

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian (Wibawa, 2015) “Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Lempung “. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan stabilisasi perbaikan tanah secara kimiawi ditinjau dari parameter kuat geser tanah dengan pengujian Direct Shear. Varian penelitian yang digunakan 4%, 6%, 8% dengan melakukan pemeraman 7 hari dan 14 hari metode penelitian yang digunakan yaitu AASHTO, SNI 2813;2008 didapat hasil penelitian nilai kohesi maksimum terjadi pada kadar campuran limbah 8% dengan pemeraman waktu selama 14 hari yaitu 48 kn/m³.

Hasil penelitian (Maryati, 2016) “Analisis Perbandingan Penggunaan Limbah Gypsum Dengan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah gypsum terhadap parameter hasil konsolidasi dan perbandingan penggunaan limbah gypsum dengan semen sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ditinjau dari parameter hasil uji konsolidasi. Varian penelitian yang digunakan 5%, 10%, 15% dengan pemeraman 7 hari metode penelitian yang dipakai yaitu AASHTO kelompok A-7-6 didapat hasil penelitian penambahan limbah gypsum memberikan pengaruh terhadap parameter hasil uji konsolidasi tanah lempung, peningkatan maksimum pada kadar campuran limbah gypsum 15% sebesar 0,0519cm²/detik.

Hasil penelitian (Zefania dkk, 2018) “Stabilisasi Tanah Gambut Menggunakan Campuran Gypsum Sintesis (CaSO₄, 2H₂O) dan Garam Dapur (NaCl) Ditinjau dari pengujian Traksial UU. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan gypsum sintesis dan garam dapur pada tanah gambut ditinjau dari parameter kuat geser menggunakan uji Traksial UU. Varian Penelitian yang digunakan gypsum sintesis 10%, 15%, 20% dan garam dapur 2%, 4%,6% metode penelitian yang dipakai yaitu ASTM D2216-92 1997, ASTM D854-91 1997, ASTM D442-63 1997 didapat hasil penelitian nilai kapasitas ultimit yang

terbesar berada pada campuran tanah gambut + 15% gypsum + 4% NaCl sebesar $8,42 \text{ gr/cm}^2$.

Hasil penelitian (Zulfa, 2020) "Kinerja Limbah Gypsum Terhadap Uji Kepadatan Berat Pada Tanah Dasar Untuk Jalan". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah gypsum pada uji kepadatan berat terhadap tanah lempung dengan presentase gypsum 22%, 24%, 26%. Metode penelitian yang dipakai yaitu ASTM D-698, ASTM D-1557 2012 didapat hasil penelitian uji kepadatan berat dengan modified proctor penambahan limbah gypsum mampu menurunkan nilai kadar air optimum dibandingkan dengan tanah asli, penurunan terbaik diperoleh pada presentase 22% limbah gypsum.

Hasil penelitian (Dwi dkk, 2016) "Stabilisasi Tanah Gambut Menggunakan Campuran Gypsum Sintesis ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan Garam Dapur (NaCl) Ditinjau dari Pengujian CBR". Penelitian ini bertujuan untuk upaya peningkatan daya dukung tanah gambut salah satunya yaitu stabilisasi tanah secara kimiawi dengan cara menambahkan zat adiktif (bahan tambah) yang dapat bereaksi pada tanah. Varian penelitian yang digunakan gypsum sintesis yaitu 10%, 15%, 20% dan garam dapur sebesar 2%, 4%, 6%. Hasil penelitian yang didapat dari pengujian CBR sebesar 5,08 dalam keadaan terendam dan 5,21 pada keadaan tak terendam.

2.2 Pengertian Tanah

Menurut (Hardiyatmo 2019:1) dalam pengertian teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh zat organik, karbonat, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi udara, air, ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Bentuknya tanah dari bebatuan induknya, dapat berupa proses kimia maupun proses fisik. Proses terbentuknya tanah secara fisik yang mengubah bebatuan menjadi partikel-partikel kecil, akibat terjadinya pengaruh dari air, angin, erosi, es, manusia, atau hancurnya partikel-partikel tanah akibat dari perubahan suhu maupun cuaca. Partikel-partikel

tanah mungkin berbentuk bergerigi, bulat, ataupun bentuk-bentuk lain-lain diantaranya. 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*).

Isilah dari jenis-jenis tanah seperti kerikil, pasir, lanau, lempung atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel-partikel pada batas-batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Tetapi ada juga beberapa istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat-sifat tanah yang khusus. Contohnya, lempung merupakan jenis tanah yang memiliki sifat plastis dan kohesif, sedangkan pasir digambarkan sebagai jenis tanah yang tidak memiliki sifat kohesif dan tidak plastis. Pada umumnya jenis-jenis tanah terdiri dari banyaknya campuran-campuran ataupun lebih dari satu macam ukuran partikel. Jenis tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung itu saja, tapi dapat juga tercampur dengan butir-butir 6 ukuran tanah jenis pasir maupun lanau, dan mungkin saja terdapat beberapa campuran bahan organik. Ukuran-ukuran partikel dari tanah terdapat beberapa bervariasi dan bahkan lebih besar dari 100 mm sampai ke yang lebih kecil dari 0,001 mm.

2.3 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah secara umum merupakan suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat. Adapun sifat tanah yang telah diperbaiki tersebut dapat meliputi kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas dan kekekalan atau keawetan.

Menurut Bowles (1991), beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah yaitu meningkatkan kerapatan tanah, menambah material

yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisik pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), serta mengganti tanah yang buruk. Pada umumnya stabilisasi tanah dapat dilakukan dalam 2 cara yaitu :

1. Stabilisasi Mekanis

Stabilisasi mekanis yaitu stabilisasi yang dilakukan dengan cara mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang gradasinya berbeda untuk memperoleh material yang lebih baik yang memenuhi syarat kekuatan tertentu. Stabilisasi mekanis juga dapat dilakukan dengan menggali dan membuang tanah dilokasi yang buruk dan menggantinya dengan material granuler dari tempat lain yang memenuhi syarat kekuatan.

2. Stabilisasi Bahan Tambah

Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah. Stabilisasi ini dilakukan dengan cara memberikan bahan tambah pada tanah dilokasi yang tidak memenuhi syarat. Bahan tambah adalah bahan hasil olahan pabrik yang jika ditambahkan ke dalam tanah dengan perbandingan yang tepat akan memperbaiki sifat sifat teknis tanah, sehingga memenuhi syarat kekuatan yang sudah ditentukan

2.4 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran dan plastisitas.

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah yang umumnya digunakan sebagai hasil pengembangan dari sistem klasifikasi yang sudah ada. Beberapa sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas Atterberg, sistem-sistem tersebut adalah sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dan sistem klasifikasi tanah unified (USCS).

1. Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO awalnya membagi tanah kedalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk subkelompok. Sistem yang direvisi (*Proc. 25 th Annual Meeting of Highway Research Board, 1945*) mempertahankan delapan kelompok dasar tanah tadi tapi menambahkan dua subkelompok dalam A-1, empat kelompok dalam A-2, dan dua subkelompok dalam A-7. Kelompok A-8 tidak diperlihatkan tetapi merupakan gambut atau rawang yang ditentukan berdasarkan klasifikasi visual. Pengujian yang dilakukan hanya analisis saringan dan batas-batas Atterberg (Bowles, 1984). Berikut dapat kita lihat Tabel 2.1 merupakan Tabel klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO.

Tabel 2.1 Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO.

Klasifikasi Umum	Ayakan Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2-4	A-2		
	A-1-a	A-1-b			A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisa 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 (<i>LL</i>) Indeks plastisitas (<i>PI</i>)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Maks 11	Maks 41 Maks 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau yang berlampung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

Tabel 2.2 Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO. (lanjutan)

Klasifikasi Umum	Tanah Lanau-Lempung (lebih dari 35% dari seluruh tanah lolos ayakan no.
------------------	--

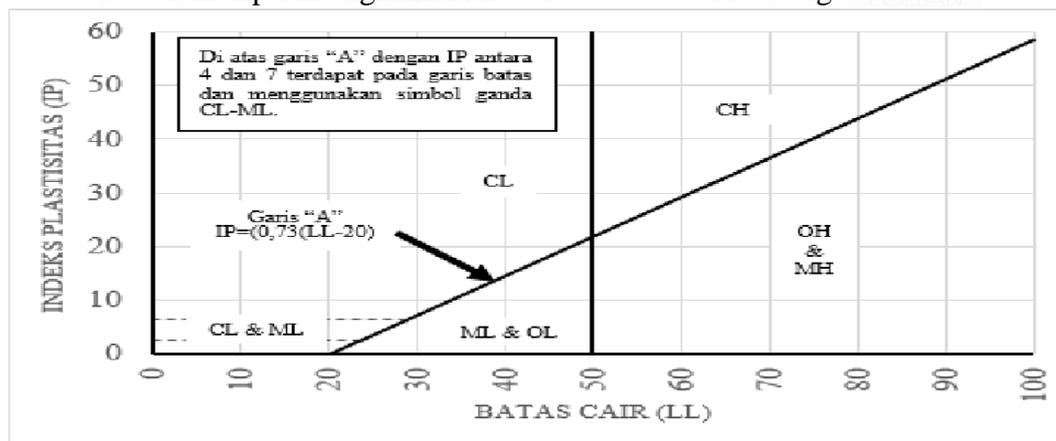
	200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6'
Analisis ayakan no. 200 (%lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan no.40 Batas cair (LL) Indeks Plastis (PI)	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai tanah dasar	Biasa sampai jelek			

Keterangan:

Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$, untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

2. Sistem Klasifikasi Tanah Sistem *Unified* (USCS)

berikut dapat dilihat plot grafik klasifikasi USCS pengujian tanah sebagai acuan memperhitungkan distribusi batas-batas Atterberg.



Gambar 2.1 Plot grafik klasifikasi USCS

Dalam sistem ini, Cassagrande membagi tanah atas 3 (tiga) kelompok (Sukirman, 1992) yaitu:

- a. Tanah berbutir kasar, $< 50\%$ lolos saringan No. 200.

- b. Tanah berbutir halus, > 50% lolos saringan No. 200.
- c. Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau dan sisa tumbuhan yang terkandung didalamnya.

2.5 Tanah Lempung

2.5.1 Definisi Tanah Lempung

Definisi tanah lempung menurut beberapa para ahli:

- a. Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, bersifat plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. (Terzaghi, 1987).
- b. Tanah lempung merupakan tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi basah. (DAS, 1995).
- c. Mengatakan sifat – sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat. Dengan adanya pengetahuan mengenai mineral tanah tersebut, pemahaman mengenai perilaku tanah lempung dapat diamati. (Hardiyatmo, 1992).
- d. Tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang memiliki partikel partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air. Tanah lempung ada yang tergolong ekspansif dan non ekspansif. Perbedaannya dapat terlihat secara kasat mata, pada saat musim kemarau, tanah lempung ekspansif mengalami retak-retak poligonal yang tidak beraturan pada permukaan tanah dan retakan tersebut menyebabkan rongga yang cukup dalam. Sebaliknya, pada tanah lempung non ekspansif hanya mengalami retak-retak pada permukaan tanpa ronggo-rongga yang dalam (Grim, 1953).

2.5.2 Mineral Tanah Lempung

Mineral - mineral lempung merupakan produk pelapukan batuan yang terbentuk dari penguraian kimiawi mineral - mineral silikat lainnya dan selanjutnya terangkut ke lokasi pengendapan oleh berbagai kekuatan. Mineral - mineral lempung digolongkan ke dalam golongan besar yaitu :

a. *Kaolinite*

Kaolinite merupakan anggota kelompok *kaolinite serpentin*, yaitu *hidrus alumino silikat* dengan rumus kimia $Al_2 Si_2 O_5 (OH)_4$. Kekokohan sifat struktur dari partikel *kaolinite* menyebabkan sifat-sifat plastisitas dan daya pengembangan atau menyusut *kaolinite* menjadi rendah.

b. *Illite*

Illite dengan rumus kimia $K_y Al_2 (Fe_2 Mg_2 Mg_3) (Si_4 y Al_y) O_{10} (OH)_2$ adalah mineral bermika yang sering dikenal sebagai mika tanah dan merupakan mika yang berukuran lempung. Istilah *illite* dipakai untuk tanah berbutir halus, sedangkan tanah berbutir kasar disebut mika hidrus.

c. *Montmorillonite*

Mineral ini memiliki potensi plastisitas dan mengembang atau menyusut yang tinggi sehingga bersifat plastis pada keadaan basah dan keras pada keadaan kering. Rumus kimia *montmorillonite* adalah $Al_2 Mg (Si_4 O_{10}) (OH)_2 \cdot x H_2 O$.

2.5.3 Sifat Tanah Lempung

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1992):

- a. Ukuran butir halus, yaitu kurang dari 0,002mm.
- b. Permeabilitas rendah.
- c. Kenaikan air kapiler tinggi.
- d. Bersifat sangat kohesif.
- e. Kadar kembang susut yang tinggi.
- f. Proses konsolidasi lambat.

2.6 Gypsum

Secara umum gypsum dituliskan dengan rumus kimia sebagai ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Gypsum merupakan mineral terbanyak dalam batuan sedimen lunak bila murni merupakan bahan baku yang dapat diolah menjadi kapur tulis, ataupun bahan bahan bangunan. Gypsum digunakan untuk pembuatan bangunan plester, papan dinding, ubin, sebagai penyerap untuk bahan-kimia, sebagai pigmen cat dan perluasan, dan untuk pelapisan kertas. Gypsum california alami, berisi 15% - 20% belerang, digunakan untuk memproduksi *ammonium sulfate* untuk pupuk. Gypsum juga digunakan untuk membuat asam belerang dengan pemanasan sampai 2000°F (1093°C) dalam permukaan tertentu. *Resultan calcium sulfida* bereaksi untuk menghasilkan kapur perekat dan *sulfuricacid*. Sedangkan gypsum mentah bisa digunakan untuk campuran portland semen.

Sekarang ini gypsum banyak digunakan pada hiasan bangunan, bahan dasar pembuat semen, pengisi (*filler*) cat, bahan pembuat pupuk (*fertilizer*) dan berbagai macam keperluan lainnya. Keuntungan penggunaan gypsum dalam pekerjaan teknik sipil yaitu:

- a. Gypsum yang dicampur lempung dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah tergantikan oleh kalsium pada gypsum sehingga pengembangannya lebih kecil.
- b. Gypsum dapat meningkatkan stabilitas tanah organik karena mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung yang memberikan stabilitas terhadap agregat tanah.
- c. Gypsum meningkatkan kecepatan rembesan air, dikarenakan gypsum lebih menyerap banyak air.

Gypsum sebagai perekat mineral mempunyai sifat yang lebih baik dibandingkan dengan perekat organik karena tidak menimbulkan pencemaran udara, murah, tahan api, tahan deteriorasi oleh faktor biologis dan tahan terhadap zat kimia (Purwadi, 1993). Dapat dilihat pada Tabel 2.3, merupakan komposisi

kimia yang terkandung dalam gypsum (Laboratorium penguji balai riset dan standarisasi industri medan, 2016)

Tabel 2.3 Komposisi kimia gypsum

No.	Parameter	Hasil	Metode
1.	<i>Silika Oksida</i> (SiO ₂)	1,73 %	Gravimetri
2.	<i>Kalsium Oksida</i> (CaO)	25,3 %	Titrimetri
3.	<i>Alumunium Oksida</i> (Al ₂ O ₃)	2,21 %	Perhitungan
4.	Kadar Air	9,47%	Gravimetri

2.7 Teori Pengujian

2.7.1 Pengujian Berat Jenis Tanah

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara massa butir-butir dengan massa air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperature tertentu. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain piknometer atau botol ukur, saringan, 24 thermometer, oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, alat pendingin dll. Prosedur pengujian meliputi tahapan pengeringan benda uji di dalam oven selama 24 jam dan penimbangan, selanjutnya benda uji dimasukkan kedalam piknometer lalu timbang lagi dan seterusnya.

Berat jenis adalah perbandingan relative antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Air murni bermassa jenis 1 g/cm³ atau 1000 kg/m³. Tujuan pengujian berat jenis ini yaitu untuk menentukan massa (berat) jenis suatu tanah. Dengan itu kita dapat mengetahui berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh atau *saturated surface dry*(SSD) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan air oleh agregat kasar.

Persamaan rumus:

$$GS = \frac{\text{massa butiran}}{\text{massa air dengan volume yang sama}} = \frac{Ms}{Mw} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$GS = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_3 - w_1) - (w_4 - w_2)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan: GS : Berat jenis

W₁ : Berat piknometer

W₂ : Berat piknometer + tanah kering

W₃ : Berat piknometer + tanah kering + air

W₄ : Berat piknometer + air

Batas-batas besaran berat spesifik tanah dapat dilihat pada Tabel 2.4.

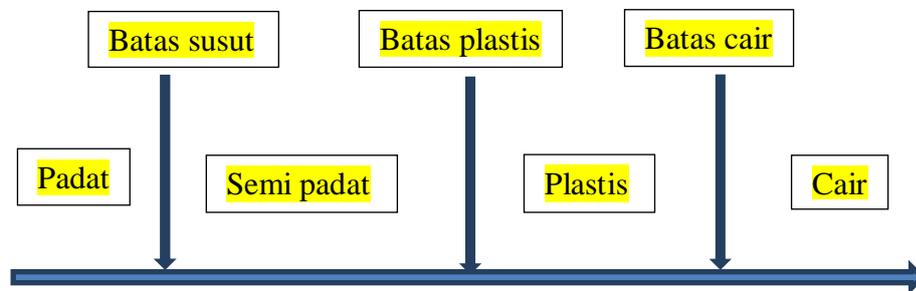
Tabel 2.4 Berat spesifik tanah (Das, 1991)

No	Macam Tanah	Berat Jenis
1.	Kerikil	2,65 - 2,68
2.	Pasir	2,65 - 2,68
3.	Lanau tak organik	2,62 - 2,68
4.	Lempung organik	2,58 - 2,65
5.	Lempung tak organik	2,68 - 2,75
6.	Humus	1,37
7.	Gambut	1,25 - 1,80

Nilai berat jenis digunakan untuk mendapatkan berat tanah tanpa adanya udara maupun air. Nilai rata-rata berat jenis didapatkan dengan melakukan pengujian terhadap benda uji, dengan melakukan pengujian berat jenis kita dapat mengetahui jenis tanah yang akan digunakan nantinya melalui analisis data dengan melakukan klasifikasi yang telah di tentukan sebelumnya.

2.7.2 Pengujian Atterberg Limit

Atterberg Limit diciptakan oleh Albert Atterberg seorang kimiawan Swedia, yang kemudian diperbaharui oleh Arthur Casagrande. Limit ini adalah Perhitungan dasar dari tanah butir halus. Apabila tanah butir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat di remas-remas (*remolded*) tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap di sekeliling permukaannya. Berikut dapat kita lihat batas-batas konsistensi pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Batas-batas atterberg (Das,1991)

Atterberg mengembangkan metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah butir halus pada kadar air yang bervariasi. Berdasarkan pada jumlah air pada tanah, tanah dapat dipisahkan dalam 4 keadaan dasar: solid, semi-solid, plastis, dan cair. Setiap tingkat mempunyai kepadatan dan tingkah laku tanah berbeda-beda dan begitu juga properti teknisnya. Batas perbedaan antara setiap bentuk dapat ditentukan berdasarkan perubahan kebiasaan tanah tersebut. Atterberg dapat digunakan antara *silt* dan *clay*, yang dapat dibedakan lagi menjadi beberapa bagian pada setiap jenisnya.

1. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian atterberg untuk menentukan batas cair tanah. Batas cair tanah adalah kadar air tanah pada keadaan batas peralihan antara cair dan keadaan plastis. Tanah dalam keadaan cair apabila di periksa dengan alat casagrande, kedua bagian tanah dalam mangkok yang berpisah

oleh alur lebar 2mm, menutup sepanjang 13mm (1/2 inci) oleh 25 pukulan dengan kecepatan 2 pukulan per detik.

Adapun rumusnya sebagai berikut :

$$\text{Presentase kadar air} = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering oven}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

2. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tujuan Pengujian adalah untuk menentukan plastis suatu tanah. Batas plastis tanah adalah kadar air minimum (dinyatakan dalam persen) bagi tanah tersebut yang masih dalam keadaan plastis. Tanah dalam keadaan plastis apabila tanah digiling menjadi batang-batang berdiameter 3,2mm mulai menjadi retak-retak.

Adapun rumusnya sebagai berikut :

$$\text{Presentase kadar air} = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering oven}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Indeks plastisitas (PI)} = \text{batas cair (LL)} - \text{batas plastis (PL)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Berikut dapat kita lihat Tabel 2.5 hubungan Indeks Plastis dengan tingkat plastisitas dan jenis tanah menurut pengujian atterberg (Jumikis, 1979)

Tabel 2.5 Hubungan Indeks Plastis dengan Tingkat Plastisitas dan Jenis Tanah

PI (Indeks Plastisitas)	Tingkat Plastisitas	Jenis Tanah
0	Tidak Plastis	Pasir
0<PI<7	Plastisitas Rendah	Lanau
7-17	Plastisitas Sedang	Lanau-Lempung
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung

2.7.3 Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer

Tanah merupakan komponen/susunan dari hasil lapisan kerak bumi yang sifatnya ditentukan dari ukuran butirannya. Untuk membedakan dan menunjukkan sifat-sifat dari tanah ini sering digunakan cara AASTHO dan USCS. Analisa ayakan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara kering dan cara basah. Cara kering

dilakukan dengan menggetarkan saringan, baik itu digetarkan dengan cara manual atau dengan alat penggetar. Cara basah dilakukan dengan mencampur tanah dengan air sampai menjadil umpur encer dan dibasuh seluruhnya melewati saringan. Perhitungan komulatif tertahan dan lolos saringan dengan cara berikut :

$$\text{Persentase tanah yang tertahan} = \frac{\text{Berat tanah yang tertinggal}}{\text{Berat total}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$

Analisa hidrometer adalah analisa yang digunakan untuk menentukan ukuran butiran dari tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar yang didasarkan pada prinsip sedimentri (pengendapan) butir-butir dari dalam air. Adapun rumusnya sebagai berikut :

$$N = \frac{Rh \times Gs}{wd \times (Gs-1)} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

G_s : *Specific gravity*

W_d : Berat tanah dalam larutan

R_h : Pembacaan hydrometer pada suspensi

N : Persen lebih halus

Dapat dilihat ukuran butir tanah sebagai berikut:

- a. Kerikil Kasar : Lolos saringan 3” dan tertahan di 3/4”
- b. Kerikil Halus : Lolos saringan 3/4” dan tertahan di No.4
- c. Pasir Kasar : Lolos saringan No.4 dan tertahan di No. 10
- d. Pasir Sedang : Lolos saringan No.10 dan tertahan di No. 40
- e. Pasir Halus : Lolos saringan No.40 dan tertahan di No.200
- f. Lanau dan Lempung : Lolos saringan No.200

2.7.4 Pengujian Pemadatan

Pemadatan tanah adalah suatu proses dimana partikel tanah didesak menjadi lebih berdekatan satu sama lain melalui pengurangan rongga udara dengan digilas atau metode mekanik lain. Sifat teknik tanah dan batuan yang digunakan pada

penimbunan, sebagai contoh kekuatan gesernya, karakteristik konsolidasi, permeabilitas, dan sebagainya, adalah berkaitan dengan jumlah pemadatan yang telah diterimanya. Tujuan dari pemadatan ini untuk menentukan kadar air dan kepadatan maksimum serta untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah apabila dipadatkan dengan tenaga pemadat tertentu. Tingkat kepadatan yang tinggi membantu dalam hal sebagai berikut:

1. Menurunkan biaya pemeliharaan.
2. Menurunkan risiko terjadinya longsoran.
3. Memungkinkan struktur permanen seperti jalan-jalan, gedung-gedung untuk dibangun langsung tanpa penundaan.
4. Mendapatkan tekanan dukung yang lebih tinggi pada desain fondasi untuk struktur permanen.

Peningkatan kepadatan kering tanah yang dihasilkan oleh pemadatan, terutama tergantung pada kadar air dari tanah dan jumlah pemadatan yang digunakan. Dengan tingkat kepadatan tertentu diperlukan kadar air tertentu, pada kebanyakan jenis tanah akan memiliki suatu kadar air yang disebut dengan "kadar air optimum" yang menunjukkan kepadatan kering maksimum.

Karakteristik pemadatan lempung sangat tergantung pada kadar air, sehingga usaha untuk memperoleh pemadatan yang lebih tinggi diperlukan dengan pengurangan kadar air. Mungkin perlu lapisan yang lebih tipis dan lintasan yang lebih banyak dengan mesin pemadat yang lebih berat dari yang diperlukan untuk tanah berbutir. Bila lempung dipadatkan pada batas atas kadar air yang layak pemadatan, kemungkinan timbul ketidakstabilan akibat kelebihan tekanan air pori yang disebabkan pemadatan tersebut. Bila tanah berkoheesi yang diperoleh tempat pengambilan material dalam bentuk bongkah-bongkah yang besar, sesudah penghamparan harus dipecah dengan memakai mesin gilas tumbuk atau mesin gilas berkisi untuk mencapai kepadatan yang disyaratkan.

2.7.5 Pengujian Kuat Geser (*Direct Shear*)

Kekuatan geser (*shear strength*) merupakan gaya tahanan internal yang bekerja per satuan luas masa tanah untuk menahan keruntuhan atau kegagalan sepanjang bidang runtuh dalam masa tanah tersebut. Pemahaman terhadap proses dari perlawanan geser sangat diperlukan untuk analisis stabilitas tanah seperti kuat dukung, stabilitas lereng, tekanan tanah lateral pada struktur penahan tanah. Oleh karena itu kekuatan geser dapat diukur dengan rumus :

$$\tau = C + (\sigma - U)\tan\theta$$

.....(2.8)

Dimana:

- τ : Kekuatan geser tanah (kg/cm²)
- C : Kohesi tanah efektif (kg/cm²)
- σ : Tegangan normal total (kg/cm²)
- U : Tegangan air pori (kg/cm²)
- θ : Sudut perlawanan geser efektif (°)

Tujuan pengujian kuat geser ini untuk menentukan besarnya parameter kuat geser tanah yaitu sudut gerak intern dan kohesi dengan alat uji geser langsung pada kondisi *consolidated drained*.