

**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP KUAT
GESER TANAH LEMPUNG
(STUDI PENELITIAN)
TUGAS AKHIR**

Disusun oleh :

ASTUTI SIMBOLON
19310076

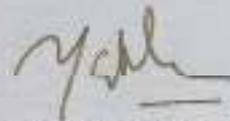
Disahkan Oleh :

Dosen Pembimbing I



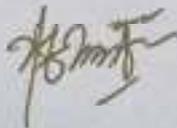
Surta Ria N. Panjaitan, ST., MT

Dosen Pembimbing II



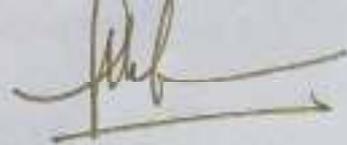
Ir. Yetty Riris Saragi, ST., MT, IPU, ACPE

Dosen Penguji I



Bartholomeus, ST., MT

Dosen Penguji II



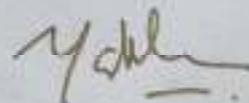
Ir. Johan O. Simanjuntak, ST., MT., IPM
ASEAN Eng

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Yetty Riris K. Saragi, ST., MT, IPU, ACPE

Ketua Program Studi



Ir. Yetty Riris Saragi, ST., MT, IPU, ACPE

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan material dasar yang sangat berpengaruh dari suatu struktur maupun konstruksi dalam pekerjaan Teknik Sipil, baik konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan. Tanah berfungsi untuk mendukung semua beban bangunan bersifat mempengaruhi daya dukung tanah dalam menahan beban konstruksi yang di atasnya. Tanah yang sering dijumpai ialah tanah lempung (*Clay*), biasanya tanah lempung mempunyai nilai daya dukung dan geser yang kecil, sehingga sebelum digunakan harus dilakukan stabilisasi terlebih dahulu. Tanah lempung merupakan tanah berbutir halus koloidal yang tersusun dari material-material yang dapat mengembang, tanah lempung pada umumnya merupakan material tanah dasar yang buruk, hal ini dikarenakan kekuatan geser yang sangat rendah sehingga pembuatan suatu konstruksi di atas lapisan tanah maka dari itu diperlukan perbaikan tanah guna untuk meningkatkan gaya dukung tanah, salah satunya itu adalah dengan perbaikan tanah secara kimiawi.

Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, dan bersifat plastis pada kadar air sedangkan pada kadar air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (*Kehesif*) dan sangat lunak serta permeabilitas. Daya dukung yang sangat rendah dapat mengakibatkan ketidak stabilan suatu pondasi bangunan yang akan didirikan di atas tanah lempung dan sifat kembang susut tanah lempung dapat mengakibatkan retak-retak (*Cracking*) pada pekerjaan jalan raya juga bisa terjadi jebol (*Buckling*). Oleh karena itu dibutuhkan metode perbaikan tanah untuk dijadikan sebagai dasar dari dari suatu pekerjaan konstruksi.

Kuat Geser Langsung (*Direct Shear Test*) tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butiran tanah terhadap desakan atau tarikan. Keruntuhan geser (*Shear Failir*) bukan dikarenakan hancurnya butiran-butiran tanah tersebut tetapi karena adanya gerakan relative anatara butir-butir tanah tersebut.

percobaan kuat geser langsung merupakan salah satu pengujian tertua dan sangat sederhana untuk menentukan parameter kuat geser tanah lempung dalam percobaan

ini dapat dilakukan pengukuran secara langsung dan cepat nilai kuat geser tanah dengan kondisi tanah pengaliran atau dalam konsep tegangan total

Penelitian dilakukan dengan menggunakan bahan campuran Zeolit. Bahan campuran zeolit yang digunakan diharap dapat mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat tanah yang kurang baik dari tanah yang digunakan, zeolit digunakan untuk memperbaiki mutu tanah lempung dimana kurangnya pemanfaatan zeolit pada penggunaan stabilisasi yang ada pada tanah lempung, karena kemampuannya dapat mengikat butiran-butiran agregat sangat bermanfaat sebagai usaha untuk mendapatkan massa yang kokoh.

Dari uraian tersebut menjadi latar belakang untuk mengadakan penelitian di laboratorium dan menulisnya dalam tugas akhir yang berjudul Pengaruh Penambahan Zeolit terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Lempung.

1.2 Rumusan Masalah

1. Beberapa besar nilai pengujian tanah lempung tanpa adanya bahan tambahan
2. Mengetahui seberapa besar perubahan kuat geser pada tanah lempung yang di stabilisasi menggunakan zeolit

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Memprediksi hasil perbandingan pengujian pada tanah lempung tanpa bahan tambahan dan adanya bahan tambahan zeolit
2. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh zeolit untuk meningkatkan kuat geser yang telah distabilisasi pada tanah lempung.

1.4 Batasan Penelitian

1. Terhadap bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit untuk meningkatkan kuat geser pada tanah lempung
2. Tanah yang digunakan didalam pengujian adalah tanah lempung
3. Uji Laboratorium di lab Mektan Universitas katolik Santo Thomas
4. Pengujian dilakukan terhadap variasi kandungan zeolite jauh dari sifat ekonomis.

Mengetahui manfaat tentang pengaruh Zeolit terhadap tanah lempung, yang digunakan metode/pengujian mekanis yaitu kuat geser tanah lempung. Sehingga

bisa dijadikan salah satu bahan campuran yang dapat direkomendasikan sebagai salah satu bahan stabilisasi tanah yang baik untuk perbaikan lapisan tanah, pada suatu pekerjaan konstruksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan agar dapat mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan Zeolit terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Lempung terhadap bidang Konstruksi/teknik sipil dengan ditinjau dari hasil penelitian yang dilakukan

1.6 Sistematis Penelitian

Dalam Penelitian ini di upayakan melakukan pembahasan secara detail dengan menyesuaikan kajian-kajian berdasarkan kegunaan dan kepentingannya dalam bentuk sistematika pembahasan yang di jabarkan sebagai berikut :

a) **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan dan sistematis penulisan.

b) **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi uraian tentang teori-teori yang mendukung tema yang dibahas berasal dari buku-buku maupun dari tulisan-tulisan yang lain yang ada hubungannya dengan tugas akhir yang dilakukan

c) **BAB III METODE PENELITIAN**

Bagian ini berisi uraian tentang kerangka pikiran (*flowchart*), lokasi penelitian, metode, peralatan penelitian, waktu penelitian dan metode analisa data yang dilakukan.

d) **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang penyajian hasil penelitian dan pengelolaan data serta pembahasan.

e) **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini memberikan kesimpulan dari hasil penelitian secara singkat dan jelas sebagai jawaban dari masalah yang diangkat dalam penelitian serta memberikan saran-saran sehubungan dengan analisis yang telah dilakukan.

1.7 Keaslian Penelitian

Dalam menentukan keaslian penelitian ini, maka dirangkum beberapa penelitian sejenis terdahulu untuk mengetahui perbedaan yang ada dalam penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Rangkuman beberapa penelitian sejenis terdahulu di jabarkan padasebelumnya. Rangkuman beberapa penelitian sejenis terdahulu di jabarkan pada:

Tabel 1. 1 Penelitian terdahulu

| NO | NAMA | TUJUAN PENELITIAN | HASIL PENELITIAN |
|----|---|--|--|
| 1 | Angga Juanda Putra 2019/ analisa kuat tekan bebas dan geser tanah lempung yang dicampur Fly ASH akibat penambaha zeolite | 1. Mengetah`ui pengaruh kuat geser tanah lempung dengan pariasi bahan tambahan Fly Ash dan zeolit dalam menganalisa percobaan 2. membandingkan nilai-nilai yang terkandung pada tanah asli dan tanah yang dipariasikan dengan bahan tambahan Fly Ash dan zeolit pada pengujian kuat Geser Tanah | Dari pemeriksaan berat jenis spesipik diperoleh nilai berat jenis 2,735 dari nilai berat jenis tersebut, tanah tersebut masuk kekategori lempung Anorganik yang mempunyai nilai jenis Antara 2,68-2,75 |
| 2 | Alvin Amariya Nurul Hidayah 2021 studi potensi pengembangan tanah ekspasif yang disabilitas dengan zeollit | 1. menentukan karakteristik fisis dari tanah yang bersifat expansif 2. menentukan besarnya perubahan nilai aktifitas karena adanya variasi penambahan zeolit pada tanah expansif | Semakin banyak campuran zeolit maka semakin naik pula daya dukung tanahnya terhadap tingkst pengembangan tanahnya |

| No | NAMA | TUJUAN PENELITIAN | HASIL PENELITIAN |
|----|---|---|---|
| | | 3. Menganalisa pengaruh penambahan zeolit terhadap perubahan tingkat pengembangan | |
| 3 | Sukma Indah Jaya 2022/ Pengaruh Stabilisasi tanah lempung dengan bahan tambahan abu sekam padi dan abu batu bara terhadap nilai kuat parameter kuat geser tanah | 1. Mengetahui jenis klasifikasi tanah lempung berasal dari Desa Sentelo loi Kabupaten Kulon Progo – D.1 Yogyakarta 2. Pengetahuan perubahan penambahan campuran abu sekam padi dengan persentase 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dan abu batu bara dengan Presentase 10% terhadap nilai parameter kuat geser tanah | Hasil peneltian yang dilakukan dilaboratorium mekanika tanah fakultas teknik sipil dan perencanaan universitas islam indonesia dibuat dalam bab ini penelitian meliputi pemeriksaan pada tanah asli maupun pengaruh penambahan abu sekam padi dan batu bara terhadap parameter geser tanah. |

(Sumber : Penulis)

BAB II

TUNJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Menurut (Hardiyatmo 2019 : 1) Dalam pengertian Teknik Sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). ikatan antara butir yang relatif lemah dapat disebabkan oleh zat organik, karbonat, atau oksida-oksida yang menghadap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi udara, air, ataupun keduanya, Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. bentukan terjadinya tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses kimia maupun proses fisika. proses terbentuknya tanah secara fisik yang mengubah bebatuan menjadi partikel-partikel kecil, akibatnya terjadinya pengaruh dari air, angin, erosi, es, manusia, atau hancurnya partikel-partikel tanah mungkin berbentuk bergerigi, bulat, ataupun bentuk-bentuk lain.

secara umum, terjadinya pelapukan akibat proses kimia yang dapat terjadi oleh pengaruh karbondioksida, oksigen, air (mengandung alkali maupun asam) dan proses-proses kimia yang lainnya. Jika hasil dari pelapukan telah berpindah dari tempatnya disebut sebagai tanah terangkut (*transported soil*) dan apabila tanah masih berada pada tempat asalnya disebut sebagai tanah residual (*residual soil*). istilah dan jenis-jenis tanah seperti kerikil, pasir, lanau, lempung atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel-partikel pada batas-batas ukuran butiran yang telah ditentukan.

Tanah adalah sekumpulan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas, yang terletak diatas batuan dasar. ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksidan-oksidan yang mengendap diantara partikel-partikel.

ruang diantara diantaranya dapat berisi air, udara atau pun keduanya. proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah.

Tanah terdiri dari tiga fase (*phase*), yaitu fase padatan (*solid*), fase air

(*water*) dan Fase udara (*air*). Volume dari setiap fase dapat mempengaruhi karakteristik tanah, seperti porositas dan angka pori

Ada beberapa macam jenis-jenis tanah sebagai untuk klasifikasi di antara lainnya:

1. Kerikil Dan Pasir

Kerikil dan pasir adalah agregat yang tak berkoheisi yang tersusun dari sub angular atau granular. Partikel berukuran 1/8 inchi sampai 6/8 inchi disebut sebagai kerikil sedangkan partikel berukuran <1/8 inchi disebut sebagai pasir. Dan fragmen bergaris tengah lebih besar dari 8 inchi dinamakan sebagai bongkahan (*boulders*)

2. Hardpan

Hardpan adalah tanah yang tertahan terhadap penetrasian alat pemborosan besar. Ciri-ciri dapat dijumpai dalam keadaan bergradasi baik, luar biasa padat, dan merupakan agregat partikel mineral yang kohesif

3. Lanau Organik (*organik silt*)

Lanau organik adalah tanah yang agak plastis, berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik secara halus. Warna tanah bervariasi dari abu-abu terang sampai abu-abu gelap.

4. Tanah Anorganik (*inorganic silt*)

Lanau Anorganik adalah tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil atau semestinya tidak ada. Jenis yang plastisnya paling kecil biasanya mengandung butiran kuarsa sedimimentasi yang kadang-kadang disebut tepung batuan (*rockflour*) sedangkan yang sangat plastis berwujud serpihak dan dikenal sebagai lanau plastis

5. Lempung (*clay*)

Tanah lempung adalah agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal pemasukan kimiawi unsur-unsur penyusunan bantuan, dan bersifat plastis dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan,

6. Lempung Organik (*organic clay*)

Lempung Organik adalah tanah lempung yang sebagian yang sifat-sifat fisis pentingnya dipengaruhi adanya bahan organik yang terpisah dalam keadaan jenuh lempung organik cenderung bersifat sangat kompresibel tapi pada keadaan kering kekuatannya sangat tinggi. Tanah lempung berwarna abu-abu tua atau hitam berbau.

7. Gambut (*peat*)

Tanah Gambut adalah agregat agak berserat yang berasal dari sepihan makroskopik dan mikroskopik tubuhan-tumbuhan. Tanah gambut berwarna coklat terang dan hitam, bersifat kompresibel sehingga tidak mungkin menompang pondasi.

Tanah lempung yang memiliki perilaku pada tanah dalam keadaan lunak, namun tidak juga dalam keadaan cair. Pada kondisi ini tanah yang di jadikan tanah dasar dari sebuah bangunan struktur akan sangat tidak kondusif sehingga menjadikan bangunan menjadi tidak stabil karena tanah lempung dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung pada tanah, pemanfaatan tanah dengan sifat demikian dapat kegagalan pada konstruksi.

Lempung dapat didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurukuran kurang dari 0.002 m (Das,1995). Hardiyantmo (2010), mengatakan sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah ukuran butir-butir halus < 0.002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut tinggi dan proses konsolidasi lambat

sifat perilaku lempung terlihat pada komposisi mineral, unsur-unsur kimianya, dan partikel-partikelnya serta pengaruh yang di timbulkan di lingkungan sekitarnya, sehingga untuk dapat memahami sifat dan perilakunya diperlukan pengetahuan tentang mineral dan komposisi kimia lempung.

Sifat-sifat yang dimiliki oleh tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1999)

1. Ukuran Butir halus kurang dari 0,002 mm
2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan Air kapiler tinggi
4. Bersifat sangat Kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi

6. proses konsolidasi lambat

2.2 Tanah Dasar (*sub-grade*)

Pada konstruksi jalan umumnya terdapat tiga bagian penting yaitu tanah dasar, lapisan perkerasan dari penutupan. Tanah dasar (*sub-grade*) adalah bagian bawah dari lapisan perkerasan jalan yang berfungsi sebagai penunjang sebagai pada lapisan perkerasan tersebut. Oleh karena itu, keawetan dan kekuatan tanah suatu konstruksi jalan tergantung pada kekuatan tanah atau daya dukung tanah dasar (Darwis and ,ulya 2020). Tanah dasar (*sub-grade*) adalah tanah dasar, permukaan tanah galian atau timbunan yang didapatkan (Sumarna 2016). Tanah dasar (*sub-grade*) yang digunakan untuk suatu pekerjaan konstruksi jalan raya harus memiliki gaya dukung tanah yang baik, karena beban yang bekerja pada bagian atas konstruksi jalan adalah beban dinamis dan statistis (Apriyanti 2016). Oleh karena itu, keawetan dan kekuatan tanah suatu konstruksi jalan bergantung pada kekuatan tanah atau gaya dukung tanah dasar.

2.3 Klasifikasi Tanah

Menurut (Das 1991 : 64) Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. sistem klasifikasi memberikan suatu bahan yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah di kembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. walaupun saat ini terdapat berbagai sistem klasifikasi tanah, tetapi tidak ada satupun dari sistem-sistem tersebut yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat tanah yang sangat bervariasi.

Pada saat sekarang ada dua buah sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai oleh para ahli teknik sipil. kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi untuk butir dan batas-batas Atterberg. Sistem-sistem tersebut adalah Sistem

Klasifikasi Unified (Unified Soil Classification System) dan sistem klasifikasi AASHTO (*American Association Of State Highway and Transportation Officials*). Sistem Klasifikasi Unified pada umumnya lebih disukai oleh para ahli geoteknik untuk keperluan-keperluan teknik lainnya. Sedangkan sistem Klasifikasi AASHTO pada umumnya dipakai oleh Departemen Jalan Raya di semua Negara bagian di Amerika Serikat.

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*, sistem-sistem tersebut adalah:

a. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada tahun 1945 (ASTM Standar No. D-3282, AASHTO Model M145). Sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*Subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Karena sistem ini dalam perakteknnya harus dipertimbangkan terhadap maksud aslinya. Sistem ini membagi tanah kedalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang di klasifikasikan kedalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya tanah lolos ayakan No.200 diklasifikasikan kedalam kelompok A-4, A-5, A-6 dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung.

b. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified (USCS)*

Klasifikasi tanah sistem ini diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *Unified State Bureau of Reclamation (USBR)* dan *American Society for Testing and Materials (ASTM)* telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasi tanah. Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini

banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik dalam USCS, suatu tanah yang diklasifikasikan kedalam dua kategori utama yaitu

1. Tanah Bernutir kasar (*coarse-grained soils*) yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No.200 ($F_{200} < 50$). Simbol kelompok diawali dengan **G** untuk kerikil (Gravel) atau tanah berkerikil (*gravelly soil*) atau **S** untuk pasir (sand) atau tanah berpasir (*sandy soil*).
2. Tanah Berbutir halus (*fine-grained soils*) yang mana lebih dari 50% tanah lolos saringan No.200 ($F_{200} < 50$). Simbol kelompok diawali dengan **M** untuk lanau Inorganik (*inorganic silt*) atau **C** untuk lempung inorganik (*inorganic clay*), atau **O** untuk lanau dan lempung Organic. Simbol **PT** Digunakan untuk gambau (*peat*) dan tanah dengan kandungan organik tinggi.

Simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi adalah **W** – untuk gradasi baik (*well graded*), **P** – gradasi buruk (*poorly graded*), **L** – Plastisitas rendah (*Lowplasticity*) dan **H** – Plastisitas tinggi (*High plasticity*). Adapun menurut Bowles, 1991 kelompok- kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi *Unified* diperlihatkan pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. 1 Sistem Klasifikasi Unified

| Jenis Tanah | Prefiks | Sub Kelompok | Sufiks |
|-------------|---------|---------------|--------|
| Kerikil | G | Gradasi Baik | w |
| | | Gradasi Buruk | P |
| Pasir | S | Berlanau | M |
| | | Berlempung | C |
| Lanau | M | | |
| Lempung | C | | L |
| Organik | O | WL>50% | H |
| Gambut | Pt | | |

(Sumber : Hardiyanto, 2002)

Kasifikasi sistem tanah *Unified* secara visual dilapangan sebaiknya dilakukan pada setiap pengambilan contoh tanah. hal ini berguna di samping untuk dapat menentukan pemeriksaan yang mungkin perlu ditambahkan, juga sebagai pelengkap klasifikasi yang dilakukan di labratorium agar tidak terjadi kesalahan label.

Dimana :

W = *Well Graded* (Tanah dengan gradasi yang baik) P

= *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk)

L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah , $LL < 50$), H

= *High Plasticity* (Plastisitas tinggi , $LL > 50$)

Tabel 2. 2 Klasifikasi Tanah Unified Soil Classification System (USCS)

| Divisi Utama | Simbol | Nama Umum | Kriteria Klasifikasi | | | |
|--|---|------------------------------|--|--|--|--|
| Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200 | Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4 | GW | Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 | | |
| | | GP | Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | | Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW | |
| | | Kerikil dengan butiran halus | GM | Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau | Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada disebelah arisir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda | |
| | | | GC | Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung | | |
| | Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4 | Pasir berbutir (hanya pasir) | SW | Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali 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 bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | | Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW |
| | | Pasir dengan butiran halus | SM | Pasir berlanau, campuran pasir-lanau | Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada disebelah arisir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda | |
| | | | SC | Pasir berlempung, campuran pasir-lempung | | |
| | | | ML | Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung | | Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di arisir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. |
| | | | CL | Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>) | | |
| OL | Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah | | | | | |
| MH | Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis | | | | | |
| CH | Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fatty clays</i>) | | | | | |
| OH | Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi | | | | | |

(sumber : Hardiyatmo, Hary Christady, 2010)

Keadaan alami tanah memiliki beberapa sifat-sifat dasar. Sifat-sifat dasar tersebut berupa sifat fisif yang berhubungan dengan tampilan dan ciri-ciri umum dari tanah. Sifat fisif tanah berguna untuk mengetahui jenis tanah tersebut, ada beberapa ketentuan yang harus diketahui terlebih dahulu diataranya adalah sebagai berikut:

2.5.1 Berat Jenis

Berat jenis adalah perbandingan antara berat volume butiran pada (γ_s) dengan (γ_w). Nilai berat jenis dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6 dibawah ini :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad 2.1$$

Dimana :

G_s = Berat Jenis

γ_s = Berat Tanah (gr/cm^3)

γ_w = Volume Total Tanah (gr/cm^3)

Jenis-jenis tanah berdasarkan berat jenis (G_s) yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Macam-macam Tanah Berdasarkan Berat Jenis (G_s)

| Macam Tanah | Berat (G_s) |
|-------------------|-----------------|
| Kerikil | 2,65 – 2,68 |
| Pasir | 2,65 – 2,68 |
| Lanau Organik | 2,65 – 2,68 |
| Lempung Organik | 2,58 – 2,65 |
| Lempung Anorganik | 2,68 – 2,75 |
| Humus | 1,37 |
| Gambut | 1,37 |

Sumber : Hardiyatmo, 2012)

2.5.2 Analisa Saringan

Pelaksanaan pada pengujian analisa saringan ini adalah untuk menentukan kandungan material jenis tanah yang ada pada lempung yang sedang diteliti. Dengan uji ini dapat diklasifikasikan jenis lempung. Berdasarkan SNI 03-433:2010.

2.5.3 Analisa Hydrometer

Analisa Hydrometer adalah cara yang didasarkan atas kecepatan pengendapan untuk menganalisa distribusi tanah berbutir halus, dengan ukuran menganalisa distribusi ukuran butiran tanah berbutir halus, dengan ukuran butiran 0.075 mm sampai 0.001 mm (lolos saringan No 200).

Pengujian ini Analisa Hidrometer menggunakan senyawa kimia yaitu senyawa Na_2SO_4 yang mana senyawa ini berguna untuk mencegah suspensi butiran tabah dalam air.

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} D^2 \quad 2.2$$

Dimana :

v = Kecepatan Pengendapan

γ_s = Berat volume partikel tanah

γ_w = berat volume air

η = Kekentalan air

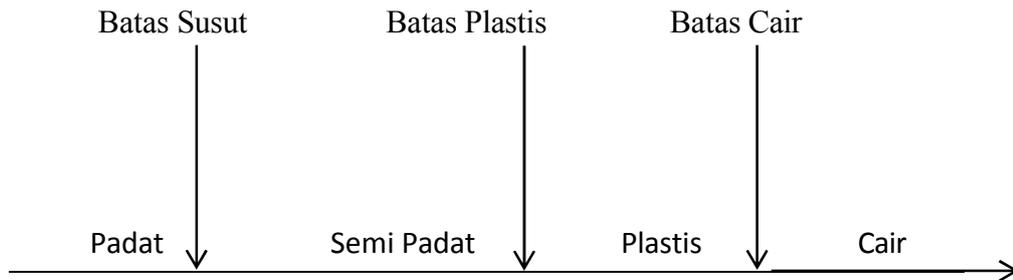
D = diameter partikel tanah

2.5.4 Batas Konsistensi (*Atterbag limit*)

Batas kadar air berbutir halus dari satu keadaan disebut sebagai batas-batas kekentalan/konsistensi. Menurut (Hardiyanto 2019:47) Konsistensi bergabung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Suatu studi oleh Atterberg (1911) (dikutip dalam Hardiyanto (2017 : 47), yang memberikan cara untuk penggambaran batasan-batasan konsistensi tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah.

Menurut (Bowles 1984 : 39) Batas-batas konsistensi tanah yang didasarkan pada kadar air terdapat lima keadaan konsistensi tanah yang di kenal sebagai batas-batas Atterberg, yaitu batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic*

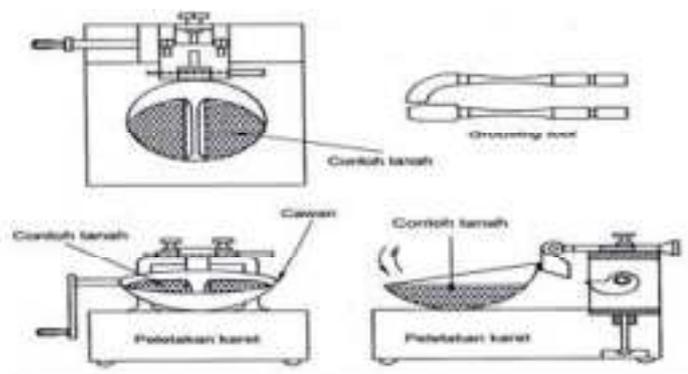
limit), batas sudut (*shrinkage limit*), batas lengket (*sticky limit*), dan batas kohesi (*cohesion limit*). Batas cair, batas plastis, dan batas susut telah diketahui oleh seluruh dunia ini dan pada umumnya batas lengket dan batas kohesi tidak digunakan oleh insinyur geoteknik, tetapi batas lengket telah dipakai di Eropa.



Gambar 2. 1 Batas-batas Konsistensi Tanah (Aterberg)
(Sumber : Hardianto, 2019)

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

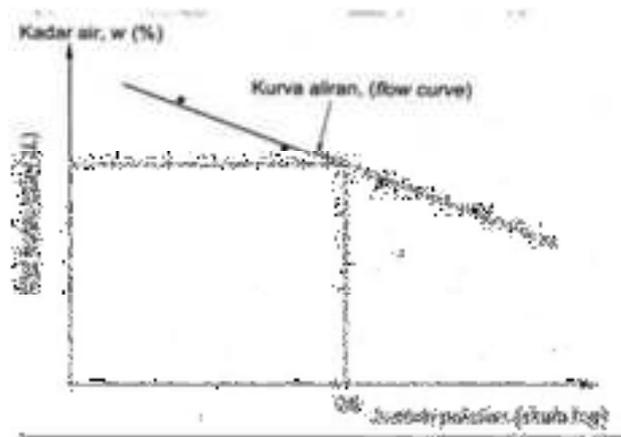
Menurut Hardianto 2019 : 48) Batas cair (LL), ditentukan sebagai kadar air suatu tanah pada batas antara keadaan plastis. pada **Gambar 2.3** Contoh tanah dimasukkan dalam cawan , tinggi contoh dalam cawan kurang lebih 8 mm. Alat pemuat alur atau *grooving tool*, dikerukkan tepat ditengah-tengah alat cassagrande hingga menyentuh dasar cassagrande hingga membentuk jalur. Kemudian, cassagrande diketuk-ketukkan pada landasan menggunakan alat penggetaran dengan tinggi jatuh sebesar 1 cm.



Gambar 2. 2 Skema Alat uji batas Cair

(Sumber : Hardianto, 2019)

Persentase kadar air yang diperlukan untuk menutup cela sepanjang 12,7 mm pada dasar cawan, sesudah 25 pukulan didefinisikan sebagai atas cair tanah tersebut. Karena sulitnya mengatur kadar air waktu menutup pada 25 pukulan, percobaan harus dilakukan beberapa kali, yaitu dengan jumlah pukulan antara 15-35 pukulan dengan kadar air yang berbeda. Kemudian, hubungan kadar air dan jumlah pukulan digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali pukulan.



Gambar 2. 3 Kurva Untuk Menentukan Batas Cair Lempung
(Sumber : Hardianto, 2019)

1. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Menurut (Hardianto, 2019:50) Batas Plastis (PL) ditentukan sebagai kadar air antara keadaan semi padat dan daerah pastis, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

Menurut (DAS 1991:47) Batas Plastis (PL) ditentukan sebagai kadar air dan dinyatakan dalam proses (%), apabila tanah digulung sampai berukuran 1/8 in (3,2 mm) terjadi retakan. Batas Plastis merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah.

2. Batas Susut (*shrinkage Limit*)

Menurut (Hardianto, 2019:51) Batas susut (SL), merupakan kadar air pada kedudukan antara daerah padat dan semi padat, dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan berat isi tanah.

Menurut (Das 1991 :47) Batas susut (*shrinkage Limit*) Merupakan berhentunya perubahan suatu volume suatu massa tanah. Suatu tanah akan terjadi penyusutan apabila air yang terkandung dalam tanah secara perlahan-lahan hilang. Dimana hilangnya air terjadi secara terus menerus, tanah akan mencapai suatu fase keseimbangan dimana bertambahnya kehilangan air dinyatakan dalam proses (%).

2.5.5 Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat padat (W_s) yang dinyatakan dalam persen. Nilai tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan 3.1 dibawah ini :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana :

w = Kadar Air (%)

W_w = Berat Air (gr)

W_s = Berat Tanah (gr)

2.6 Sifat-sifat Mekanis Tanah

2.6.1 Pemadatan Tanah (Proctor Standar)

Pemadatan tanah adalah proses naiknya kepadatan tanah dengan memperkecil jarak antara partikel sehingga terjadi reduksi volume udara : tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah tersebut. Semakin rapat tanah tersebut maka akan semakin kecil udara yang masuk dan menurunkan tingkat kebocoran bangunan dalam air. Tingkat kepadatan diukur dari berat volume kering, bila air ditambahkan pada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasahan atau pelumas pada partikel-partikel tersebut akan lebih mudah bergerak dan bergeser satu sama lain dan menentukan kedudukan yang lebih padat, untuk pemadatan yang sama, berat volume dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah meningkat.

Kadar air yang ditingkatkan secara bertahap pada usaha pemadatan yang sama, maka berat dari jumlah bahan padat dalam tanah persatuan volume akan meningkat secara bertahap.

2.6.2 Nilai Kuat Geser Tanah

Uji geser langsung merupakan pengujian parameter kuat geser tanah yang paling mudah dan sederhana. Alat uji geser langsung dapat berbentuk lingkaran/bulat atau persegi panjang. Sebuah gaya normal ditempatkan pada bagian atas kotak dan gaya horizontal F ditempatkan pada bidang horizontal. Akibat adanya beban vertikal dan horizontal yang bekerja pada alat akan menyebabkan terjadinya tegangan pada tanah. Tegangan tersebut berupa tegangan utama besar (*major principal stress*) dan tegangan utama kecil (*minor principal stress*) yang dapat menyebabkan tanah mengalami tegangan geser yang membentuk sudut terhadap bidang gesernya. Sedangkan tegangan utama sedang (*intermediate principal stress*) tetap bekerja merata disemua sisi tetapi tidak diperhitungkan karena tidak menyebabkan deformasi.

Uji geser dapat dikontrol tegangan ataupun regangannya. Dalam percobaan tegangan vertikal diatur sesuai kebutuhan dan rencana percobaan sementara gaya geser diterapkan secara bertahap sampai terjadinya keruntuhan pada tanah. Keruntuhan terjadi diseluruh permukaan bidang geser. Percobaan ini diulang dengan pembebanan atau tegangan vertikal bervariasi.

Kuat Geser tanah yaitu gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap dasakan atau tarika. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebasan akan ditahan oleh (Herdiyanto,2002) :

1. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja bidang geser.
2. Kesekaan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Menurut Coulomb (1776) dalam Hardiyantmo (2006) menyatakan bahwa nilai kuat geser tanah dapat dihitung menggunakan persamaan 3.2 berikut :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2.4)$$

Dengan :

$$\tau = \text{Kuat geser tanah (kN/m}^2\text{)}$$

c = Kohesi Tanah

ϕ = Sudut geser dalam tanah atau sudut geser intern

σ = Tegangan Normal pada bidang runtuh (kN/m^2)

Uji geser langsung biasanya dilakukan beberapa kali Berikut Cara Perhitungan

Kuat Geser :

1. Tegangan normal adalah tegangan yang dihasilnya pada arah tegak lurus bidang geser

2. Tegangan normal (kg/cm^2)

$$\frac{\sigma^{n1}}{l} \quad (2.5)$$

3. Dengan σ = Tegangan norma (kg/cm^2) ; $n1$ = Beban (kg) ; L = Luas (cm^2)

4. Tegangan normal (kPa)

$$\sigma = \sigma 1 \times 100 \quad (2.6)$$

5. Dengan Σ = Tegangan normal (kPa); σ = Tegangan normal (kg/cm^2)

6. Tegangan Geser (τ)

Tegangan geser adalah tegangan yang dihasilkan dalam arah yang sejajar dengan bidang gesser

$$\tau \frac{\text{Bacaan proving ring x harga kalibrasi}}{\text{luas penampang sampel}} \quad (2.7)$$

Dengan τ = Tegangan geser (kPa)

7. Parameter Kuat Geser tanah

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk menganalisis kekuatan tanah, stabilisasi tanah, dan tekanan tanah.

$$\tau = c + \sigma \text{ Tan } \Phi = \text{Gesekan}$$



Gambar 2. 4 Direct Shear test

(<https://images.app.goo.gl/PH9cPSWcsqarKzaJ7>)

2.7 Pengujian Sifat Fisis Sampel

2.7.1 Analisa Hasil Pengujian Kadar Air

Kadar air merupakan perbandingan berat air yang terkandung dengan butiran tanah, dinyatakan dalam proses. Kadar air ini dapat menunjukkan Volume tanah sehingga dapat diketahui besar kuat tanahnya.

Tujuan pengujian kadar air adalah untuk mengetahui/menentukan nilai kadar air yang terkandung di dalam tanah, dalam keadaan asli maupun tidak asli. Nilai kadar air yang terkandung dalam suatu tanan dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut

$$w = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan :

W = Kadar Air yang dinyatakan dalam persen (%)

W₁ = Berat Cawan Kosong (gr)

W₂ = Berat Cawan + Berat Tanah Basah (gr)

W₃ = Berat Cawan + Berat tanah kering (gr)

2.7.2 Berat jenis

Pengujian jenis tanah bertujuan untuk menentukan mengetahui nilai berat jenis butiran tanah yang akan berhubungan fungsional meliputi fase air, udara dan butiran dalam tanah. Berat jenis tanah dari sampel tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (2.9)$$

Keterangan:

G_s = Berat jenis butir sampel

W_1 = Berat piknometer kosong (gr)

W_2 = Berat piknometer + sampel (gr)

W_3 = Berat piknometer + sampel + air (gr)

W_4 = Berat piknometer + air (gr)

T = Faktor koreksi ($^{\circ}C$)

untuk mencari W_k (berat piknometer + air (koreksi)), berat piknometer + air harus dikalikan dengan factor koreksi sesuai temperatur yang telah diukur pada akhir percobaan. Berikut ini Tabel 4.2 menunjukkan faktor koreksi untuk mencari W_k :

2.7.3 Analisa Saringan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase ukuran butiran sampel tanah yang di pakai dengan menggunakan alat penggetar, ada dua cara untuk mendistribusikan ukuran-ukuran partikel pada sampel tanah.

2.7.3.1 (Grain Size)

Uji analisa ayakan (grain size) merupakan menggetarkan atau mengayak sampel tanah dengan satu set ayakan yang bertujuan untuk menentukan gradasi dari suatu sampel tanah dengan ukuran partikel-partikel yang memiliki diameter lebih besar dari 0,075 mm. Berat tanah yang tertahan pada setiap saringan ditimbang, kemudian persentase terhadap berat kumulatif tanah dihitung. Untuk mengetahui jumlah % tertahan, digunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Jumlah \% yang tertahan} = \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{berat total}} \times 100\% \quad (2.10)$$

2.7.3.2 Analisa Hydrometer

Tujuan Analisa hydrometer adalah untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir untuk tanah yang tidak mengandung butir tanah tertahan oleh saringan no.200. Pengujian ini dilakukan dengan analisa sedimen menggunakan hydrometer. Metode ini berdasarkan pada hukum stokes mengenai kecepatan pengendapan butiran pada larutan suspense.

2.7.4 Atterberg Limit

Percobaan Atterberg Limit merupakan cara untuk mrnggambarkan sifat-sifat suatu sampel tanah yang dimodifikasi. Nilai batas cair tidak langsung memberikan angka yang akan dipakai dalam perencanaan tanah.

Pengujian Atterberg Limit dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai kadar air dalam tanah yang merupakan batas antara keadaan cair dan plastis untuk mendapatkan nilai indeks plastisitasnya.

2.7.4.1 Batas Cair (Liquid Limit)

Kadar air dapat dinyatakan dalam bentuk persen (%) dari tanah yang dibutuhkan untuk menutup goresan dengan jarak 0,5 inc (12,7 mm) sepanjang dasar contoh di dalam mangkok. Setelah dilakukan 25 kali ketukan didefinisikan sebagai batas cair (*liquid limit*). Pada uji batas cair, diperlukan beberapa kali percobaan dengan kandungan air berbeda-beda untuk mengatur kadar air dalam tanah dengan jumlah ketukan berkisar 15-35 kali.

2.7.4.2 Batas Plastis (Plastis Limit)

Batas plastis adalah batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah. Batas plastis disefenisikan sebagai kadar air dinyatakan dalam bentuk persen (%). Uji plastisitas dapat dilakukan dengan cara menggulung sampel tanah hingga mencapai ukuran dengan diameter 1/8 inc (3,2 mm) sampai timbul retakan, dengan rumus;

$$PL = W_p (\%) = \frac{w_1 - w_2}{2} \quad (2.11)$$

2.7.4.3 Indeks Plastis (Plasticity Index)

Indeks plastisitas adalah perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah atau $PI = LL - PL$. Indeks plastisitas berfungsi untuk mengidentifikasi sifat plastis tanah. Tanah yang banyak mengandung butiran lempung adalah tanah yang memiliki PI tinggi. Sebaliknya, PI rendah dimiliki oleh tanah lanau yang sedikit terjadi pengurangan kadar air sehingga menyebabkan tanah menjadi kering.

$$PI = LL - PL \quad (2.12)$$

2.8 Tanah Lempung

Menurut Tarzagi (1987), tanah lempung sebagai tanah dengan tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan permeabilitas lempung sangat rendah. Sehingga bersifat plastis kadar air sedang. Sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lebih lengket (kehesif) sangat lunak.

2.9 Zeolit

Zeolit pertama kali ditemukan oleh Freiherr Axel Cronstedt, seorang ahli mineralogi dari Swedia pada tahun 1756 (Sheppard, 1969 : 875-886). Istilah zeolit berasal dari bahasa Yunani "zein" yang berarti membuih dan "lithos" yang berarti batu. Zeolit (Zeinlithos) atau berarti juga batu mendidih, di dalam riset-riset kimiawi telah lama menjadi pusat perhatian. Zeolit merupakan mineral alumina silikat terhidrat yang dapat menikat molekul air secara reversible. Penggunaan zeolit berkaitan dengan tiga sifat penting yang dimiliki, yaitu : kemampuan dalam melakukan pertukaran ion, daya serap dan daya saring molekuler, serta daya katalis. Pemanfaatannya utama zeolit sebagai penukar ion untuk pelunakan air, untuk menghilangkan dan pengikatan radionuklida serta penyerapan logam berat dari limbah tercemar dan penghilangan ion amonium dari limbah cair.

2.9.1 Manfaat Zeolit

Zeolit merupakan suatu bahan stabilisasi tanah sangat cocok digunakan untuk meningkatkan kondisi tanah atau material tanah jelek/dibawah standar. Penambahan zeolit ini akan meningkatkan kepadatan ikatan antara partikel dalam tanah, daya dukung, kuat tekan serta kuat geser, material tanah, sehingga memungkinkan pembangunan konstruksi di atasnya.

adapun sifat dari Zeolit tersebut sebagai berikut :

1. Dehidrasi

adapun tujuan dehidrasi adalah untuk melepaskan molekul air dan kisi sehingga terbentuk suatu rongga dengan permukaan yang lebih besar dan tidak lagi terlindungi oleh sesuatu yang berpengaruh terhadap proses adsorpsi

2. Penyerapan

dalam keadaan normal ruang hampa dalam zeolith terisi oleh molekul air yang berada di sekitar kation. Bila zeolith dipanaskan maka air tersebut akan keluar. zeolith yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan

3. Penukaran Ion

Ion pada rongga berguna untuk menjaga kenetralan. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolithnya. Sifat sebagai penukaran ion dari zeolith tergantung pada sifat kation, suhu dan jenis anion.

4. Katalis

Zeolit sebagai katalis hanya mempengaruhi lajur reaksi tanah mempengaruhi keseimbangan reaksinya karena mampu menaikkan perbedaan lintasan molekulnya dari reaksi. Katalis berpori dengan pori-pori sangat kecil akan memuat molekul-molekul kecil tetapi mencegah molekul masuk

5. Penyaringan/ pemisahan

Zeolit sebagai penyaring molekul maupun pemisah atas perbedaan bentuk-bentuk, ukuran, dan polaritas molekul yang di saring. Molekul yang berukuran lebih kecil dari ruang hampa dapat melintas sedangkan yang berukuran lebih besar hampa akan di temukan

Adapun keuntungan pemakaian zeolith sebagai bahan campuran pada tanah lempung adalah :

- a. Memperbaiki dan meningkatkan kualitas mineral yang ada di dalam tanah
- b. meningkatkan ikatan antara partikel dalam tanah, sehingga dapat meningkatkan daya dukung dan kuat tekan tanah

c. meningkatkan tahanan tanah terhadap geser yang terjadi ditereng

Adapun mekanisme kerja Zeolit secara kimiawi pada tanah antara lain (Susanto, Dedi 2015)

Karena sifat fisika dan kimia dari Zeolit yang unik, sehingga dalam dasawarsa ini, Zeolit oleh para peneliti dijadikan sebagai mineral serba guna. Sifat-sifat unik tersebut meliputi dihidrasi, adsorben dan penyaring molekul, katalisator dan penukar ion.

Zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul H₂O) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka Zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul H₂O seolah-olah mempunyai posisi yang spesifik dan dapat dikeluarkan secara. Sifat Zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur Zeolit yang berongga, sehingga Zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu Zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai afektivitas adsorpsi yang tinggi.

Pada kebanyakan orang pemakaian Zeolit biasanya di pergunakan untuk pertanian dan perikanan, ini menjadi bukti bahwa Zeolit tidak berbahaya bagi hewan maupun tumbuhan yang di tanah yang akan distabilisasi dengan Zeolit



Gambar 2. 5 Zeolit ukuran 0,002 mm

(Sumber: <https://www.indiamart.com/proddetail/natural-zeolite-powder-6-50-8562452497.html>)

3.2 Pekerjaan Persiapan

1. pengembangan lokasi sampel tanah Lempung yang diambil di jln
2. zeolite adalah suatu bahan tanah yang akan digunakan dalam campuran tanah lempung
3. Jenis tanah yang digunakan adalah tanah lempung

3.3 Sampel Tanah

Cara pengambilan sampel yang dilakukan sebagai berikut :

1. Untuk contoh tanah asli (*Undisturb*) diambil dari kedalaman kira-kira 50 cm dibawah permukaan tanah guna menghilangkan sisa-sisa kotoran tanah. Contoh tanah asli dapat diambil dengan memakai tabung contoh (*samples tubes*). Tabung contoh ini dimasukkan ke dalam dasar lubang bor. Tabung-tabung contoh yang biasanya dipakai memiliki diameter 6 samapi dengan 7 cm.
2. Untuk contoh tanah terganggu (*disturb*), sampel tanah diambil secara bongkahan permukaan tanah.

3.4 Bahan Zeolit

Bahan *additive* Zeolit awalnya berbentuk batuan yang kemudian di pabrikan dan kemudia di pecah menjadi ukuran yang sangat kecil hingga ukuran kurang dari 0,002 mm.

3.5 Prosedur Pengujian

3.5.1 Pengujian Kadar Air

Pengujian ini presentase berat air suatu tanah terhadap berat tanah keringnya dinyatakan dalam persen.

1. Cawan
2. Neraca dan anak timbang
3. Oven dengan suhu 105^0-110^0 C

Proses pelaksanaan pengujian kadar air adalah sebagai berikut.

1. Cawan aluminium kosong ditimbang besarnya
2. Ambil sampai secukupnya, letakkan dalam cawan kemudian ditimbang beratnya. Berat cawan + sampel tanah basa = b gram
3. Masukkan kedalam oven selama 24 jam

4. Dimasukkan kedalam oexicator
5. Setelah suhu dingin atau konstan kemudian sampel di timbang misalnya = C gram

3.5.2 Pemeriksaan Berat Jenis (*Specitfic Gravity*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah lempung yang mempunyai butiran lewat saringan no 4 dengan menggunakan piknometer. Berdasarkan SNI 1964:2008, tujuan pemeriksaan berat jenis adalah untuk mendapatkan berat jenis butir tanah (Gs)

Alat yang digunakan :

1. Piknometer
2. Neraca dan anak timbangan
3. Thermometer
4. Oven
5. Air

Proses pelaksanaan pengujian berat jenis tanah adalah sebagai berikut :

1. Mencari Harga Pikno :
 - a. Pikno kosong ditimbang, misalnya =a gram
 - b. Pikno diisi air hingga penuh kemudian ditimbang lagi, misalnya = b gram
 - c. Piknometer diukur suhunya dengan thermometer, misalnya : T_1 °C
Harga air piknometer = $(b-c) t_1$: dimana t_1 = koreksi T_1
2. Mencari specifik gravity (Gs) :
 - a. Sampel kering secukupnya diambil, kemudian dimasukkan kedalam pikno diatas yang telah berisi dan kering lalu ditimbang, misalnya = c gram (berat sampel = 20-25 gram).
 - b. Picnometer dan sampel tersebut diisi aquades hingga dibawah leher picnometer kemudian diketuk-ketuk hingga gelembung udara tidak ada, lalu diamkan selama 24 jam.
 - c. Setelah 24 jam, picnometer tersebut ditambahkan aquades lagi hingga penuh dan ditimbang lagi, misalnya = d gram

- d. Selanjutnya diukur temperatur dengan termometer, misalnya = T_2
 $^{\circ}\text{C}$. Koreksi temperaturnya bisa dilihat dalam tabel, misalkan = t_2 ,
maka *Specific gravity* (Gs).

3.5.3 Pemeriksaan Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)

Pelaksanaan pada pengujian analisa saringan ini adalah untuk menentukan kandungan material jenis tanah yang ada pada lempung yang sedang diteliti. Dengan uji ini dapat diklasifikasikan jenis lempung. Berdasarkan SNI 03-433:2010, tujuan Analisa saringan.

Alat yang digunakan pada praktikum ini :

- a. Saringan (\emptyset 4,76 mm- \emptyset 0,074 mm)
- b. Penggetar
- c. Neraca analisa dan anak timbangan
- d. Cawan
- e. Oven

Proses pelaksanaan pengujian grain size adalah sebagai berikut.

- a. Ambil sampel kering secukupnya lalu ditimbang, misalnya = a gram
- b. Sampel diletakkan pada cawan besar, diisi air direndam selama 24 jam.
- c. Selanjutnya cuci dalam daringan diameter 0.074 mm (no. 200) dan lumpunya ditempatkan pada wadah yang terbesar
- d. Sampel yang sudah bersih tadi dioven kemudian ditimbang, misalhnya = b gram
- e. Siapakah beberapa saringan tadi pada alat penggetaran dengan diameter
- f. Sampel yang telah sering tadi pada alat penggetaran dengan diameter pada saringan teratas kemudian digetarkan selama \pm 5 menit
- g. Masing-masing sampel yang tertinggal pada saringan ditaruh dalam cawan alumni lalu ditimbang.

Cara penggambaran dan perhitungan.

1. Berat sampel mula-mula = a gram. Berat sampel yang telah dicuci = b gram
2. Berat lumpur = berat sampel yang lolos dari saringan no. 200 = a – b gram

3. Total berat tanah yang tertinggal di saringan \emptyset 4,76 mm s.d. \emptyset 0,074 mm = C gram

4. Kehilangan berat = (b-c) gram

5. Kadar lumpur = $\frac{(a-b)+a}{a} \times 100\%$

Dengan α = berat tanah yang tertinggal dalam alas saringan.

6. Presentase tanah yang tertinggal dalam alas saringan

7. Perhitungan persen tanah tertinggal = Jumlah – persentase tanah diatas

3.5.4 Pemeriksaan Analisa Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

Pengujian ini Analisa Hidrometer menggunakan sanyawa kimia yaitu senyawa NA_2SO_4 yang mana senyawa ini berguna untuk mencegah suspensi butiran tabah dalam air.

Alat yang digunakan pada praktikum ini :

- a. Hydrometer
- b. Gelas Ukur
- c. Cawan dan penumbuk
- d. Stopwatch
- e. Oven

Proses pelaksanaan pengujian hidrometer adalah sebagai berikut.

1. sampel tanah yang lolos 0.074 mm (no.200) di oven selama ± 24 jam kemudia ditimbang
2. Sampel direndam dalam botol selama 24 jam
3. Selanjutnya sampel dimasukkan kedalam gelas ukur dan ditambah air hingga 1000 cc
4. Gelas ukur di kocok-kocok hingga sampel dan air bercampur homogen
5. Masukkan Hidrometer kedalam gelas, Stopwatch dihidupkan, pembacaan 0 detik dilakukan pada waktu hydrometer mulai stabil.
6. pembacaan dilakukan pada titik ke 0,1/2, 1/4., 1, 2,5 Menit dan seterusnya.

Keterangan :

Alat hydrometer semakin lama akan semakin turun, hal ini menunjukkan jika lumpur semakin mengendap.

3.5.5 Batas Konsistensi (Atterbag limit)

Berdasarkan SNI 1966;2008, tujuan pengujian batas cair adalah untuk menentukan kadar air dari suatu tanah pada kondisi batas cair.

Alat-alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Cassagrande
2. Saringan no. 40 (mm)
3. Cawan
4. Mangkok/Cawan besar
5. Neraca
6. Oven

Proses pelaksanaan pengujian liquid limit ini adalah sebagaiberikut.

1. Ambil sampel tanah secukupnya, lalu dioven selama ± 24 jam. Setelah itu sampel tanah ditumbuk dan diayak dengan saringan no. 40 ($\varnothing 0,425$ mm).
2. Ambil sebagian sampel, lalu dicampurkan dengan aquadest di dalam mangkok.
3. Aduk-aduk dengan colet hingga campuran rata.
4. Setelah tercampur rata masukan sampel ke cassagrande yang sudah diseteldengan tinggi jatuh ± 1 cm.
5. Sampel yang sudah diletakkan di cassagrande diratakan, lalu bagian tengahnya digaris dengan colet hingga terbelah menjadi dua bagian.
6. Engkol pemutar diputar dengan perkiraan kecepatan dua putaran tiap detik.
7. Pemutaran berhenti ketika tanah menutup sepanjang kira-kira 2 cm.
8. Percobaan dilaksanakan sebanyak 4 kali dengan kadar aquadest yang berbeda- beda dan diperkirakan sampel tanah akan menutup sepanjang 2 cm dibawah 25 kali ketukan (sebanyak 2 sampel) dan diatas 25 kali (sebanyak 2 sampel).

Pada tiap percobaan, diambil sampel tanah secukupnya untuk menentuka kadar airnya.

Cara menggambar grafik pada percobaan liquid limit adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil tadi dibuat grafik-grafik dengan sumbu absisnya

adalah jumlah ketukan dan sumbu ordinatnya adalah prosentase kadar air.

2. Keempat titik percobaan dihubungkan menggunakan garis lurus hingga memotong sumbu tegak pada ketukan ke-25.
3. Titik potong pukulan ke-25 dan garis lurus ditarik mendatar dan menemukan prosentase kadar air.
4. Titik kadar air itu adalah batas cair tanah tersebut.

3.5.6 Pemeriksaan Batas Plastis (*plastis Limit*)

Berdasarkan SNI 1966:2008, tujuan pengujian batas plastis adalah untuk menentukan kadar air dari suatu sampel tanah pada kondisi batas yang lolos saringan.

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Saringan no. 40 (mm)
2. Mangkok
3. Cawan
4. Lempeng kaca
5. Neraca analisis
6. Oven
7. Pendingin

Proses pelaksanaan pengujian batas plastis ini adalah sebagai berikut:

1. Ambil sampel tanah secukupnya, lalu dioven selama ± 24 jam. Setelah itu sampel tanah ditumbuk dan diayak dengan saringan no. 40 ($\emptyset 0,425$ mm).
2. Sampel tanah diambil sebagian dan diletakkan ke dalam mangkok dan diberi air, lalu dicampur hingga rata.
3. Setelah tercampur rata sampel tersebut dipilin di atas lempeng kaca hingga berbentuk bulatan panjang sampai akan putus dengan diameter ± 3 mm.
4. Jika batas tersebut telah dicapai, maka sampel tanah diambil dan terus ditimbang antara 5 – 10 gram untuk kadar airnya.

3.5.7 Pengujian Pemadatan Standar Proctor

Berdasarkan SNI 1743;2008, tujuan pengujian pemadatan laboratorium adalah untuk menentukan kepadatan/berat isi kering maksimum ($\gamma_{d_{max}}$) dan kadar air optimum (ω_{opt}) dari sampel tanah dengan energi tertentu.

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Perangkat proktor
2. Jangka sorong
3. Pisau perata
4. Timbangan berat
5. Neraca analitis dan anak timbangan
6. Cawan
7. Oven
8. Gelas ukur
9. Saringan no. 4 (\emptyset 4,76 mm)

Proses pelaksanaan pengujian proktor adalah sebagai berikut.

1. Tanah yang akan diuji dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan uji proktor.
2. Alat proktor dilepas dan masing-masing ditimbang, diukur diameter, dan tingginya. Begitu juga dengan penumbuknya diukur tinggi dan beratnya.
3. Ambil sampel tanah kering dan diayak menggunakan saringan no. 4 (\emptyset 4,76 mm), lalu membagikan tanah menjadi 5 bagian masing-masing 2 kg.
4. Ambil sampel sebagian, lalu campurkan dengan air hingga tercampur rata kemudian dibagi menjadi 5 bagian yang sama.
5. Tiap-tiap bagian dimasukkan ke dalam alat proktor dan ditumbuk sebanyak 25 kali. Berturut-turut pada bagian 2 dan 3.
6. Cincin proktor atau bagian atas dilepas perlahan dan tanah dalam tabung diratakan dengan pisau perata, lalu tanah beserta alat proktor ditimbang.
7. Ambil sebagian kecil tanah dalam tabung (pada bagian atas dan bawah tabung) untuk dicari kadar airnya.

8. Percobaan untuk sampel tanah yang berikutnya dengan cara yang sama dan dengan jumlah penambahan air yang berbeda sampai batas maksimum (akan menghasilkan berat maksimum).
9. Gs didapatkan dari percobaan Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*).
10. Menghitung kadar air (w), berat volume basah (γ_b), berat volume kering (γ_k), n , e , dan ZAV.
11. Grafik digambar dengan absis kadar air (w) dan ordinatnya (γ_b , γ_k , ZAV).

3.5.8 Pengujian Kuat Geser (*Direct Shear Test*)

Pengujian ini pada umumnya diperlukan minimal 3 benda uji yang identik untuk melengkapi satu seri pengujian geser langsung. Proses pembebanan vertikal dan kecepatan regangan sangat menentukan parameter-parameter kuat geser yang diperoleh.

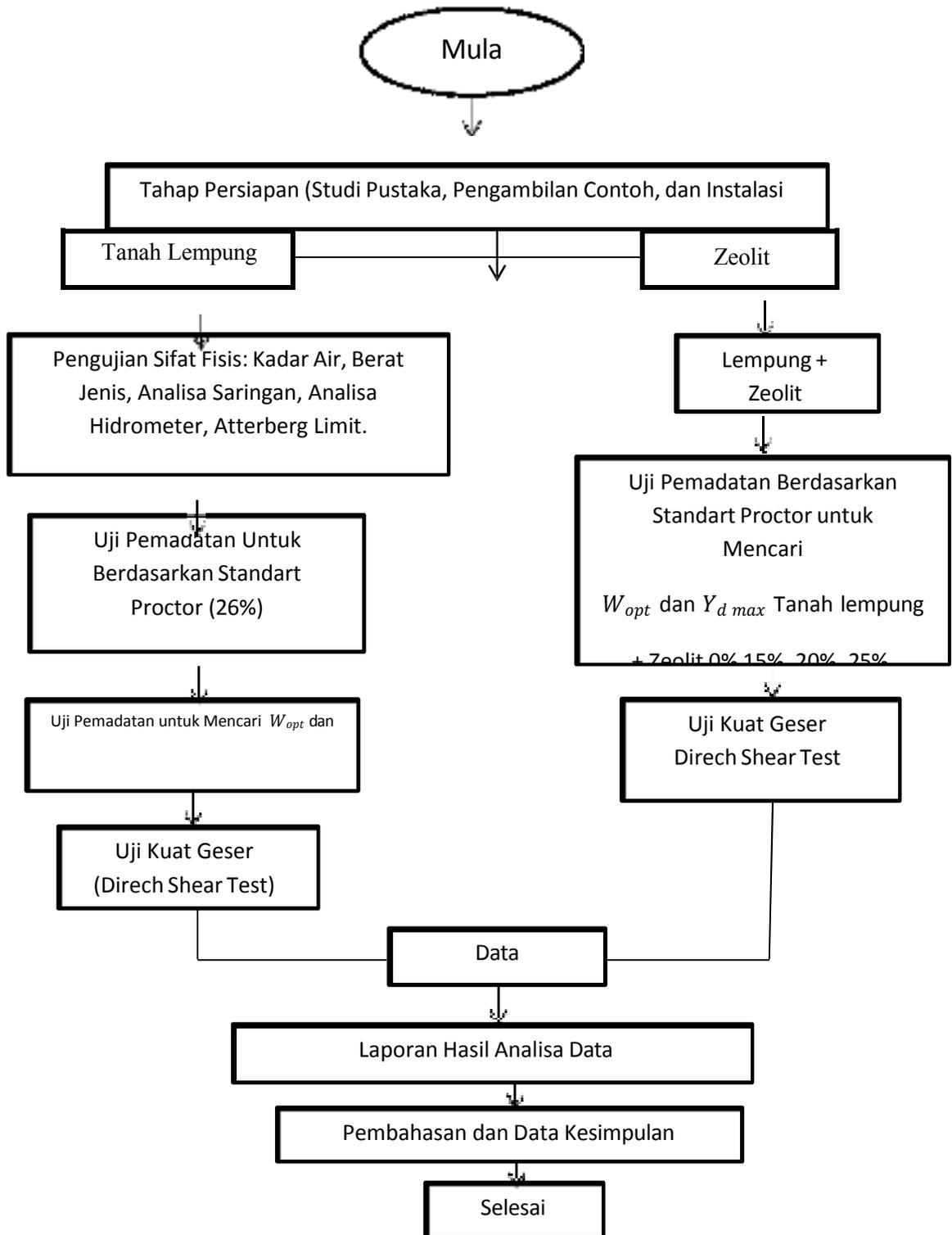
Setelah selesai pengujian fisiknya dan pembuatan benda ujinya maka dilakukan pengujian utama dari penelitian ini yaitu pengujian geser langsung (*Direct Shear*). Berikut ini adalah prosedur pengujian geser langsung :

1. Siapkan peralatan yang diperlukan
2. Keluarkan kotak dari alat *direct Shear*.
3. Timbang Spesimen Yang akan di uji
4. Masukkan Spesimen yang telah ditimbang ke dalam kotak geser dengan hati-hati agar spesimen tidak patah. Diatas spesimen yang telah dimasukkan kedalam kotak geser diberikan pelat berlubang untuk dan beralur, dan alurnya dipasang sejajar dengan alur plat yang dibawah.
5. Setelah spesimen selesai dimasukkan kedalam kota geser kotak geser kemudian dipasang *Direct Shear*.
6. Selanjutnya atur alat dial sehingga jarum dial berada diangka Nol dan susun beban normal pertama untuk spesimen pertama
7. Lakukan pembacaan dengan interval 0,25; 0,50; 0,75 dan seterusnya. Dengan memperhatikan Horizontal dial dan load ring dial, pembacaan dihentikan pada saat jarum road ring dial menunjukkan pembacaan yang konstan sebanyak 3x atau terjadi penurunan terhadap pembacaan.

8. Ulangi prosedur sebanyak 3x dengan spesimen dan beban normal yang berbeda

3.6 Analisis Data

Berdasarkan data hasil penelitian yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium kemudian dilakukan Analisa untuk masing-masing pengujian sehingga didapatkan sifat fisik mekanik untuk tiap sampel tanah.



Gambar 3. 3 Bagan Alir Penelitian

(Sumber: Penulis)