

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini didasari oleh literatur atau referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi bertujuan untuk memberikan batasan- batasan terhadap pembahasan dari penelitian yang akan dikembangkan serta agar dapat menghasilkan hasil yang lebih baik dari referensi penelitian sebelumnya. Referensi penelitian terdahulu yang peneliti dapatkan dapat dilihat pada uraian berikut.

M. Oktafaturahman dan M. Aidil Iskandarsyah (2018), meneliti tentang Perbaikan tanah asli dengan penambahan variasi tanah timbunan ditinjau dari nilai *California Bearing Ratio* (CBR), yang mendapatkan hasil nilai untuk berat jenis yang di dapatkan mengalami penurunan dari 2,67% menjadi 2,60% (50%) dan 2,60% (75%). Pengujian Batas-Batas Atterberg Limits. Untuk pengujian batas cair (LL) nilai yang di dapatkan turun dari 65,65 % (tanah asli) menjadi 54,04% (tanah campuran 50%) dan 36,61% (tanah campuran 75%). Untuk pengujian Indeks Plastisitas (IP) nilai yang di dapatkan turun dari 31,36% (tanah asli) menjadi 24,70% (tanah campuran 50%) dan 13,19%(tanah campuran 75%). Pengujian pemadatan Berat Isi Kering ( $\gamma_d$ ) nilai yang di dapat naik dari presentase tanah asli + tanah campuran 50% + 50% dan 25% + 75% sesuai teori, dan mengalami kenaikan dari 1,33% menjadi 1,36% (tanah campuran 50%) dan 1,51%(tanah campuran 75%). Kadar Air Optimum (Wop) nilai yang di dapat selalu mengalami penurunan dan mengalami kenaikan dari 35% menjadi 31% (tanah campuran 50%) dan 25,1% (tanah campuran 75%) Dengan adanya penambahan tanah campuran ini membuat CBR mengalami kenaikan dari 9,00% (tanah asli) menjadi 11,85% (tanah campuran 50% ) dan 12,02% (tanah campuran 75%).

Ibrahim Staf Pengajar Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya (2014), meneliti tentang “Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Bahan Adiktif *Fly Ash* Sebagai Lapisan Pondasi Dasar Jalan (*Subgrade*)”. Dari hasil uji tanah asli di dapat nilai berat isi kering maksimum ( $\gamma_d$ ) = 1,49 gr/cm<sup>3</sup>, Kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) = 11,9 %, LL = 45,53% PL = 28,20%, SL = 16,25% dan PI = 17,32%, mengandung fraksi halus 96,66 %, dengan gravitas khusus ( $G_s$ ) = 2,53. Menurut *American Association of state Highway and Transportation Officials* (AASHTO) tanah tersebut termasuk kelompok A-7-6 (Tanah Lempungan), Untuk CBR tanpa perendaman dengan *fly ash*, nilai CBR cenderung meningkat dan mencapai titik puncak peningkatan pada penambahan *fly ash* sebesar 7,5%, tetapi pada penambahan 10% dan 12,5% mengalami penurunan. Tanah lempung ekspansif dapat dijadikan sebagai lapisan pondasi dasar (*subgrade*) jalan apabila terlebih dahulu distabilisasi dengan bahan additive *fly ash* 7,5%.

Indah firawati, Taufik, Taufik, dan Robby Permata, Universitas Bung Hatta, Padang (2017), meneliti tentang “Pengaruh Kapur Dan *Fly Ash* Terhadap Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) Tanah Lempung”. Penelitian ini menggunakan 3 variasi yaitu 5%, 10%, 15%, Dari hasil penelitian sifat fisik tanah didapatkan nilai batas cair, batas plastisitas dan indeks plastisitas dari masing-masing persentase campuran, dengan hasil yang diperoleh pada campuran persentase 5% yaitu (41,16%, 25,25% dan 15,91%), sedangkan untuk campuran persentase 10% diperoleh (39,36%, 24,51%, 14,85%) dan untuk persentase campuran 15% yaitu (38,32%, 24,39% dan 13,93%), sedangkan untuk penelitian sifat mekanik tanah didapatkan nilai kadar air optimumnya (OMC) pada persentase 5% yaitu 22,5% pada persentase 10% diperoleh 21,5% dan untuk campuran persentase 15% yaitu 20,5%, sedangkan untuk pengujian CBR (*california bearing ratio*) laboratorium masing-masing diperoleh nilai 8%, 15% dan 10%.

## 2.2 Tanah

Definisi dan pengertian dari tanah adalah kumpulan tubuh alam yang menduduki sebagian besar daratan planet bumi, yang mampu menumbuhkan tanaman dan sebagai tempat makhluk hidup lainnya dalam melangsungkan kehidupannya (Bambang Surendro,2015). Menurut pandangan dan pengertian yang diberikan oleh para ahli tanah sebagai berikut :

1. Tanah adalah bentukan alam, seperti tumbuh-tumbuhan, hewan, dan manusia yang mempunyai sifat tersendiri serta mencerminkan hasil pengaruh berbagai faktor yang membentuknya di alam.
2. Tanah adalah sarana produksi tanaman yang mampu menghasilkan berbagai tanaman.

(Bambang Surendro,2015)

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). (Hary Christady Hardiyatmo,1986).

Tanah dapat digolongkan menjadi tiga jenis atau kategori, yaitu tanah non kohesif, tanah kohesif, dan tanah organik. Pada tanah non kohesif, antar butirannya saling lepas (tidak ada ikatan), pada tanah kohesif butirannya sangat halus dan saling mengikat.

Tanah organik tidak baik untuk dasar bangunan, yang termasuk tanah non kohesif, antara lain kerikil, pasir, dan lumpur. Kerikil punya ukuran butiran lebih besar dari 5 mm, ukuran butiran pasir berkisar antara 0,1 mm – 5 mm. Baik pasir maupun kerikil dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu kerikil/pasir kasar dan halus. Ukuran butiran lumpur berkisar antara 0,005 mm – 0,1 mm. sekitar 0,005 mm. (Bambang Surendro,2015).

## 2.3 Tanah Lempung

Lempung (*clays*) 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. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (2 mikron). Namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung (lihat *American Standard Testing and Material (ASTM) D-653*). Di sini tanah diklasifikasikan sebagai lempung (hanya berdasarkan pada ukurannya saja). Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung (*clay minerals*). Dari segi mineral (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung (dan mineral lempung) ialah yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air.

### 2.3.1 Susunan Tanah Lempung

Pelapukan tanah akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung. Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus, sehingga lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Di antaranya terdiri dari kelompok-kelompok: *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *olygorskite* terdapat pula kelompok yang lain, Misalnya: *chlorite*, *vermiculite*, dan *halloysite*.

Susunan kebanyakan tanah lempung terdiri dari silika tetrahedra dan aluminium oktahedra. Silika dan aluminium secara parsial dapat digantikan oleh elemen yang lain dalam kesatuannya, keadaan ini dikenal sebagai *substitusi isomorf*. Kombinasi susunan dari kesatuan dalam bentuk susunan lempung simbol. Berbagai-bentuk lempung terbentuk oleh kombinasi tumpukan dari susunan lempung dasarnya dengan bentuk yang berbeda-beda.

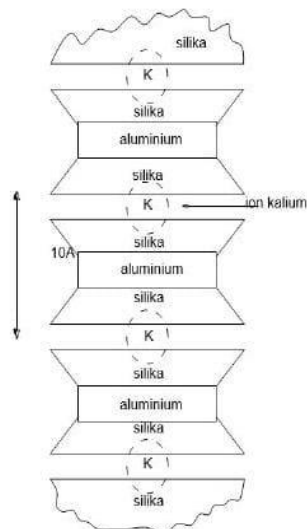
*Kaolinite* merupakan mineral dari kelompok kaolin, terdiri dari susunan satu lembar silica tetrahedral dengan satu lembar aluminium oktahedra, dengan satuan susunan setebal  $7,2 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ). Kedua lembaran terikat bersama-sama, sedemikian hingga ujung dari lembaran silica dan satu lapisan lembaran silica dan aluminium, keduanya terikat oleh ikatan hidrogen. Pada keadaan tertentu, partikel *kaolinite* mungkin lebih dari seratus tumpukan yang sukar dipisahkan. Karena itu, mineral ini stabil dan air tidak dapat masuk diantara lempengan (air dapat menimbulkan kembang-susut pada sel satuannya).

*Halloysite* hampir sama dengan *kaolinite*, tetapi kesatuan yang berurutan lebih acak ikatannya dan dapat dipisahkan oleh lapisan tunggal molekul air. Jika lapisan tunggal air menghilang oleh karena proses penguapan, mineral ini akan berkelakuan lain. Maka, sifat tanah berbutir halus yang mengandung *halloysite* akan berubah secara tajam jika tanah dipanasi sampai menghilangkan lapisan tunggal molekul airnya. Sifat khusus lain adalah bentuk partikelnya menyerupai silinder-silinder memanjang, tidak seperti *kaolinite* yang berbentuk pelat-pelat.

*Montmorillonite*, disebut juga *smectite*, adalah mineral yang dibentuk oleh dua lembar silica dan satu lembar aluminium (*gibbsite*). Lembaran oktahedra terletak di antara dua lembaran silika dengan ujung tetrahedral tercampur dengan hidroksil dari lembaran oktahedra untuk membentuk satu lapisan aluminium oleh magnesium. Karena adanya gaya ikatan Van der Waals yang lemah di antara ujung lembaran silika dan terdapat kekurangan muatan negatif dalam lembaran oktahedra, air dan ion-ion yang berpindah-pindah dapat masuk dan memisahkan lapisannya, jadi kristal *montmorillonite* sangat kecil, tapi pada waktu tertentu mempunyai gaya tarik yang kuat terhadap air. Tanah-tanah yang mengandung *montmorillonite* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air. Tekanan pengembangan yang dihasilkan dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan raya.

*Illite* adalah bentuk mineral lempung yang terdiri dari mineral-mineral kelompok *illite*. Bentuk susunan dasarnya terdiri dari sebuah lembaran aluminium oktahedra yang terikat diantara dua lembaran silika tetrahedra. Dalam lembaran oktahedra, terdapat substitusi parsial aluminium oleh magnesium dan besi, dan dalam lembaran tetrahedra terdapat pula substitusi silikon oleh aluminium.

Lembaran-lembaran terikat bersama-sama oleh ikatan lemah ion-ion kalium yang terdapat di antara lembaran-lembarannya. Ikatan-ikatan dengan ion kalium ( $K^+$ ) lebih lemah daripada ikatan hidrogen yang mengikat satuan kristal *kaolinite*, tapi sangat lebih kuat daripada ikatan ionik yang membentuk kristal *montmorillonite*. Susunan *illite* tidak mudah mengembang oleh air di antara lembarannya. (Christady Hardiyatmo, 2013)



Gambar 2.1. Diagram skematik struktur *illite*

## 2.4 Klasifikasi Tanah

Umumnya, penentuan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Hasil dari penyelidikan sifat-sifat ini kemudian dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah-masalah.

Dalam banyak masalah teknis (semacam perencanaan perkerasan jalan, bendungan dalam urugan, dan lain-lainnya), pemilihan tanah-tanah ke dalam kelompok ataupun subkelompok yang menunjukkan sifat atau kelakuan yang sama akan sangat membantu. Pemilihan ini disebut klasifikasi.

Klasifikasi tanah sangat membantu perancang dalam memberikan pengarahan melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang telah lalu. Tetapi, perancang harus berhati-hati dalam penerapannya karena penyelesaian masalah stabilitas, kompresi (penurunan), aliran air yang didasarkan pada klasifikasi tanah sering menimbulkan kesalahan yang berarti. Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks tipe pengujian yang sangat sederhana untuk memperoleh karakteristik tanah. Umumnya, klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan (dan uji sedimentasi) dan plastisitas.

Terdapat dua system klasifikasi yang sering digunakan, yaitu *Unified Soil Classification System* dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Sistem-sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitas. Klasifikasi tanah dari *Sistem Unified* mula pertama diusulkan oleh Casagrande (1942), kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (*United State Bureau of Reclamation*). Dalam bentuk yang sekarang, system ini banyak digunakan oleh berbagai organisasi konsultan geoteknik.

#### 2.4.1 Sistem Klasifikasi Unified

Pada sistem Unified, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat dalam Tabel 2.1. Simbol-simbol yang digunakan tersebut adalah.

*G* = Kerikil (*gravel*)

*S* = Pasir (*sand*)

*C* = Lempung (*clay*)

*M* = Lanau (*silt*)

*O* = Lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)

*W* = Gradasi baik (*well-graded*)

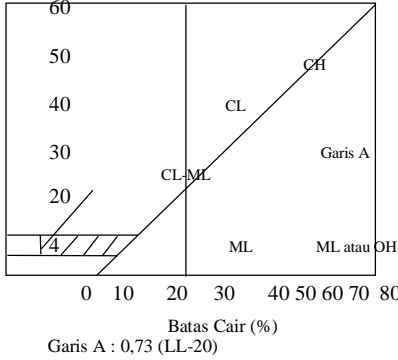
*P* = Gradasi buruk (*poorly-graded*)

*H* = Plastisitas Tinggi

*L* = Plastisitas rendah



Tabel 2.1. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

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	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Krikil bergradasi-baik dan campuran krikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3  Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran pasir, sedikit kerikil atau sama sekali tidak mengandung butiran		
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada didaerah arsis dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	dipakai simbol
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada didaerah arsis dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			SC	Asir berlempung, campuran pasir lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	dipakai simbol
	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	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 arsis berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  	
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> )		
OL			Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$		MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis			
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )			
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
		PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

Tanah berbutir halus  $50\%$  atau lebih lolos ayakan No. 200

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

Prosedur untuk menentukan klasifikasi tanah Sistem Unified adalah sebagai berikut :

1. Tentukan apakah tanah berupa butiran halus atau butiran kasar secara visual atau dengan cara menyaringnya dengan saringan nomor 200.
2. Jika tanah berupa butiran kasar :
  - a. Saring tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butiran.
  - b. Tentukan persen butiran lolos saringan no. 4. Bila persentase butiran yang lolos kurang dari 50%, klasifikasikan tanah tersebut sebagai kerikil. Bila persen butiran yang lolos lebih dari 50%, klasifikasikan sebagai pasir.
  - c. Tentukan jumlah butiran yang lolos saringan no.200. Jika persentase butiran yang lolos kurang dari 5%, pertimbangkan bentuk grafik distribusi butiran dengan menghitung  $C_u$  (koefisien keseragaman) dan  $C_c$  (koefisien gradasi). Jika termasuk bergradasi baik, maka klasifikasikan sebagai *GW* (bila kerikil) atau *SW* (bila pasir). Jika termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai *GP* (bila kerikil) atau *SP* (bila pasir).
  - d. Jika persentase butiran tanah yang lolos saringan no.200 di antara 5 sampai 12%, tanah akan mempunyai simbol dobel dan mempunyai sifat keplastisan (*GW - GM*, *SW - SM*, dan sebagainya).
  - e. Jika persentase butiran yang lolos saringan no.200 lebih besar 12%, harus dilakukan uji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no. 40. Kemudian, dengan menggunakan diagram plastisitas, ditentukan klasifikasinya (*GM*, *GC*, *SM*, *SC*, *GM - GC* atau *SM - SC*).

3. Jika tanah berbutir halus :
  - a. Kerjakan uji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no. 40. Jika batas cair lebih dari 50, klasifikasikan sebagai H (plastisitas tinggi) dan jika kurang dari 50, klasifikasikan sebagai L (plastisitas rendah).
  - b. Untuk H (plastisitas tinggi), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A, tentukan apakah tanah organik (OH) atau anorganik (MH). Jika plotnya jatuh di atas garis A, klasifikasikan sebagai CH.
  - c. Untuk L (plastisitas rendah), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A dan area yang diarsir, tentukan klasifikasi tanah tersebut sebagai organik (OL) atau anorganik (ML) berdasar warna, bau, atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.
  - d. Jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas jatuh pada area yang diarsir, dekat dengan garis A atau nilai LL sekitar 50, gunakan simbol dobel.

#### **2.4.2 Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*)**

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Sistem ini terutama ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut.

Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

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

$$GI = (F-35)[0,2 + 0,005 (LL-40)] + 0,01 (F-15)(PI-10) \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

$GI$  = indeks kelompok (*group index*)

$F$  = persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm)

$LL$  = batas cair

$PI$  = indeks plastisitas

Tabel 2.2. Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35 % atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							Tanah lanau - lempung (lebih dari 35 % dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5* A-7-6**
Analisis ayakan (% lolos)							---				
No. 10	$\leq 50$	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 40	$\leq 30$	$\leq 50$	$\geq 51$	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 200	$\leq 15$	$\leq 25$	$\leq 10$	$\leq 35$	$\leq 35$	$\leq 35$	$\leq 35$	$\geq 36$	$\geq 36$	$\geq 36$	$\geq 36$
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40											
Batas Cair (LL)	---	---	---	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 40$	$\leq 40$	$\geq 41$
Indek Plastisitas (PI)	$\leq 6$		NP	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik							Biasa sampai jelek			

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

Bila nilai indeks kelompok (GI) semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam penggunaan tanahnya. Tanah bergranuler diklasifikasikan ke dalam klasifikasi A-1 sampai A-3. Tanah A-1 merupakan tanah granuler yang bergradasi baik, sedang A-3 adalah pasir bersih yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan no. 200), tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu tanah lempung-lanau. Perbedaan keduanya didasarkan pada batas-batas Atterberg. ( Hary Christady Hardiyatmo, 2013)

### **2.4.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan *American Standard Testing And Material* (ASTM)**

Tanah adalah batuan yang melapuk dan mengalami proses pembentukan lanjutan. Tanah terbentuk dari campuran bahan organik dan mineral. Tanah non-organik atau tanah mineral terbentuk dari batuan sehingga ia mengandung mineral. Sebaliknya, tanah organik (organosol/humosol) terbentuk dari pemadatan terhadap bahan organik yang terdegradasi.

Jenis tanah memiliki perbedaan antara satu tempat dengan tempat lainnya. Perbedaan itu terjadi karena berbagai faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan jenis tanah antara lain, yaitu:

1. Jenis batuan
2. Batuan induk
3. Curah hujan
4. Penyinaran matahari
5. Bentuk permukaan bumi
6. Organisme yang ada ditanah
7. Tumbuh tumbuhan penutup tanah
8. Kegiatan manusia

Sistem klasifikasi tanah yang dapat digunakan untuk menentukan jenis tanah adalah sistem *Unified Soil Classification System* (USCS). Sistem USCS digunakan oleh *American Standard of Testing and Materials* (ASTM). Sistem ini mengklasifikasikan tanah menjadi dua kategori, yaitu tanah kasar dan tanah halus.

Dalam menentukan klasifikasi tanah pada sistem USCS digunakan tabel kriteria untuk menetapkan simbol grup dan nama kelompok tanah menggunakan tes laboratorium. Klasifikasi dilakukan dengan cara menerapkan data uji mulai dari kiri kekanan. Dengan proses eliminasi, tanah dikelompokkan pertama dari kiri lalu menuju ke kriteria yang sesuai.

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah USCS

Criteria for Assigning Group Symbols and Group Names Using Laboratory Tests				Soil Classification	
				Group Symbol	Group Name
COARSE GRAINED SOILS More than 50% retained on No. 200 Sieve	Gravels More than 50% of coarse fraction on No. 4 Sieve	Clean Gravels Less than 5% fines	$Cu \geq 4$ and $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Well-graded gravel
			$Cu < 4$ and/or $Cc < 1$ or $Cc > 3$	GP	Poorly graded gravel
		Gravels with Fines More than 12% fines	Fines classify as ML or MH	GM	Silty Gravel
			Fines classify as CL or CH	GC	Clayey gravel
	Sands 50% or more of coarse fraction passes No. 4 Sieve	Clean Sands Less than 5% fines	$Cu \geq 6$ and $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Well-graded sand
			$Cu < 6$ and/or $Cc < 1$ or $Cc > 3$	SP	Poorly graded sand
		Sands with Fines More than 12% fines	Fines classify as ML or MH	SM	Silty sand
			Fines classify as CL or CH	SC	Clayey sand
FINE-GRAINED SOILS 50% or more passes the No. 200 Sieve	Silts and Clays Liquid limit less than 50	Inorganic	PI > 7 and plots on or above "A" line	CL	Lean clay
			PI < 4 and plots below "A" line	ML	Silt
		Organic	Liquid limit—oven dried < 0.75	OL	Organic clay
			Liquid limit—not dried	OL	Organic silt
	Silts and Clays Liquid limit 50 or more	Inorganic	PI plots on or above "A" line	CH	Fat clay
			PI plots below "A" line	MH	Elastic silt
		Organic	Liquid limit—oven dried < 0.75	OH	Organic clay
			Liquid limit - not dried	OH	Organic silt
HIGHLY ORGANIC SOILS				PT	Peat

(Sumber: ASTM D-2487,2000)

## 2.5 Prosedur Pengujian Laboratorium

Dalam suatu pengujian laboratorium terdapat beberapa prosedur kerja yang harus diikuti sesuai dengan langkah-langkah kerja yang telah ada di buku panduan, sehingga pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai yang sebenarnya.

### 2.5.1 Pengujian Indeks Propertis Tanah

Sifat fisik tanah yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang digunakan untuk menentukan jenis tanah. Pengujian ini dilakukan pada sampel tanah yang akan digunakan yaitu pengujian pengidentifikasian tanah. Pengujian ini terdiri dari:

1. Pengujian kadar air (*Water Content*)

Kadar air sangat mempengaruhi perilaku tanah khususnya proses pengembangannya. Tanah dengan kadar air rendah memiliki potensi pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah kadar air tinggi. Hal ini disebabkan karena tanah dengan kadar air alami rendah lebih berpotensi untuk menyerap air lebih banyak.

2. Pengujian berat jenis (*GS Specific Gravity*)

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volume tanah padat atau berat air dengan isi sama dengan isi tanah padat tersebut pada suhu tertentu. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis butiran tanah.

Tabel 2.4. Berat jenis tanah (*specific gravity*)

Jenis Tanah	Berat Jenis (GS)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)



### 3. Analisa saringan butiran

Sifat-sifat tanah sangat bergantung pada ukuran butirannya. Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah. Oleh karena itu, analisis butiran ini merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan.

Analisis ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan. Dengan ukuran diameter lubang tertentu.

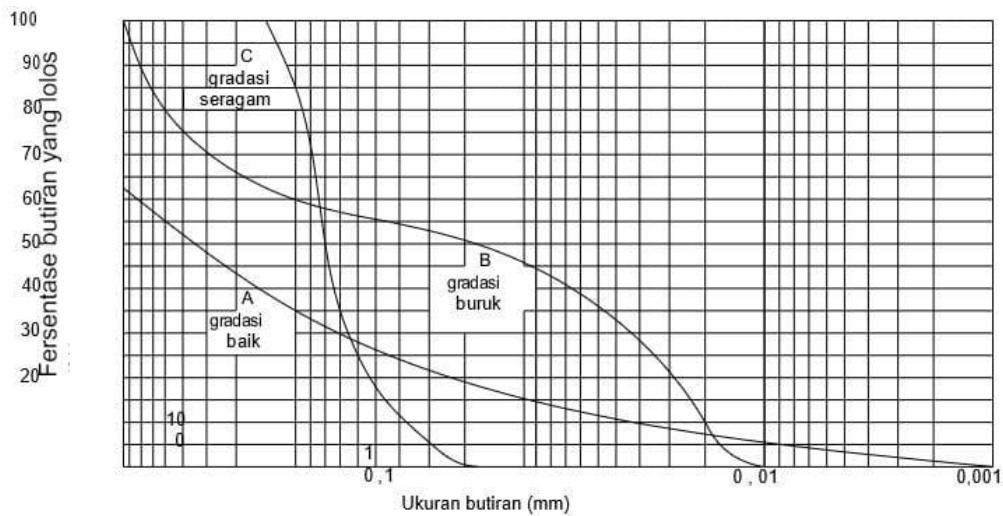
#### a. Tanah berbutir kasar

Distribusi ukuran butir untuk tanah berbutir kasar dapat ditentukan dengan cara menyaring. Caranya, tanah benda uji disaring lewat satu unit saringan standar laboratorium. Berat tanah yang tertinggal pada masing-masing saringan ditimbang, lalu persentase terhadap berat kumulatif tanah dihitung.

#### b. Tanah berbutir halus

Distribusi ukuran butir tanah berbutir halus dapat ditentukan dengan cara sedimentasi. Metode ini didasarkan pada hukum Stokes, yang berkenaan dengan kecepatan mengendap butiran pada larutan suspensi.

Untuk tanah yang terdiri dari campuran butiran halus dan kasar, gabungan antara analisis saringan dan sedimentasi dapat digunakan. Dari hasil penggambaran kurva yang diperoleh, tanah berbutir kasar digolongkan sebagai gradasi baik bila tidak ada kelebihan butiran pada sembarang ukuran saringannya dan tidak ada yang kurang pada butiran sedang. Umumnya tanah.



Gambar 2.2 Analisis Distribusi Ukuran Butiran

#### 4. Pengujian batas-batas konsistensi (*Atterberg Limit*)

Suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada air yang bervariasi. Atterberg limits yang dimiliki suatu jenis tanah memberikan gambaran akan plastisitas tanah tersebut, dan sangat berhubungan dengan masalah kemampuan pengembangan (*swelling*) dan penyusutan (*shrinkage*). Air yang berkaitan dengan fase-fase perubahan pada tanah lempung adalah batas-batas konsistensi (*atterberg limits*). Pengujian batas-batas konsistensi (*atterberg limit*) dilakukan pada tanah terganggu (*disturbed*). Adapun pengujian batas-batas konsistensi (*atterberg limit*) yang dilakukan adalah :

##### a. Batas cair (*Liquid Limit / LL*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair. Pengujian ini dilakukan terhadap tanah yang berbutir halus atau lebih kecil..

Perhitungan :

- Tentukan kadar air masing-masing variasi dan digambarkan dalam bentuk grafik.
- Kadar air didapatkan pada jumlah ketukan 25 kali adalah nilai batas cairnya.

b. Batas plastis (*Plasticity Limit / PL*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan plastis. Batas plastis adalah kadar air minimum, yaitu tanah masih dalam keadaan plastis. Persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika di gulung.

c. Indeks plastisitas (*Plasticity Index / PI*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis. Indeks Plastis (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI yang tinggi, maka tanah banyak mengandung butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh *atterberg limit* terdapat dalam tabel.

Perhitungan :

$$\text{Indeks plastis (PL)} = \text{batas cair (LL)} - \text{batas plastis (PL)}$$

5. Hidrometer

Suatu usaha untuk mendapatkan distribusi ukuran tanah yang melewati saringan 200 mm berdasarkan proses sedimentasi tanah dengan menggunakan alat hydrometer.

## 2.5.2 Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah terdiri dari sebagai berikut

### 1. Pengujian pemadatan (*Compaction*)

Pemadatan merupakan proses dimana tanah yang terdiri dari butiran tanah, air, dan udara diberi energi mekanik seperti penggilasan (*rolling*) dan pergetaran (*vibrating*) sehingga volume tanah akan berkurang dengan mengeluarkan udara pada pori-pori tanah. Untuk pemadatan di laboratorium dapat dilakukan dengan cara, yaitu *Standart Compaction Test* dan *Modified Compaction Test*. Pengujian pemadatan ini dilakukan untuk mengurangi kompresibilitas dan permeabilitas tanah serta untuk menentukan kadar air optimum yaitu nilai kadar air pada berat kering maksimum. Kadar air optimum yang diperoleh dari hasil pengujian pemadatan ini digunakan untuk penelitian uji kuat tekan bebas. Pemadatan tanah ini dilakukan pada asli dan campuran yang menggunakan metode *Standart Compaction Test*. Pengujian ini dipakai untuk menentukan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum. ini dilakukan dalam cetakan dengan memakai alat pemukul dengan tinggi jatuh tertentu.

Perhitungan :

➤	<b>Berat isi basah</b>	$= \frac{\text{berat tanah}}{\text{volume}}$
➤	<b>Berat isi kering</b>	$= \frac{\text{berat isi basah}}{100 + (\text{kadar air sebenarnya})} \times 100\%$
➤	<b>Berat</b>	$= \text{berat isi kering} \times \text{volume}$
➤	<b>Volume tanah kering</b>	$= \frac{\text{berat tanah kering}}{G_s}$
➤	<b>ZAV</b>	$= \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + \frac{w}{100}} \times G_s$

### 2. *California Bearing Ratio* (CBR)

CBR dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). CBR menunjukkan nilai relatif kekuatan tanah, semakin tinggi kepadatan

tanah maka nilai CBR akan semakin tinggi. Walaupun demikian, tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air rendah supaya mendapat nilai CBR yang tinggi, karena kadar air kemungkinan tidak akan konstan pada kondisi ini. Pemeriksaan CBR bertujuan untuk menentukan harga CBR tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. Di samping itu, pemeriksaan ini juga dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah.. Untuk perencanaan jalan baru, tebal perkerasan biasanya ditentukan dari nilai CBR dari tanah dasar yang dipadatkan.

Cara yang dipakai untuk mendapatkan nilai CBR yang digunakan untuk perencanaan ditentukan dengan perhitungan dua faktor (Wesley, 1977), yaitu:

- a. Kadar air tanah yang berat isi kering pada waktu pemadatan
- b. Perubahan pada kadar air yang mungkin akan terjadi setelah perkerasan selesai dibuat.

Nilai CBR sangat bergantung kepada proses pemadatan. Selain digunakan untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang hendak dipakai, CBR juga digunakan sebagai dasar untuk menentukan tebal lapisan dari suatu perkerasan serta untuk menilai subgrade yang dipadatkan hingga mencapai kepadatan kering maksimum, dan membentuk profil sesuai yang direncanakan.

Hasil pengujian dapat diperoleh dengan mengukur besarnya beban pada penetrasi tertentu. Besarnya penetrasi sebagai dasar menentukan CBR adalah 0,1” dan 0,2”. Dari kedua nilai perhitungan digunakan nilai terbesar dihitung dengan persamaan berikut:

- Penetrasi 0,1" (0,254 cm) → 1000 psi/ 3000 lbs

13,24 kN/ 6895 kPa

$$\boxed{\text{CBR (\%)} = \frac{P_1 \times 100\%}{1000}} \dots\dots\dots (2.2)$$

- Penetrasi 0,2" (0,508 cm) → 1500 psi/ 4500 lbs

19,96 kN/ 10,342 kPa

$$\boxed{\text{CBR(\%)} = \frac{P_1 \times 100\%}{1000P_2}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

P1 : Tekanan pada penetrasi 0,1 : (psi)

P2 : Tekanan pada penetrasi 0,2 : (psi)

1000 psi : Angka standar tegangan penetrasi pada penetrasi

0,1 in 1500 : Angka standar tegangan penetrasi pada penetrasi

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{Nilai CBR pada penetrasi 0,1"} = \frac{A \times 100\%}{6895\text{kPa}} \\ \text{Nilai CBR pada penetrasi 0,2"} = \frac{B \times 100\%}{10342\text{kPa}} \end{array}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

A = Pembacaan *dial* pada saat

penetrasi 0,1" B = Pembacaan *dial*

pada saat penetrasi 0,2"

Nilai CBR yang didapat adalah nilai yang terkecil diantara hasil perhitungan kedua nilai CBR.

### 3. *Unconfined Compressive Strength* (Kuat Tekan Bebas)

Uji kuat tekan bebas atau UCT (*Unconfined Compression Test*) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk mengukur seberapa besar kuat dukung tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya dan juga regangan tanah akibat tekanan tersebut. Pada saat pengujian, benda uji diberi tegangan vertikal, sedangkan tegangan selnya sama dengan nol.

Pengujian UCT bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tanah lempung. Hasil pengujian kuat tekan bebas baik yang tidak dilakukan perawatan maupun yang dilakukan perawatan 4 dan 7 hari.

Pada saat benda uji diberi beban maka luas contoh di bagian tengah akan membesar seiring dengan ditambahkannya tegangan. Tegangan aksial berangsur - angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan. Pada saat keruntuhannya karena  $\sigma_3 = 0$ , maka :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_f = \Delta\sigma_f = q_u \dots\dots\dots (2.5)$$

Kohesi tanah undrained ( $C_u$ ) adalah :

$$C_u = \frac{q_u}{2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

$\sigma_1$  = tegangan utama mayor tegangan aksial ( kg/cm<sup>2</sup> ).

$\sigma_3$  = tegangan kenggang atau tegangan sel ( kg/cm<sup>2</sup> ).

$\Delta\sigma_f$  = tegangan deviator ( kg/cm<sup>2</sup> )  $q_u$  = kuat tekan bebas ( kg/cm<sup>2</sup> ).

$c_u$  = kohesi tanah undrained ( kg/cm<sup>2</sup> ).

Rumus-rumus yang digunakan untuk pengujian kuat tekan bebas adalah sebagai berikut :

1) Regangan aksial ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots (2.7)$$

(2) Tegangan normal rata-rata ( $\sigma_r$ )

$$\sigma_r = \frac{P}{A_r} \dots\dots\dots (2.8)$$

3) Luas penampang benda uji rata - rata / terkoreksi ( $A_r$ )

$$A_r = \frac{A_0}{1-\epsilon} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

$\epsilon$  = regangan aksial (%)

$\sigma_r$  = tegangan normal rata-rata ( kg/cm<sup>2</sup> )

$\Delta L$  = deformasi ( cm )

$A_r$  = luas penampang rata-rata ( cm<sup>2</sup> )

$P$  = beban ( kg )

$L_0$  = tinggi benda uji semula (cm)

$A_0$  = luas penampang semula ( cm<sup>2</sup> )

$P_a$  = beban normal (kg)

$N$  = pembacaan dial beban (div)

## 2.6. Fly Ash

*Fly ash* adalah material sisa dari proses pembakaran batu bara yang mempunyai kadar semen yang tinggi dan bersifat pozzolan. Sifat pozzolan ini merupakan sifat dari senyawa yang mengandung silika dan alumina. *Fly ash* ini keluar dari cerobong asap tungku pembakaran.

Sejauh ini, *fly ash* masih dikategorikan sebagai Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun yang dapat mencemari lingkungan. Kerusakan lingkungan akibat pencemaran *fly ash* haruslah dihindari dan ditangani. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya penanganan *fly ash* yang tepat seperti pemanfaatan fly ash berikut ini:



1. *Fly ash* digunakan sebagai bahan produksi bangunan seperti semen, bata, keramik, beton, mortar, dan; *paving block*
2. Material tambahan untuk pembuatan, *floor hardener* (penguat lantai) atau pengerasan landasan dan trotoar.
3. *Fly ash* digunakan sebagai material tambahan untuk pengurukan yang meliputi pengurukan struktur, pengurukan atau pengisian lahan kosong yang akan dibangun sebuah bangunan di lokasi tersebut, dan pengerukan lahan tambang; dan
4. Untuk memperbaiki kualitas tanah, tekstur dan pH-nya. Selain itu, pengaplikasian *fly ash* pada lahan pertanian berguna untuk meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air (WHC) pada lahan yang dikelola tersebut.



Gambar 2.3. *Fly Ash*

(Sumber: Internet Google, 2003)

