# BAB II TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tanah

Tanah adalah salah satu faktor yang sangat penting dalam dunia konstruksi atau pembangunan infrastruktur teknik sipil. Tanah adalah dasar konstruksi yang memiliki fungsi untuk menahan dan menerima beban struktur yang berada diatasnya, sehingga tanah harus mempunyai daya dukung yang baik untuk menahan beban yang akan dipikulnya. Namun, banyak pula ditemukan di lapangan tanah yang memiliki daya dukung rendah yang disebabkan oleh sifat tanah yang tidak memadainya sebagai salah satu faktornya. Suatu konstruksi perlu dilakukan perencanaan untuk mengetahui daya dukung pada tanah dan penyelidikan karakteristik tanah (Lestari, 2014).

## 2.1.1. Komposisi Tanah

Tanah memiliki 3 fase tanah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 dibawah ini :

Gambar 2.1. Diagram fase tanah
Hubungan volume-berat:

Dimana:

(2.1)

 $V = V_S + V_V = V_S + V_W + V_{a..}$ 



Vv = volume pori

Vw = volume air di dalam pori

Va = volume udara di dalam pori

Apabila udara dianggap tidak memiliki berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan dengan :

$$W = W_S + W_W$$
 (2.2)

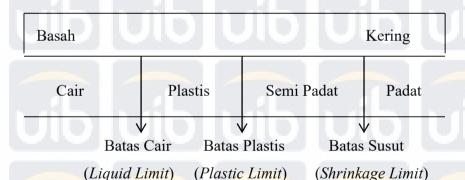
Dimana:

Ws = berat butiran padat

Ww = berat air

## 2.1.2. Batas – Batas Konsistensi Tanah

Batas-batas konsistensi tanah berfungsi untuk mengetahui sifat yang ada pada tanah. Batas konsistensi tanah ini dikembangkan oleh ilmuan asal Swedia yang bernama Atterberg. Tanah dapat diklasifikasikan ke dalam empat keadaan dasar, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Batas-batas Atterberg

- a) Batas cair (LL) adalah batas antara cair dan plastisnya suatu kadar air tanah.
- b) Batas plastis (PL) adalah batas bawah plastis suatu kadar air tanah.
- c) Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis, dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis, atau PI = LL PL

Untuk memudahkan dalam memahami sifat-sifat tanah, kita dapat lihat dari nilai indeks plastisitasnya (IP). Berikut adalah pengelompokkan tanah

berdasarkan sifat plastisitas dan jenis tanah atau ukuran butir tanah yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Nilai Indeks Plastisitas dan Jenis Tanah

PI	Sifat	Jenis Tanah	Klasifikasi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7-17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber: Jumikis, 1992)

Menurut Sukirman (1992), tanah yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume, dapat dilakukan dengan pemadatan terlebih dahulu sebelum melanjutkan pekerjaan konstruksi lainnya. Sifat-sifat daya dukung tanah sangat menentukan daya tahan, seperti kekuatan dan keawetan di bidang konstruksi. Permasalahan yang biasanya ditemui tentang tanah adalah bentuk dan jenis tanah yang mengalami perubahan karena adanya beban di lingkungan sekitar. Jenis tanah yang mengalami hal seperti itu adalah tanah dengan plastisitas tinggi, sehingga kita harus memperhatikan lapisan-lapisan tanah lunak yang terdapat di bawah tanah dasar.

Tanah yang memiliki sifat mengembang dan menyusut disebabkan oleh perubahan kadar air. Cara yang dapat dilakukan agar terjadinya perubahan volume dapat berkurang adalah dengan tanah yang dipadatkan sesuai kadar air optimumnya. Drainase dengan kondisi yang baik kemungkinan juga dapat menjaga perubahan kadar air pada lapisan tanah dasar (Sukirman,1992).

## 2.1.3. Komponen Tanah

Komponen tanah berdasarkan ukuran partikel dapat dilihat pada Tabel 2.2 seperti dibawah ini:

Tabel 2.2. Ukuran Pertikel / Gradasi Tanah

Komponen Tanah	Standar Ayakan Ukuran (mm)				
		Lolos dari	Tertahan pada	Maksimum	Minimum
Bongkah	Boulder	อไป	rib Lu	ibli	Jibl

Kerakal	_	Cobble	· /_	3 inci		75
Kerikil		Gravel	3 inci	No.4	75	4.750
	Kasar	Coarse	3 inci	3/4 inci	75	19.000
	Halus	Fine	3/4 inci	No.4	19	4.750
Pasir		Sand	No.4	No.200	4.750	0.075
	Kasar	Coarse	No.4	No.10	4.750	2.000
	Sedang	Medium	No.10	No.40	2.000	0.425
	Halus	Fine	No.40	No.200	0.425	0.075
Berbutir halus	S	Fines	No.200		0.075	-
	Lanau	Silt	-	:[_ ]	0.075	0.050
	Lempung	Clay		TION TO	0.005	

#### 2.1.4. Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah sistem mengelompokkan bagian tanah berdasarkan sifat yang dimiliki tanah itu sendiri. Dengan adanya sistem ini, sangat membantu para pekerja dalam pengarahan untuk mengatasi masalah penurunan tanah hingga stabilitas tanah (Hardiyatmo,2010).

Fungsi adanya klasifikasi tanah menurut Bowles (1989), secara sistematis untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah yang sesuai dengan pemakaian tertentu.

Menurut Hardiyatmo (2010), ada 2 sistem klasifikasi tanah, yaitu berdasarkan USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*). Sistem ini menguraikan sifat-sifat indeks tanah mulai dari batas cair, batas plastis, indeks plastisitas hingga analisa saringan.

#### A. Sistem Klasifikasi USCS

Casagrande adalah orang yang pertama kali mengajukan sistem klasifikasi USCS pada tahun 1942 yang kemudian mendapat revisian dari pihak USBR (*United Berau of Reclamation*). Sistem USCS mengklasifikasikan apabila pada

saringan No.200 tanah tertahan sebanyak 50%, maka tanah tersebut termasuk kategori tanah berbutir kasar, dan apabila pada saringan No.200 tanah lolos sebanyak 50%, maka tanah tersebut termasuk kategori tanah berbutir halus (Hardiyatmo,2010).

Sistem ini digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah pada analisa saringan. Jika tanah yang lolos saringan No.200 kurang dari 12%, maka kita harus mencari nilai Cc (koefisien kelengkuan) dan Cu (koefisien keseragaman), dan jika tanah yang lolos saringan No.200 lebih dari 12%, maka kita hanya perlu mencari batas batas konsistensi tanah (*Atterberg Limits*), tidak perlu mencari nilai Cc dan Cu (Hardiyatmo,2010). Sistem klasifikasi tanah USCS bisa dilihat pada Lampiran 3.

## B. Sistem klasifikasi AASHTO

Publik Road Administration Classification System adalah yang mengembangkan sistem ini pada tahun 1929 dan sistem ini digunakan untuk menentukan kualitas suatu tanah (Hardiyatmo, 2010).

Sistem ini membagi tanah menjadi 8 kelompok, yaitu A-1 sampai A-8 termasuk sub-subkelompok. Setiap kelompok tanah dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang didapat dari perhitungan rumus empiris. Sistem ini digunakan untuk pengujian analisis saringan dan batas konsistensi tanah (*Atterberg Limits*) (Hardiyatmo,2010). Sistem klasifikasi tanah AASTHO bisa dilihat pada Lampiran 4.

## 2.1.5. Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif ini disebut juga dengan tanah kembang susut atau tanah bergerak, dikarenakan tanah jenis ini banyak mengalami perubahan volume akibat kadar air, sehingga dalam perilakunya dapat mengembang jika tanah basah, dan akan menyut jika tanah kering. Pengembangan dan penyusutan inilah yang sering menjadi masalah dalam dunia konstruksi karena dapat merusak bangunan hingga jalan raya (Sudjianto,2007).

Tujuan dari pengujian tanah ini adalah untuk mengidentifikasi perubahan sifat-sifat tanah secara kualitatif dan kuantitatif (Hardiyatmo,2014). Pada tabel 2.3 terdapat perkiraan yang menunjukkan sifat-sifat tanah, seperti di bawah ini:

Tabel 2.3. Perkiraan persen pengembangan berdasarkan (PI) (ASTM D-1883)

	Indeks Plastisitas	Derajat	Persen Pengembangan
	(ASTM D-424)	Pengembangan	(ASTM D-1883)
-	0-10	Tidak Ekspansif	2 atau kurang
	20 - 10	Agak Ekspansif	2 – 4
	> 20	Ekspansif Tinggi	> 4

(Sumber: Hardiyatmo, 2014)

## 2.2. Fly Ash

Fly Ash adalah abu dari sisa pembakaran batu bara yang banyak digunakan untuk membantu stabilitas pada tanah. Kandungan kalsium yang tinggi pada fly ash dapat membantu struktur tanah menjadi lebih padat, sehingga disebut juga sebagai pengganti semen karena memiliki kandungan yang cukup sama (Rahman, 2010).



Gambar 2.3. Fly Ash

Fly Ash dibedakan menjadi dua tipe klasifikasi yaitu Fly Ash kelas F dan Fly Ash kelas C. Fly Ash kelas F adalah abu sisa pembakaran batu bara yang memiliki kandungan minimum 70% silikon dioksida, aluminium oksida, dan feroksida. Fly Ash kelas C adalah abu sisa pembakaran batu bara yang memiliki kandungan minimum 50% silikon dioksida, aluminium oksida, dan feroksida (Hardiyatmo,2014).

Menurut Ferguson (1993), Fly Ash ini mereduksi potensi pengembangan dengan tiga cara :

- 1. Muatan permukaan tanah lempung dapat tereduksi *Fly Ash* karena mengandung ion kalsium.
  - 2. Mengganti volume dari partikel tanah yang menyebabkan tanah menjadi stabil.
- 3. Dapat mengikat partikel bersamaan dengan *fly ash*Berikut yang perlu diperhatikan dalam penggunaan *Fly Ash* menurut

  Hardiyatmo (2014) sebagai berikut:
  - 1. Apabila pemadatan yang dilakukan terlambat, maka kekuatan campuran tidak maksimal setelah dipadatkan, karena campuran tanah dengan *fly ash* cepat mengeras.
  - 2. Apabila *Fly Ash* terlarut terbawa air, maka menyebabkan timbulnya timbunan dan pencemaran pada air. Oleh karena itu, disarankan untuk menggunakan *fly ash* jauh dari lokasi yang terdapat muka air.

#### 2.3. Stabilisasi Tanah

Cara untuk memperkuat tanah dan memperkuat geser dengan memperbaiki sifat tanah menggunakan bahan campuran tertentu disebut dengan stabilitasi tanah. Menurut Bowles (1991) dan Pranata (2013), terdapat beberapa cara untuk menstabilkan tanah, seperti meningkatan kerapatan tanah dan menurunkan air yang terkandung pada tanah.

Terdapat 2 metode untuk melakukan stabilitasi pada tanah, sebagai berikut:

- 1. Stabilisasi mekanis, dimana untuk menambah kekuatan atau daya dukung pada tanah. Dapat dilakukan dengan pemadatan menggunakan mesin gilas atau benda padat yang dijatuhkan Bowles, 1991).
- 2. Stabilisasi kimiawi, dimana untuk mengubah sifat tanah yang buruk dengan penggunaan bahan campuran seperti kapur, *fly ash*, atau bahan kimia yang lainnya (Hardiyatmo,2014).

## 2.4. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan di Laboratorium Universitas Internasional Batam dan Universitas Riau Kepulauan dimana sampel tanah yang digunakan diambil dari Proyek Meisterstadt Batam. Prosedur yang dilakukan mulai dari pengujian properties hingga pengujian speksifik tanah lainnya untuk mengetahui karakteristik tanah dan kekuatan geser yang ada pada Proyek Meisterstadt Batam.

## 2.5. Pengujian Properties

Beberapa pengujian properties yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik tanah sebagai berikut:

## 2.5.1. Pengujian Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan antara massa air dan massa butiran padat dari volume tanah yang diselidiki atau perbandingan massa air yang terkandung dalan tanah dengan massa air tanah kering. Air dapat mempengaruhi sifat plastis tanah sehingga mempengaruhi sifat plastis tanah. Kekuatan tanah berkurang jika kadar airnya ditambah. Hal ini disebabkan karna air mempengaruhi kerapatan dan jarak antar partikel tanah, maka gaya tarik partikel tanah akan semakin meningkat, sehingga kekuatan tanah akan semakin kuat. Kandungan kadar air tanah dapat dijadikan acuan dalam menentukan konsistensi tanah:

Kadar air (w) = 
$$\frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat tanah kering}} \times 100\%$$
 (2.3)

$$= \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% (2.4)$$

## Dimana:

w = kadar air (%)

w1 = berat cawan kosong (gram)

w2 = berat cawan + tanah basah (gram)

w3 = berat cawan + tanah kering (gram)

## 2.5.2. Pengujian Berat Jenis atau Specific Gravity

Massa jenis tanah adalah perbandingan antara massa butiran dengan massa air di udara pada volume yang sama. Massa jenis juga dapat diartikan sebagai

kerapatan tanah tersebut saat berada pada ruangnya. Rumus yang digunakan pada pengujian ini adalah:

1. Berat jenis butir-butir tanah pada suhu t<sup>0</sup>C adalah :

$$G = \frac{\text{Berat Butir}}{\text{Berat air dengan volume yang sama}} = \frac{W_s}{W_w}....(2.5)$$

$$= \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}.$$
 (2.6)

# Dimana:

G = Berat jenis tanah

 $W_1$  = Berat piknometer kosong

W<sub>2</sub> = Berat piknometer berisi tanah

 $W_3 =$  Berat piknometer berisi tanah dan air

W<sub>4</sub> = Berat piknometer penuh air

atau 
$$G = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_4)}$$
 (2.7)

2. Berat jenis tanah pada temperatur 27,5° C adalah :

Berat jenis air pada masing-masing temperatur dapat dilihat pada daftar.

Tabel 2.4. Daftar Berat Jenis

NO.	Temperatur (t <sup>0</sup> C)	Berat jenis	NO.	Temperatur (t <sup>0</sup> C)	Berat jenis
1	20	0.9982	12	30	0.9957
2	21	0.998	13	31	0.9954
3	22	0.9978	14	32	0.9951
4	23	0.9976	15	33	0.9947
5	24	0.9973	16	34	0.9944
6	25	0.9971	17	35	0.9941
7	26	0.9968	18	36	0.9937
8	27	0.9965	19	37	0.9934

9	27.5	0.9964	20	38	0.993
10	28	0.9963	21	39	0.9926
11	29	0.996	22	40	0.9922

# 2.5.3. Pengujian Batas Cair

Batas cair adalah batas diantara keadaan cair dan plastis pada suatu kadar air tanah. Batas cair merupakan kadar air minimum pada tanah yang akan mengalir akibat berat sendiri. Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai batas cair adalah sebagai berikut:

$$LL = w \cdot (N/25)^{0.121} \dots (2.9)$$

## Dengan:

LL = batas cair

w = kadar air asli

N = jumlah pukulan

Indeks plastisitas adalah selisih nilai batas cair dan batas plastis tanah yang dirumuskan sebagai berikut:

$$PI = LL - PL \dots (2.10)$$

## Dimana:

PI = indeks plastisitas / plastisitas indeks

LL = batas cair

PL = batas plastis

# 2.5.4. Pengujian Batas Susut (Shrinkage Limit)

Batas susut adalah batas ketika kadar air pada suatu tanah terhenti, tidak terjadi perubahan volume kembali. Rumus untuk batas surut sebagai berikut:

$$SL = \frac{(W-Ws)-(V-V1) \partial w}{(Ws)}$$
 (2.11)

#### Dimana:

W = Berat sampel (gr)

Ws = Berat butir tanah (gr)

V = Volume seluruhnya (cm<sup>3</sup>)

V1 = Volume tanah kering (cm<sup>3</sup>)

 $\partial w = Berat isi air$ 

## 2.5.5. Analisa Saringan

Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui tanah yang tertahan diberbagai ukuran saringan yang digunakan dan untuk menentukan ukuran butir tanah berdasarkan nomor saringan.

## 2.6. Pemadatan Tanah

Usaha untuk meningkatkan kerapatan pada tanah menggunakan alat gilas ataupun alat berat disebut dengan pemadatan tanah. Pemadatan tanah ini dilakukan dengan proses pengeringan terlebih dahulu, hingga menggunakan bahan campuran seperti kapur, *fly ash*, atau yang lainnya (Buku Mekanika Tanah Jilid 1, 1993).

Tujuan dari pemadatan tanah yang dilakukan, adalah sebagai berikut :

- 1. Untuk menaikkan kekuatan pada tanah.
- 2. Untuk memperkecil pemampatan tanah.
- 3. Untuk mengurai kandungan air yang ada pada tanah.

R.R. Proctor adalah ilmuan yang pertama kali mengembangkan teori pemadatan ini, sehingga prosedur yang biasanya dilakukan di laboratorium sering disebut juga dengan pengujian proctor (Bowles, 1989).

Menurut Proctor, ada empat variabel pemadatan tanah, antara lain:

- 1. Usaha pemadatan
- 2. Jenis tanah
- 3. Kadar air
- 4. Berat isi kering

Rumus yang digunakan untuk berat isi basah dapat langsung dihitung sebagai berikut:

 $\gamma basah = \frac{Berat tanah basah di dalam cetakan}{Volume cetakan}$  (2.14)

Rumus yang digunakan untuk berat isi kering dapat langsung dihitung sebagai berikut:

$$\gamma \text{kering} = \frac{\gamma \text{basah}}{1+w} \tag{2.15}$$

Dimana:

γ = berat volume butir tanah

w = kadar air

Berat volume kering jenuh taah dapat dituliskan ke dalam persamaan berikut (Bowles,1989):

$$\gamma d = \frac{Gs}{1+wGs} \cdot W \tag{2.16}$$

Dimana:

Gs = berat spesifik butiran tanah padat

W = berat jenis air

# 2.7. Kuat Geser Langsung



Gambar 2.4. Alat uji geser langsung

Pengujian menggunakan alat uji geser langsung atau *Direct Shear Test* ini adalah salah satu pengujian yang tertua dan sangat sederhana untuk dilakukan. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai sudut geser dan nilai kohesif yang ada pada tanah. Pada pengujian ini, untuk mendapat nilai kuat geser pada tanah dilakukan secara langsung tanpa penggalian dan dengan konsep tegangan total. Proses pengujian dengan alat ini dilakukan dengan cara menentukan

tegangan geser terkendali dan regangan terkendali. Pada pengujian tegangan terkendali, dilakukan dengan penambahan beban mati secara perlahan untuk mendapatkan tegangan geser. Pada uji regangan terkendali, pengujian dilakukan dengan mengukur arloji horizontal yang ada pada alat.