untuk tanah asli + 12,5% kapur didapat nilai parameter kuat geser dalam kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri sebagai berikut : c = 0,587 kg/cm^2 dan ϕ = 15,806^0. Dan terjadi peningkatan nilai c sebesar 319,02% dan ϕ sebesar 141,55% dari parameter kuat geser tanah asli.
5. Dari pengujian Triaxial untuk tanah asli + 15% kapur didapat nilai parameter kuat geser dalam kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri sebagai berikut : c = 0,648 kg/cm^2 dan ϕ = 16,117^0. Dan terjadi peningkatan nilai c sebesar 352,17% dan ϕ sebesar 144,34% dari parameter kuat geser tanah asli.
6. Dari pengujian Triaxial untuk tanah + 17,5% kapur didapat nilai parameter kuat geser dalam kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri sebagai berikut : c = 0,703 kg/cm^2 dan ϕ = 16,545^0. Dan terjadi peningkatan nilai c sebesar 382,07% dan ϕ sebesar 148,17% dari parameter kuat geser tanah asli.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis dan data hasil pengujian selama penelitian yang dilakukan maka dapat disampaikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Dapat dilakukan pengujian lanjutan dengan penambahan kadar kapur untuk mendapatkan nilai optimum campuran kadar kapur dalam peningkatan parameter kuat geser yaitu kohesi tanah (c) dan sudut geser dalam tanah (ϕ).
2. Perlu dilakukan metode pengujian kuat geser lain seperti pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compressive strength (UCS)*) dan pengujian geser langsung (*direct shear*) untuk dapat membandingkan peningkatan parameter kuat geser (c dan ϕ).
3. Perlu dilakukan pengujian mineralogi tanah yang dipakai sebagai benda uji dan pengujian kandungan kimia terhadap kapur yang digunakan untuk mengetahui reaksi kimianya.

DAFTAR PUSTAKA

Annual Book of ASTM Standards. Vol.4. ASTM International. West Conshohocken. PA

Bowles, J. E. (1993). Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Jakarta: Erlangga.

Das, B. M. (1988). Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1. Jakarta: Erlangga.

Girsang R. P dan Siregar C.A (2021). Studi Pengaruh Stabilisasi Tanah – Semen Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Dengan Uji *Triaxial Unconsolidated Undrained* (Studi Kasus : Tanah Kabupaten Purwakarta). Bandung: Universitas Sangga Buana YPKP.

Robani Ahmad dan Siregar C.A (2021). Studi Pengaruh Stabilisasi Tanah – Semen Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Dengan Uji *Unconfined Compressive Strength* (Studi Kasus : Tanah Kabupaten Purwakarta). Bandung: Universitas Sangga Buana YPKP.

Siregar, C. A. (2018). Mekanika Tanah I (Soil Mechanic I). Bandung: Universitas Sangga Buana YPKP.

Siregar, C. A. (2017). Mekanika Tanah II (Soil Mechanic II). Bandung: Universitas Sangga Buana YPKP.

Siregar, C. A. (2018). Buku Modul Praktikum Mekanika Tanah. Bandung: Universitas Sangga Buana YPKP.

Siregar, C. A. (2003). Pengaruh Campuran Pilmer Silikon Pada Stabilisasi Tanah Ekspansif Cikampek Purwakarta Terhadap Nilai Pengembangan Bebas (Free Swell), Jurnal Itenas, Vol.7 No.3, Bandung.

Siregar, C. A. (2003). Pengaruh Campuran Polimer Silikon Pada Stabilisasi Tanah Ekspansif Cikampek Purwakarta Terhadap Nilai CBR Rendaman, Jurnal Teknik Sipil – Universitas Tarumanagara, Vol.IX No.3, Jakarta.

Siregar, C. A. (2003). Stabilisasi Tanah Ekspansif Cikampek-Purwakarta dengan Campuran Polimer Silikon Terhadap Kuat Tekan Bebas, Prosiding Konperensi Internasional Geoteknik VI, Jakarta.

Terzaghi. (1948). Soil Mechanics In engineering Practice.

Terzaghi, K. P. (1987). Mekanika Tanah I & Mekanika Tanah II. Jakarta: Pekerjaan Umum.

Terzaghi. (1948). Soil Mechanics In Engineering Practice.

UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP	**FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR**			PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
	STABILISASI TANAH DENGAN CAMPURAN KAPUR 0%, 5%, 7,5%, DAN 10% PADA JALAN TOL CISUMDAWU DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU			
	Mahasiswa : **Raden Andri Yogaswara** **2112191119**	**Dosen Pembimbing :** **Chandra Afriade Siregar, ST., MT.** **NIK. 432.200.167**	**TA 2022-2023**	

No.	Tanggal Pertemuan	Uraian Kegiatan - Catatan Perbaikan	Paraf Pembimbing
	14 Nop 22	Pengambilan sample tanah sesuai standar yang ada ! Laboratorium di Bina Teknik, asistensikan hasil uji bisa diwakilkan !	
	30 Nop 22	Hasil uji sifat fisik ok… Lanjutkan uji compaction dan Triaxial..! % kapur diperhatikan…!	
	20 Des 22	Uji Compaction dan Triaxial UU oke.. Perhatikan susunan ujinya.. Analisis hasil dan buat tabel dan grafiknya..!	
	12 Jan 23	Cek kembali penulisan…! Buat rekapitulasi hasil analisis.. Kesimpulan dan saran revisi…	
	23 Jan 23	Laporan TA selesai..! Belajar.. Siap Sidang ! NB. Semua sistensi dilakukan daring dan via zoom (ybs lagi bekerja di luar pulau)	

Bandung, Januari 2023

Pembimbing,

H. Chandra Afriade Siregar, ST., MT.