

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.2. Sifat-Sifat Fisik Tanah**

##### **2.2.1. Makna Praktis Sifat Indeks**

Keberhasilan di bidang bangunan tanah dan pondasi bila dibandingkan dengan bidang-bidang teknik sipil lainnya, lebih banyak bergantung pada pengalaman praktis. Disain struktur penyangga tanah ataupun yang disangga tanah sesungguhnya didasarkan pada hukum empiric sederhana, namun hukum-hukum tersebut hanya aman dipakai oleh insinyur yang memiliki latar belakang pengalaman. Proyek-proyek besar yang diwarnai oleh berbagai hal / permasalahan “khusus” menghendaki penerapan luas metoda-metoda ilmiah untuk disain, tetapi program penyelidikan yang baik sangat sulit terwujud disamping hasilnya sulit diinterpretasikan, kecuali jika insinyur yang bertanggung-jawab terhadap disain memiliki pengalaman yang banyak.

Mengingat pengalaman seseorang relative terbatas, maka insinyur-insinyur terpaksa menyandarkan diri. Setidaknya sampai batas-batas tertentu, pada catatan pengalaman insinyur lainnya. Catatan yang berisikan deskripsi lengkap mengenai kondisi tanah merupakan gudang informasi yang penting, sebaliknya jika tidak lengkap, catatan tersebut dapat menyesatkan. Di bidang teknik struktur, laporan atau catatan tentang keruntuhan sebuah batang akan kecil artinya, kecuali kalau berisi keterangan apakah batang tersebut terbuat dari baja atau besi tuang, disamping tentu saja data-data penting lainnya. Pada setiap catatan terdahulu tentang pengalaman mengenai pondasi, karakteristik tanah hanya ditunjukkan oleh istilah umum seperti “pasir halus” atau “lempung lunak”. Padahal terkadang, perbedaan sifat mekanik dua macam pasir halus yang berasal dari tempat yang berbeda lebih penting dan lebih besar disbanding dengan perbedaan sifat termaksud pada besi tuang dan baja. Karena itu, pencarian metoda pembedaan tanah yang tergolong dalam

suatu kategori tertentu merupakan salah satu tujuan utama dari berbagai usaha akhir-akhir ini guna mengurangi resiko dalam masalah tanah. Sifat-sifat yang mendasari perbedaan tersebut dinamakan *sifat-sifat indeks*, dan pengujian yang diperlukan untuk menentukan sifat indeks disebut *uji klasifikasi*.

Sifat tanah dapat diubah dengan menggunakan manipulasi seperlunya. Misalnya getaran dapat mentransformasi pasir halus menjadi pasir yang padat. Ini berarti, perilaku tanah dilapangan tidak saja bergantung pada sifat-sifat utama dari masing-masing penyusunnya, tetapi juga pada sifat-sifat yang muncul akibat susunan partikel-partikel di dalam massa tanah tersebut, karena itu, sifat indeks perlu dibagi menjadi dua kelas : sifat butiran tanah (*soil grain properties*) dan sifat agregat tanah (*soil aggregate properties*). Sifat yang utama dari butiran tanah adalah bentuk dan ukurannya serta, pada lempung, karakter mineralogi dari butiran yang terkecil. Bagi tanah yang tidak berkoheisi sifat agregat yang terpenting adalah kepadatan relatif, sedangkan untuk tanah kohesif adalah konsistensinya.

### **2.2.2 Jenis Jenis Utama Tanah**

Insinyur sipil membagi bahan yang menyusun kerak bumi secara garis besar menjadi dua kategori ; *tanah (soil)* dan *batuan (rock)*. Tanah adalah kumpulan (agregat) butiran mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat termaksud diaduk dalam air. Sedangkan batuan merupakan agregat mineral yang satu sama lainnya diikat oleh gaya gaya kohesip yang permanen dan kuat. Karena istilah “kuat” dan “permanen” dapat diinterpretasikan secara berbeda-beda, maka batas antara tanah dan batuan menjadi tidak pasti. Banyak agregat partikel mineral yang dijumpai di alam sulit untuk diklasifikasikan sebagai tanah atau batuan.

Tanah adalah campuran partikel partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

Berangkal (boulders)- potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 sampai 300 mm. Untuk kisaran ukuran 150 sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut *kerakal (cobbles)* atau *pebbles*.

Kerikil (gravel)-partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.

Pasir (sand)-partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm.berkisar dari *kasar* (3 sampai 5 mm) sampai *halus* (<1mm).

Lanau (silt)-partikel batuan yang berukuran dari 0,002 sampai 0,074 mm. lanau (dan lempung) dalam jumlah yang besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan kedalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai (sepanjang pantai gulf dan lautan Atlantik dan Lautan Teduh). Deposit *loess* terjadi bila angin mengangkut partikel-partikel lanau kesuatu lokasi. Angkutan oleh angin ini membatasi ukuran partikel sedemikian rupa sehingga deposit sehingga deposit yang dihasilkan memiliki ukuran butir yang hampir sama.

Lempung (clay)-partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. partikel partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang “kohesif”.

Koloid (colloids)-partikel mineral yang “diam”, berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Banyak deposit tanah yang mengandung berbagai persentasi dari partikel-partikel tersebut di atas. Apabila suatu ukuran partikel merupakan deposit yang terbanyak , maka deposit tersebut akan diberi nama partikel tadi, misalnya pasir, kerikil, kerikil kepasiran, lempung, dan sebagainya. Suatu pengecualian terdapat pada lempung dan lanau,dimana deposit lanau yang dominan dengan kandungan lempung dari 10 sampai 25 persen disebut “lempung”.

Deposit pasir,kerikil,atau campuran pasir-kerikil dapat bersifat lepas (loose), sedang (medium), atau padat (dense), berdasarkan kepadatan partikel-partikel nya yang dapat ditentukan secara visual atau pengujian bahan dan koloid ini biasanya diam (tidak kohesif) tetapi mungkin secara alamiah terikat akibat proses geologi seperti terendam di

dasar laut dan kemudian timbul kembali, hujan dan dekomposisi bahan-bahan organis di permukaan tanah, dan faktor lainnya. Mineral lempung merupakan bahan pengikat utama dalam beberapa deposit dan dalam semua “lempung”.

Deposit tanah kohesif dapat lunak, kaku, keras, dan sebagainya, tergantung pada kadar air pada waktu itudan sejarah geologisnya dalam menghasilkan setiap penggabungan partikel.

Istilah-istilah deskriptif tambahan dapat diadakan seperlunya, tetapi jenis “tanah” yang utama telah mempunyai nama. Kadang-kadang istilah lokal dapat dipakai untuk menerangkan suatu deposit dari satu atau lebih tanah tadi dengan cirri-ciri yang khusus (warna, kelengketan, kekerasan, pelapisan).

Berdasarkan asal mula penyusunnya, tanah dapat dibedakan kedalam dua kelompok besar, yaitu sebagai hasil pelapukan (weathering) secara fisis dan kimia, dan yang berasal dari bahan organik. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, ia disebut *tanah residual*; apabila telah berpindah tempat, disebut *tanah angkutan (transported soil)* tanpa mempersoalkan pelaku angkutan tersebut.

Tanah residual yang terjadi di daerah iklim sedang atau setengah kering, biasanya kaku dan stabil serta tidak meluas kedalaman yang besar. Akan tetapi, khususnya di iklim lembab panas di mana lama penyinaran (matahari) demikian panjang, tanah residual mungkin meluas hingga kedalaman beberapa ratus meter. Tanah ini mungkin akan kuat dan stabil, tapi mungkin juga mengandung bahan yang sangat kompresibel di sekitar bongkah-bongkah batuan yang belum begitu lapuk (pasal 49). Dalam keadaan seperti ini, tanah tersebut dapat menimbulkan kesulitan pada pondasi dan kontruksi jenis lainnya. Sebagian besar endapan tanah angkutan bersifat lunak dan lepas hingga kedalaman beberapa ratus meter dan dapat menimbulkan berbagai masalah serius.

Tanah yang berasal dari bahan organik, terutama dibentuk di tempatnya berada (in situ), baik melalui pertumbuhan dan peluruhan beruntun tumbuh-tumbuhan seperti lumut

gembut, atau melalui penumpukan fragmen-fragmen rangka bahan anorganik atau kulit-kulit organism. Ini berarti, yang dimaksud dengan tanah yang berasal dari bahan organik dapat berupa susunan unsur organik ataupun anorganik. Istilah tanah organik biasanya ditunjukkan ketanah angkutan, yang terdiri atas produk-produk pelapukan batuan dengan suatu campuran hasil luruhan bahan-bahan tumbuhan yang agak menyolok.

Kondisi tanah di tempat struktur direncanakan, biasanya diteliti dengan menggunakan uji lubang dan pemboran. Mandor pekerjaan menguji contoh (samples) tanah yang diambil. Sesuai dengan keperluan setempat, mandor mengklasifikasikan tanah serta mempersiapkan catatan pemboran atau uji lubang yang berisi nama tanah serta batas-batasnya. Nama tanah dimodifikasi oleh sifat-sifat yang menunjukkan kekakuan, warna, serta hal-hal tambahan lainnya. Selanjutnya catatan mungkin ditambah oleh abstraksi hasil pengujian contoh laboratorium.

Catatan mengenai jenis-jenis tanah berikut ini mencakup nama-nama yang biasa dipakai oleh insinyur praktis serta mandor berpengalaman, untuk klasifikasi tanah dilapangan.

Pasir dan kerikil merupakan agregat tak berkoheisi yang tersusun dari fragmen-fragmen sub-angular atau angular, agaknya berasal dari batuan atau mineral yang belum mengalami perubahan. Partikel berukuran sampai 1/8 inci dinamakan pasir, dan yang berukuran 1/8 sampai 6 atau 8 inci disebut kerikil. Fragmen-fragmen bergaris tengah lebih besar dari 8 inci dikenal sebagai bongkah (boulders).

### **2.2.3 Klasifikasi Tanah**

Karena sifat-sifat tanah menjadi sesuatu hal yang menarik, seringkali dilakukan usaha mengkolerasikan hasil-hasil uji klasifikasi sederhana dengan tetapan-tetapan tanah yang diperlukan guna menyelesaikan masalah-masalah praktis. Sebagian besar korelasi

yang mula-mula ada dihubungkan dengan karakteristik ukuran butiran. Namun, hasil usaha-usaha tersebut yang semata-mata mendasari sistem klasifikasi dengan ukuran butiran, tidaklah memuaskan. Usaha-usaha menghitung koefisien permeabilitas tanah berdasarkan hasil-hasil analisis mekanik tidak berhasil karena permeabilitas sangat bergantung pada butiran, yang bisa sangat berbeda untuk tanah dengan karakteristik ukuran butiran yang identik. Selanjutnya, biasanya lebih murah melaksanakan uji permeabilitas daripada analisis mekanik, dan hasilnya lebih dapat diandalkan. Juga dituntut agar gesekan dalam pasir bergradasi baik yang dipadatkan lebih besar daripada untuk pasir seragam yang dipadatkan. Pengalaman dilapangan juga menyimpulkan hal yang sama. Namun, karena sudut gesekan dalam pasir tidak hanya bergantung pada karakteristik ukuran butiran tetapi juga pada bentuk butiran dan kekasaran permukaannya, maka gesekan dalam kedua pasir yang dipadatkan tersebut, dengan karakteristik ukuran butiran identik, dapat sangat berbeda. Kenyataannya, tidak ada hubungan yang mantap antara karakteristik ukuran butiran dengan sudut gesekan dalam yang pernah diamati.

Karena kondisi-kondisi ini, hubungan-hubungan statistik yang mantap antara karakteristik ukuran butiran dan sifat-sifat penting (signifikan) tanah, seperti sudut gesekan dalam, hanya dijumpai pada daerah yang relatif kecil, dimana semua tanah mempunyai kategori yang sama, misalnya semuanya adalah lempung atau pasir, memiliki asal mula geologi yang sama. Dalam daerah tersebut, karakteristik ukuran butiran dapat digunakan sebagai dasar untuk menilai sifat penting tanah. Hal ini umum dan berhasil dilakukan. Tapi, tak ada satupun prosedur yang dihasilkan dari pengalaman di suatu daerah kecil seperti disebutkan di atas yang dapat digunakan dengan baik di daerah lainnya.

Karena secara umum sifat-sifat tanah berbutir halus dapat dikorelasikan dengan plastisitas bahan, maka sistem klasifikasi untuk tanah-tanah semacam itu seringkali didasarkan pada batas-batas Atterberg dibandingkan pada ukuran butiran. Klasifikasi tanah berbutir campuran yang mengandung fraksi kasar dan halus harus didasarkan tidak hanya

pada karakteristik ukuran butiran fraksi kasar tetapi juga pada plastisitas fraksi halus dan sangat halus.

#### **2.2.4. Klasifikasi Berdasarkan Ukuran Butiran**

Meskipun memiliki kelemahan-kelemahan, klasifikasitanah atas dasar karakteristik ukuran butiran digunakan secara luas, terutama untuk uraian pendahuluan atau umum. Penentuan nama tanah, misalnya “lanau” atau “lempung” guna membedakan fraksi-fraksi ukuran butiran merupakan hal yang biasa dilakukan sehubungan dengan klasifikasi semacam ini. Dari segi pandangan teknik, klasifikasi MIT lebih disukai dibandingkan yang lainnya (Glossop and Skempton 1945). Dalam banyak hal, catatan-catatan yang menyangkut tanah dan perilakunya mengandung tidak lebih daripada hasil-hasil analisis mekanik untuk fraksi berbutir kasar dan persentase total yang melewati lubang ayakan - 200. Yang terakhir mencakup semua partikel tanah yang lebih kecil daripada 0,074 mm. Dalam klasifikasi MIT, ukuran butiran 0,074 mm lebih besar sedikit dari nilai 0,06 mm yang menunjukkan batas antara pasir halus dan lanau kasar.

Namun, suatu sistem klasifikasi yang didasarkan hanya pada ukuran butiran nampaknya menyesatkan, karena sifat-sifat fisis fraksi tanah paling halus bergantung pada banyak faktor yang lain di samping pada ukuran butiran. Contohnya, berdasarkan seseorang yang biasa menggunakan perjanjian tanah yang terdiri dari butiran kuarsa ukuran kolodial harus disebut lempung, sedangkan kenyataan tanah tersebut bahkan tidak memiliki kemiripan tersebut bahkan tidak memiliki kemiripan sedikit pun dengan lempung. Jadi, jika kata “lanau” atau “lempung” digunakan untuk mengungkapkan ukuran butiran, maka kata-kata tersebut harus digabungkan dengan kata “ukuran”, misalnya dalam ungkapan “partikel ukuran lempung”. Karena klasifikasi ukuran butiran belum dibakukan. Kata sifat diskriptif harus ditambah dengan nilai numerik, yang menunjukkan selang ukuran butiran yang dimaksudkan oleh kata sifat tersebut.

Dengan beberapa pengecualian, tanah alam terdiri atas campuran dua atau lebih fraksi ukuran butiran yang berbeda. Jadi, berdasarkan komposisi ukuran butirannya tanah alam dapat ditunjukkan oleh nama komponen-komponen utamanya, seperti misalnya, “lempung lanauan”, atau “lanauan pasir”. Atau mungkin pula ditetapkan beberapa symbol yang memperkenalkannya dengan menggunakan campuran baku fraksi ukuran butiran.

### **2.2.5. Sistem Klasifikasi Tanah Terpadu**

P : bergradasi buruk (bergradasi jurang, atau  $U < 4$  untuk kerikil atau 6 untuk pasir); agak bersih ( $< 5\%$  lebih halus dari 0,074mm).

C : kotor ( $> 12\%$  lebih halus dari 0,074mm) ; halus (lempung) plastis ( $I_w > 7$ , juga plot terletak di atas garis A dalam grafik plastisitas).

M : kotor ( $> 12\%$  lebih halus dari 0,074mm) ; halus non plastis atau lanauan ( $I_w < 4$ , atau plot terletak dibawah garis A di dalam grafik plastisitas).

### **2.1.6. Sistem Klasifikasi Berdasarkan USCS**

Metode klasifikasi tanah dengan menggunakan USCS (Unified Soil Classification System) merupakan metode klasifikasi tanah yang cukup banyak digunakan dalam bidang geoteknik. Klasifikasi ini diusulkan oleh A. Cassagrande pada tahun 1942 dan direvisi pada tahun 1952 oleh The Corps of Engineers and The US Bureau of Reclamation.

Pada prinsipnya menurut metode ini, ada 2 pembagian jenis tanah yaitu tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) dan tanah berbutir halus (lanau dan lempung). Tanah digolongkan dalam butiran kasar jika lebih dari 50% tertahan di atas saringan no. 200. Sementara itu tanah digolongkan berbutir halus jika lebih dari 50% lolos dari saringan no. 200. Selanjutnya klasifikasi yang lebih detail lagi dapat menggunakan table USCS berikut ini. Beberapa symbol berikut ini sering digunakan dalam klasifikasi metode USCS.

a. jenis tanah:

G : gravel (kerikil)

S : sand (pasir)

M : silt (lanau)

C : clay (lempung)

b. jenis gradasi:

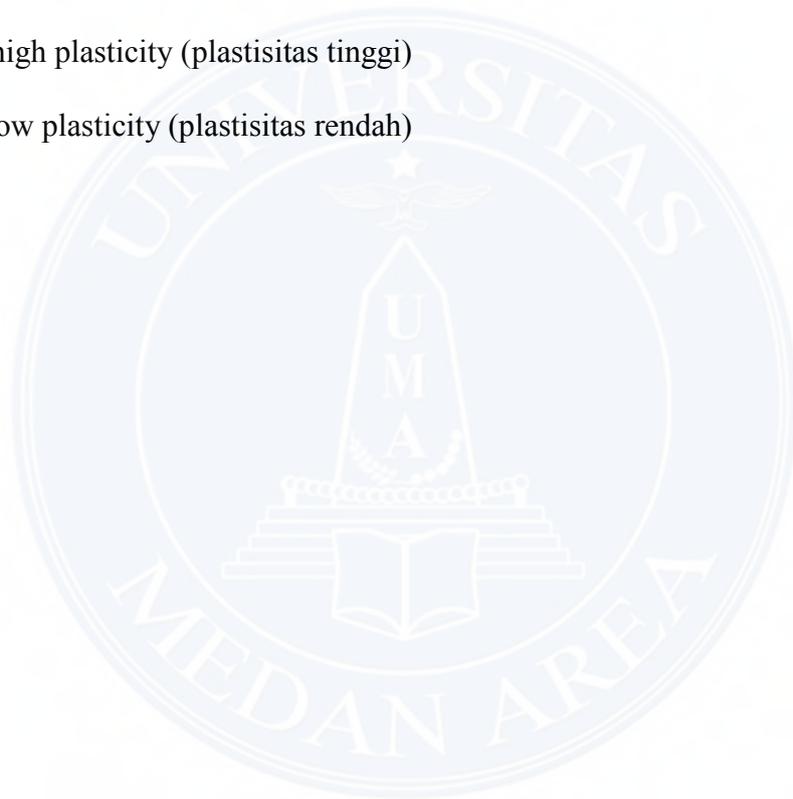
W : well graded (bergradasi baik)

P : poorly graded (bergradasi buruk)

c. konsistensi plasititas:

H : high plasticity (plastisitas tinggi)

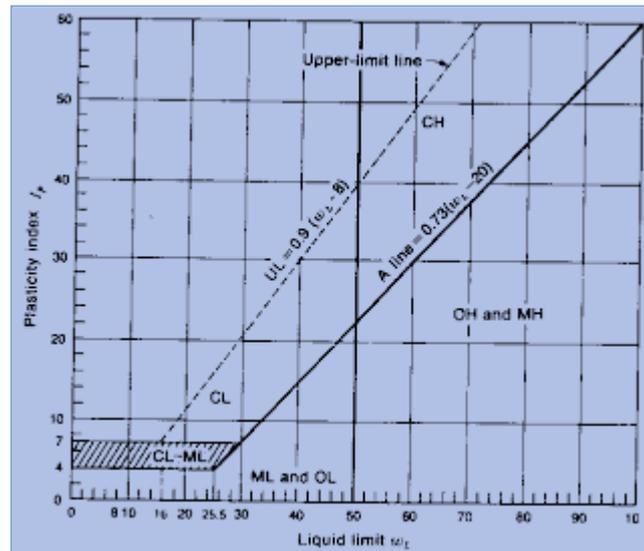
L : low plasticity (plastisitas rendah)



Tabel 2.2. Sistem Klasifikasi tanah berdasarkan USCS

Major divisions		Group symbol	Typical names	Classification criteria for coarse-grained soils		
Coarse-grained soils (more than half of material is larger than No. 200)	Gravels (more than half of coarse fraction is larger than No. 4 sieve size)	GW	Well-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	$C_U \geq 4$ $1 \leq C_C \leq 3$		
		GP	Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for GW ( $C_U < 4$ or $1 > C_C > 3$ )		
		GM	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures	Atterberg limits below A line or $I_p < 4$	Above A line with $4 < I_p < 7$ are borderline cases requiring use of dual symbols	
		GC				Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures
	Sands (more than half of coarse fraction is smaller than No. 4 sieve size)	Clean sands (little or no fines)	SW	Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines	$C_U \geq 6$ $1 \leq C_C \leq 3$	
			SP	Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for SW ( $C_U < 6$ or $1 > C_C > 3$ )	
		SM	Silty sands, sand-silt mixtures	Atterberg limits below A line or $I_p < 4$	Limits plotting in hatched zone with $4 \leq I_p \leq 7$ are borderline cases requiring use of dual symbols	
		SC				Clayey sands, sand-clay mixtures
Fine-grained soils (more than half of material is smaller than No. 200)	Silt and clays (liquid limit $< 50$ )	ML	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands, or clayey silts with slight plasticity	<ol style="list-style-type: none"> <li>Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve.</li> <li>Depending on percentages of fines (fraction smaller than 200 sieve size), coarse-grained soils are classified as follows: Less than 5%—GW, GP, SW, SP More than 12%—GM, GC, SM, SC 5 to 12%—Borderline cases requiring dual symbols</li> </ol>		
		CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays			
		OL	Organic silts and organic silty clays of low plasticity			
	Silt and clays (liquid limit $> 50$ )	MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts	$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ $C_C = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$		
		CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays			
		OH	Organic clays of medium to high plasticity, organic silts			
	Highly organic soils	Pt	Peat and other highly organic soils			

(sumber: Bowles)



**Gambar 2.1 : Hubungan LL dan PI**

(sumber: Bowles)

Berikut ini contoh klasifikasi tanah berdasarkan metode USCS (sumber: Braja M. Das: Advanced Soil Mechanics).

Diketahui Tanah lolos dari beberapa nomor saringan berikut ini:

- a. Lolos saringan no. 4 : 92%
- b. Lolos saringan no. 10 : 81%
- c. Lolos saringan no. 40 : 78%
- d. Lolos saringan no. 200 : 65%

Konsistensi tanah adalah sebagai berikut:

- a. Batas cair (Liquid Limit) : 48%
- b. Index plastisitas (Plasticity Index) : 32%

Klasifikasi tanah berdasarkan metode USCS:

- a. Lolos saringan no. 200 > 50% → termasuk tanah berbutir halus

Beberapa jenis tanah berbutir halus adalah: ML; CL; OL; MH; CH; OH; Pt (table3)

Berdasarkan nilai LL dan PI yang diberikan, selanjutnya angka – angka tersebut dimasukkan ke dalam grafik hubungan antara LL vs PI untuk menentukan jenis tanahnya. Tanah menurut klasifikasi ini termasuk CL (Clay of Low plasticity).

### 2.1.7 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi tanah sistem ini dikembangkan pada tahun 1929 oleh *Public Road Administration Classification System*. Dengan beberapa kali perubahan, sekarang telah digunakan dan dianjurkan oleh *Committee on Classification of Materials for Subgrade and granular type Roads of the Highway Research Board* pada tahun 1945 (*ASTM* menggunakan kode D-3282 dan *AASHTO* dengan metode M 145).

Klasifikasi AASHTO yang sekarang digunakan dapat dilihat pada **tabel 3.2**. Dalam sistem ini, tanah diklasifikasikan ke dalam 7 (tujuh) kelompok besar, yaitu : A-1 sampai dengan A-7.

Tanah-tanah yang diklasifikasikan dalam kelompok A-1, A-2 dan A-3 merupakan tanah-tanah berbutir kasar dimana 35 % atau kurang butir-butir tersebut melalui ayakan No. 200.

Tanah-tanah dimana 35 % atau lebih yang melalui ayakan No. 200 diklasifikasikan dalam kelompok A-4, A-5, A-6 dan A-7. Pada umumnya tanah-tanah ini adalah lumpur dan lempung.

Klasifikasi sistem ini didasarkan atas kriteria-kriteria sebagai berikut :

a. **Ukuran butir.**

Kerikil : butiran melalui ayakan dengan lubang 75 mm dan tertinggal di atas ayakan No. 10 dengan lubang 2 mm.

Pasir : butiran melalui ayakan No. 10 (2 mm) dan tertinggal di atas ayakan No. 200 dengan lubang 0,074 mm.

Lumpur dan lempung : butiran melalui ayakan No. 200.

b. **Plastisitas.**

Berlanau, jika butiran tanah mempunyai indeks plastisitas  $\leq 10$ . Berlempung, jika butiran tanah mempunyai indeks plastisitas  $\geq 11$ .

- c. **Batuan (*boulders*)**, yang ukurannya lebih besar dari 75 mm tidak digolongkan dalam klasifikasi ini.

Apabila sistem klasifikasi *AASHTO* dipakai untuk mengklasifikasikan tanah, maka data hasil uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai

Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah *AASHTO*

Klasifikasi Umum	Material Berbutir Kasar (35% atau kurang lolos saringan No. 200)							Material Lanau -Lempung (lebih dari 35% lolos saringan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Group	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Analisa Tapis; persen lolos:											
No. 10	50 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 40	30 max	50 max	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Karakteristik fraksi lolos saringan No. 40:											
Batas Cair	-		40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
Indeks Plastisitas	6 max		N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min*
Jenis Material Pokok	Fragmen batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan Pasir Kelanauan atau kelempungan				Tanah lanau		Tanah lempung	

Sumber.Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.

Untuk menilai kualitas tanah sebagai bahan subgrade jalan raya dapat ditentukan dengan angka indeks kelompok (*Group Index = GI*) yang menentukan kelompok dan sub kelompok tanah.

Indeks kelompok dapat dihitung dengan persamaan :

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \quad (2.15)$$

keterangan :

F = persentase butir yang lolos ayakan No. 200.

LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

Bagian pertama **Persamaan (2.15)** dalam hal ini :

$(F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)]$  merupakan bagian indeks kelompok tetap batas cair.

Bagian kedua, dalam hal ini  $0,01 (F - 15) (PI - 10)$  merupakan bagian indeks kelompok tetap indeks plastisitas.

Berikut ini ketentuan-ketentuan untuk menentukan indeks kelompok :

- a. Jika persamaan (3.1) menghasilkan harga  $GI$  negatif, maka diambil  $= 0$ .
- b. Indeks kelompok yang dihitung dari **Persamaan (2.15)** dibulatkan ke bilangan bulat yang terdekat, misalnya :  $GI = 3,40$  dibulatkan menjadi  $= 3$  dan  $GI = 3,50$  dibulatkan menjadi  $= 4$  dan ditempatkan dalam tanda kurung dibelakang kelompok dan sub kelompok tanah misalnya : A-2-6 (3). Pada umumnya makin besar nilai indeks kelompoknya, makin kurang baik tanah tersebut untuk dipakai dalam pembangunan jalan raya, untuk tanah-tanah di dalam sub kelompok tersebut.
- c. Dalam hal ini tidak ada batas lebih tinggi untuk indeks kelompok.
- d. Indeks kelompok tanah digolongkan ke dalam kelompok-kelompok A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 dan A-3 akan selalu nol.
- e. Jika menghitung indeks kelompok untuk tanah-tanah yang tergolong dalam kelompok-kelompok A-2-6 dan A-2-7, maka bagian indeks kelompok untuk PI dapat digunakan persamaan :

$$GI = 0,01 (F-15) (PI - 10) \quad (2.16)$$

Pada umumnya, kualitas tanah yang digunakan untuk bahan tanah dasar dapat dinyatakan sebagai kebalikan dari harga indeks group.

### 2.1.8 Tanah Gambut

Pengertian Tanah Gambut - Tanah gambut disebut juga tanah organic atau tanah bistosol adalah tanah yang bahan induknya berupa sisa-sisa tanaman dari binatang kemudian bercampur dengan lapisan mineral yang diendapkan. Salah satu ciri tanah gambut, yaitu warna tanah pada umumnya cokelat tua. Tanah gambut kurang cocok untuk usaha tanaman pangan, namun di beberapa tempat dapat diupayakan untuk perkebunan. Tanah gambut yang terdapat di Pulau Sumatera dimanfaatkan untuk perkebunan kelapa sawit, di sebagian Kalimantan untuk pertanian dan permukiman, sedangkan di Papua masih dalam keadaan alami.



Gambar 2.2. Tanah Gambut

Sumber : Civil Engginering Dept. sifat tanah gambut

Gambut adalah jenis tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang setengah membusuk; oleh sebab itu, kandungan bahan organikanya tinggi. Tanah yang terutama terbentuk di lahan-lahan basah ini disebut dalam bahasa Inggris sebagai peat; dan lahan-lahan bergambut di berbagai belahan dunia dikenal dengan aneka nama seperti bog,

moor, muskeg, pocosin, mire, dan lain-lain. Istilah gambut sendiri diserap dari bahasa daerah Banjar.

Definisi dan Pengertian Gambut (Bod Peat) adalah jenis tanah yang sebagian besar terdiri dari pasir silikat dan sebagian lagi terdiri atas bahan-bahan organik asal tumbuhan yang sedang dan / atau sudah melalui proses dekomposisi. Jenis tanah ini sebagian besar terdiri atas bahan organik yang tidak dirombak atau dirombak sedikit, terkumpul dalam keadaan air berlebihan (melimpah ruah). Gambut terjadi pada hutan-hutan yang pohonnya tumbang dan tenggelam dalam lumpur yang hanya mengandung sedikit oksigen, sehingga jasad renik tanah sebagai pelaku pembusukan tidak mampu melakukan tugasnya secara baik.

Akhirnya bahan-bahan organik dari pepohonan yang telah mati dan tumbang tertumpuk dan lambat laun berubah menjadi gambut yang tebalnya bisa mencapai 20m. Lahan gambut merupakan lahan yang didominasi oleh tanah gambut. Gambut mengikat karbon dalam jumlah yang relatif besar yang terbentuk dalam proses waktu yang lama dan dalam kondisi jenuh air. Kondisi jenuh air menyebabkan proses pelapukan bahan organik menjadi tidak sempurna, sehingga ditemukan sisa-sisa bahan organik seperti seresah, akar, dan sejenisnya.

Istilah gambut berasal dari bahasa Banjar (Kalimantan). Di berbagai belahan dunia, gambut memiliki banyak nama seperti bog, moor, muskeg, pocosin, mire, dan lain-lain. Berdasarkan kadar gambut, nama atau istilah gambut juga bervariasi. Misalnya istilah muck, ditujukan bagi tanah gambut dengan kadar bahan organik 35 – 65 %

### **2.2.7. Pembentukan Tanah Gambut**

Bentuk gambut ketika bagian tanaman yang menumpahkan pembusukan menghambat, biasanya di tanah berawa, karena tingginya keasaman atau anaerobik kondisi di perairan setempat. Tidak mengherankan, sebagian besar tanah gambut terdiri dari

serpihan dan potongan herbal sisa, daun, ranting, kulit kayu, bahkan kayu besar, yang belum sepenuhnya membusuk.

Kadang-kadang ditemukan juga, dengan tidak adanya oksigen menghambat dekomposisi, sisa-sisa hewan yang mati dan serangga yang juga diawetkan di lapisan gambut.

Biasanya di dunia, disebut sebagai gambut saat kandungan bahan organik di dalam tanah melebihi 30%; tapi hutan rawa gambut di Indonesia umumnya memiliki kandungan melebihi 65% dan kedalaman lebih dari 50 Cm. Tanah yang mengandung bahan organik antara 35-65%, juga disebut lumpur.

Ditambahkan lapisan gambut dan tingkat dekomposisi (humifikasi) terutama tergantung pada komposisi gambut dan intensitas banjir. Gambut terbentuk dalam kondisi sangat basah akan kurang terdekomposisi, dan dengan demikian akumulasi telah cepat, dibandingkan dengan gambut yang terbentuk di lahan kering.

Properti ini memungkinkan iklim untuk menggunakan gambut sebagai indikator perubahan iklim di masa lalu. Demikian pula, melalui analisis komposisi gambut, terutama jenis dan jumlah penulisan bahan organik, arkeolog dapat merekonstruksi gambar ekologi di zaman kuno.

Dalam kondisi yang tepat, gambut juga merupakan tahap awal pembentukan batubara. Gambut rawa terbaru, dibentuk di lintang tinggi pada akhir Zaman Es terakhir, sekitar 9.000 tahun yang lalu.

Ketebalan gambut masih tumbuh dengan laju sekitar beberapa milimeter setahun. Namun gambut percaya dunia mulai terbentuk tidak kurang dari 360 juta tahun yang lalu; dan sekarang menyimpan sekitar 550 Gt karbon.

#### Tanah Gambut Di Indonesia

Lahan gambut di Sumatera diperkirakan berkisar antara 7,3-9700000 hektar, atau kira-kira seperempat dari seluruh area lahan gambut di daerah tropis. Sesuai dengan

kondisi dan sifat-sifatnya, gambut di sini dapat dibedakan atas gambut topogen dan gambut ombrogen.

#### Gambut Topogen

adalah lapisan gambut yang dibentuk oleh genangan air yang terhalang drainase di tanah cekung di belakang pantai, di pedesaan atau di pegunungan. Gambut jenis ini umumnya tidak begitu dalam, hingga sekitar 4 m, air tidak begitu asam dan relatif subur; dengan nutrisi yang berasal dari lapisan tanah mineral di dasar cekungan, air sungai, sisa-sisa tanaman dan air hujan. Topogen relatif lazim.

#### Gambut Ombrogen

Lebih umum, meskipun semua dimulai sebagai gambut ombrogen gambut topogen.

Ombrogen usia yang lebih tua, umumnya lapisan tebal gambut, hingga kedalaman 20 m, dan permukaan tanah gambut lebih tinggi dari permukaan sungai terdekat. Kandungan nutrisi dari tanah sangat terbatas, hanya berasal dari lapisan gambut dan dari hujan, sehingga tidak subur.

Sungai atau drainase dari daerah gambut ombrogen mengalirkan air yang keasaman tinggi (pH 3,0-4,5), mengandung banyak asam humus dan warna coklat gelap seperti warna air teh terkonsentrasi. Itu sebabnya sungai seperti juga disebut sungai air hitam. Ombrogen sebagian besar terbentuk tidak jauh dari pantai.

Tanah gambut kemungkinan berasal dari tanah sedimen mangrove yang kemudian mengering; konten garam dan sulfida tinggi dalam hasil tanah hanya dalam beberapa dihuni oleh mikroorganisme pengurai. Sehingga lapisan gambut mulai terbentuk di atasnya. Penelitian di Sarawak menunjukkan bahwa gambut mulai terbentuk di atas lumpur mangrove yang sekitar 4.500 tahun yang lalu, awalnya pada tingkat akumulasi sekitar 0,475 m / 100 tahun (pada kedalaman gambut 10-12 m), tetapi kemudian menyusut menjadi sekitar 0,223 m / 100 tahun pada Agaknya kedalaman 0-5 m mendapatkan hutan

tua di lahan gambut tumbuh lebih lambat sebagai akibat dari pengurangan ketersediaan hara.

## **2.2. Daya Dukung Tanah**

Dalam tahap pembangunan suatu struktur bangunan dibutuhkan data besaran daya dukung tanah dalam menerima beban. Daya dukung tanah perlu diketahui untuk menghitung dan merencanakan dimensi pondasi yang dapat mendukung beban struktur yang akan dibangun. Apabila daya dukung tanah tidak mampu menerima beban dari struktur yang direncanakan, dengan data daya dukung tanah yang telah diketahui kita dapat melakukan perlakuan tertentu agar nilai daya dukung tanah dapat mencapai nilai yang diinginkan. Penimbunan dan pemadatan merupakan salah satu perlakuan tertentu untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah.

Dibeberapa kota besar di Indonesia data daya dukung tanah menjadi salah satu syarat teknis untuk mendapatkan surat IMB (Ijin Mendirikan Bangunan). Tidak hanya struktur yang besar yang diharuskan melakukan penyelidikan tanah untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah, tetapi struktur bangunan kecil juga diharuskan untuk melakukan penyelidikan tanah, contoh ruko, rumah lantai 2, dan bangunan gedung lainnya. Pada umumnya penyelidikan tanah yang dilakukan adalah uji SPT untuk penyelidikan tanah yang dalam ( $>20\text{m}$ ) dan sondir untuk mengetahui daya dukung tanah dangkal ( $<20\text{m}$ ). kedua alat tersebut menggunakan alat yang cukup banyak dan berat, pembacaan alatnya pun masih secara manual.

Bagian paling bawah dari suatu konstruksi dinamakan pondasi. Fungsi pondasi ini adalah meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi. Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi, kedua hal

tersebut akan menyebabkan kerusakan konstruksi yang berada di atas pondasi tadi. Oleh karena itu, para insinyur sipil yang merencanakan pondasi harus mengevaluasi daya dukung tanah yang pondasinya akan dibangun.

Bentuk pondasi ini bermacam-macam. Bentuknya biasanya dipilih sesuai dengan jenis bangunan dan tanah dimana konstruksi menunjukkan tipe-tipe yang umum. Pondasi tapak (*spread footing*) mempunyai bentuk seperti kolom suatu bangunan, tetapi ukurannya dibuat lebih besar dari kolom sehingga beban yang diteruskan ke pondasi dapat disebarkan keluasan tanah yang lebih besar. Untuk tanah dengan daya dukung rendah, ukuran dari pondasi tapak biasanya terlalu besar sehingga tidak praktis. Oleh karena itu, untuk keadaan tersebut akan lebih ekonomis kalau seluruh konstruksi dibangun di atas suatu lantai beton yang luas. Tipe pondasi tadi dinamakan *pondasi tikar (mat foundation)*.

Pondasi tiang dan pondasi caisson digunakan untuk konstruksi yang lebih berat, yaitu bila kedalamannya pondasi yang dibutuhkan untuk memikul beban sangat besar. Pondasi tiang biasanya terbuat dari kayu, beton, atau besi yang berfungsi untuk meneruskan beban dari konstruksi bagian atas ke lapisan tanah yang paling bawah. Bagaimana pondasi tiang ini meneruskan beban dari konstruksi bagian atas ke lapisan-lapisan tanah dapat dikelompokkan dalam dua kategori : pertama, tiang yang kekuatannya didasarkan pada lekatan antara tanah dan tiang (*friction pile*); kedua, tiang yang kekuatannya didasarkan pada daya dukung ujung tiang (*end-bearing pile*). Untuk *friction pile*, beban konstruksi bagian atas ditahan oleh gaya geser yang timbul sepanjang permukaan tiang (*selimut tiang*). Untuk *end bearing pile*, beban yang diterima oleh tiang diteruskan oleh ujung tiang ke lapisan tanah keras.

### **2.2.1. Masalah Desain Dan Konstruksi**

Untuk menyelesaikan permasalahan pada desain dan konstruksi, lebih dahulu harus dilakukan dua operasi/tindakan yang saling terlepas satu sama lain. Pertama, menentukan

sifat-sifat penting tanah di bawah permukaan tanah dengan melakukan pemboran, pengambilan contoh tanah (sampling), dan pengujian. Selanjutnya (yang kedua), mengganti atau mensubstitusi tanah asli yang keadaannya jauh lebih kompleks dengan tanah ideal yang terdiri atas satuan-satuan tanah homogen dengan batas-batas yang sederhana.

Dalam beberapa hal dimana profil tanah asli cukup sederhana sehingga dapat diganti dengan idealisasi yang layak disertai dengan kesalahan yang masih bisa ditolerir, teori yang digabung dengan hasil-hasil pengujian tanah memungkinkan kita meramalkan keadaan tanah penyangga bangunan secara sistematis dan matematis. Prosedur semacam ini dapat dilihat pada penentuan besar dan distribusi penurunan (settlement) struktur yang berdiri di atas lapisan lempung horizontal dan tebalnya seragam.

Dilain hal, hasil-hasil eksplorasi tanah hanya memberikan informasi kepada disainer mengenai karakteristik umum tanah di bawah permukaan dan lokasi dari lapisan-lapisan tanah yang rawan. Karakteristik detail dari lapisan tanah yang rawan tersebut tetap tak diketahui, dan seandainya bisa diketahui, waktu dan tenaga yang diperlukan untuk mendapatkan data-data yang bisa menjamin ketepatan peramalan keadaan tanah tersebut tetap merupakan halangan. Dalam keadaan ini, para perencana hanya dapat membuat suatu profil tanah idealisasi yang batas luarnya mirip dengan batas luar lapisan tanah rawan termaksud, yakni lapisan tanah yang lunak atau lapisan tanah yang kompresible, dan mencantumkan sifat-sifat tanah yang paling jelek pada lapisan tersebut yang kira-kira sesuai dengan data-data yang ada. Estimasi keadaan tanah dengan cara di atas hanya memberikan nilai-nilai batas atas kerusakan yang mungkin terjadi dengan adanya lapisan tanah rawan tersebut, tetapi dengan nilai-nilai tersebut sekalipun, perencana mampu menghindari kejadian-kejadian yang tidak diinginkan dengan mendesain konstruksi se layak mungkin. Sebelum peralatan penyelidikan sifat-sifat tanah di bawah permukaan dikembangkan, dan sebelum prinsip-prinsip teoritis dari sifat-sifat tanah tersebut disusun, makna atau (bahkan) kehadiran lapisan tanah yang rawan tersebut tetap tidak diketahui

sampai hal tersebut terungkap oleh keadaan-keadaan yang tidak terduga dari bangunan yang berdiri diatas lapisan tanah tersebut.

### **2.2.2. Eksplorasi Tanah**

Disain pondasi, bendungan tanah, atau dinding penahan tidak dapat dibuat dengan cara yang rasional dan memuaskan tanpa disainer paling tidak memiliki konsepsi akurat yang dapat diterima dari sifat-sifat fisis tanah yang dihadapinya. Penyelidikan lapangan dan laboratorium yang diperlukan untuk memperoleh informasi ini dinamakan eksplorasi tanah.

Sampai beberapa dekade yang lalu, kegiatan eksplorasi tanah masih tetap belum memadai karena metoda-metoda pengujian tanah yang rasional belum dikembangkan. Sementara itu, pada saat ini jumlah pengujian tanah dan perbaikan-perbaikan teknik pengujian tersebut sering kali diluar proporsi yang berkaitan dengan nilai praktis yang dihasilkan. Untuk menghindari keadaan-keadaan ekstrim tersebut, perlulah disesuaikan program eksplorasi dengan kondisi-kondisi tanah dan besarnya pekerjaan.

Jika pondasi pada suatu bangunan yang penting akan didirikan di atas lapisan lempung yang agak homogen, maka mungkin perlu dipertimbangkan pengadaan sejumlah besar pengujian tanah yang dilakukan oleh teknisi-teknisi laboratorium yang ahli. Karena hasil-hasil pengujian tersebut memungkinkan kita menduga dengan tepat (secara relatif) besar dan laju waktu penurunan. Berdasarkan dengan ini, kita bisa menghilangkan bencana akibat perbedaan penurunan ( differential settlement) dengan cara yang cukup murah, yakni dengan mendistribusikan beban secukupnya. Atau dengan memperkirakan kedalaman yang cocok bagi pondasi yang terletak di berbagai tempat di sebelah bawah bangunan. Di lain hal, jika dibangun yang sama akan dibuat di atas endapan yang tersusun atas kantong-kantong dan lensa-lensa pasir, lempung, dan lanau; jumlah pengujian yang serupa akan menambah informasi yang sangat sedikit yang dapat diperolehnya dengan menentukan

sifat-sifat indeks dari beberapa lusin contoh representatif yang diambil dari lubang-lubang bor. Data-data tambahan yang jauh lebih penting dari data-data yang didapat melalui pengujian ekstensif tersebut bisa diperoleh dalam waktu yang lebih singkat dan dengan biaya yang lebih murah dengan melakukan sounding (pengukuran kedalaman suatu tempat dengan gema suara atau dengan pengukur) ke bawah permukaan tanah dalam jarak-jarak yang rapat, karena sounding semacam itu dapat mengungkapkan tempat-tempat rawan yang (sekalipun) daerah-daerah semacam itu lebih penting daripada pengetahuan yang akurat mengenai sifat-sifat contoh-contoh yang acak.

### **2.3. Menentukan Daya Dukung Tanah**

Ada beberapa metode untuk mengestimasi daya dukung tanah antara lain adalah sbb :

#### **2.3.1. DCP (Dynamic Cone Penetrometer)**

Maksud dan tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui daya dukung tanah dinyatakan dalam nilai CBR (California Bearing Ratio) dengan satuan % (persen). DCP (Dynamic Cone Penetrometer) adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya dukung tanah dasar. Daya dukung tanah dasar tersebut diperhitungkan berdasarkan pengolahan atas hasil test DCP yang dilakukan dengan cara mengukur berapa dalam (mm) ujung konus masuk ke dalam tanah dasar tersebut setelah mendapat tumbukan palu geser pada landasan batang utamanya. Korelasi antara banyaknya tumbukan dan penetrasi ujung konus dari alat DCP ke dalam tanah akan memberikan gambaran kekuatan tanah dasar pada titik-titik tertentu. Makin dalam konus yang masuk untuk setiap tumbukan artinya makin lunak tanah dasar tersebut. Pengujian dengan menggunakan alat DCP akan menghasilkan data yang setelah diolah akan menghasilkan CBR lapangan tanah dasar pada titik yang ditinjau.

Jika pada tanah dasar dengan kedalaman sampai dengan 1 meter terdapat beberapa lapisan tanah dengan daya dukung (nilai CBR) yang berbeda, CBR lapangan pada titik

tersebut diperhitungkan berdasarkan nilai CBR yang mewakili nilai-nilai CBR lapisan-lapisan tanah dimaksud.

#### Peralatan dan Perlengkapan

1. Sebuah palu geser dengan berat 8.0 kg, dan dengan tinggi jatuh 57,5 cm. Palu geser akan bergerak jatuh sepanjang batang baja  $\varnothing 20$  mm untuk memukul suatu landasan (anvil).
2. Sebuah batang utama baja keras (standard shaft) dengan  $\varnothing 20$  mm, panjang 100 cm yang disambungkan dengan konus yang terbuat dari baja keras sudut 60 derajat atau 30 derajat dan bergaris tengah terbesar 20 mm. Pada batang baja tersebut telah pula dibuatkan skala dalam mm untuk membaca setiap masuknya ujung konus ke dalam tanah.
3. Sebuah batang kedua baja keras (hammer shaft) dengan  $\varnothing 20$  mm, panjang minimum = 72 cm, sebagai batang geser palu. Perlengkapan lainnya yang dibutuhkan sebagai alat-alat pendukung adalah: roll meter, cangkul dan singkup kecil, belincong, dan linggis. Diperlukan juga perlengkapan kendaraan roda empat untuk mengangkut petugas, peralatan dan perlengkapan yang dilengkapi dengan odometer guna membantu pengecekan jarak antara sejumlah titik uji pada lokasi yang dianggap perlu.



Gambar 2.3 pengujian tanah dengan metode DCPSumber : <http://www.alatujiDCP.org/>

### **2.3.2. HCP (Hand Cone Penetrometer)**

HCP (Hand Cone Penetrometer) pertama kali dikembangkan pada tahun 1988 (BS, 1990). Pengujian HCP ini bertujuan untuk mengukur daya dukung tanah atau juga ketahanan tanah dasar. Alat HCP ini mudah digunakan untuk penyelidikan sampai kedalaman 1 meter di bawah tanah dasar. Dalam sistem kerjanya, pengujian HCP dan DCP ini sangat jauh berbeda, perbedaan cara sistem kerja alat ini akan berpengaruh dalam hasil pengujian untuk menentukan daya dukung tanah dasar.

Pengujian dengan menggunakan DCP ini sistem kerjanya yaitu dengan cara dipukul, sedangkan untuk pengujian dengan menggunakan HCP ini sistem kerjanya hampir sama dengan pengujian CBR Laboratorium yaitu dengan cara ditekan. Metode pengujian HCP ini lebih mendekati metode CBR laboratorium bila dibandingkan dengan metode pengujian DCP.

Pengujian metode HCP merupakan pengujian langsung di lapangan dimana pengujian tersebut relatif murah, mudah dan cepat. Proses hasil pengujian HCP ini didapat dari ujung kerucut yang ditekan kedalam tanah sehingga alat *Dial Gauge* atau alat berupa seperti jam untuk mengukur tekanan penetrasi yang berada di alat HCP tersebut memberikan data hasil pengujian tanah

### **2.3.3. CBR (California Bearing Ratio) Laboratorium**

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan CBR (California Bearing Ratio) tanah dan campuran tanah agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. CBR laboratorium ialah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Penggunaan CBR laboratorium biasanya digunakan antara lain untuk perencanaan pembangunan jalan baru dan lapangan terbang. Untuk menentukan nilai CBR laboratorium harus disesuaikan dengan peralatan dan data hasil pengujian kepadatan,

#### 2.3.4. Sondir

Pengujian Sondir test merupakan salah satu pengujian penetrasi yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah pada setiap lapisan serta mengetahui kedalaman lapisan pendukung yaitu lapisan tanah keras. Hal ini dimaksudkan agar dalam mendesain Pondasi yang akan digunakan sebagai penyokong kolom bangunan di atasnya memiliki faktor Keamanan (safety factor) yang tinggi sehingga bangunan di atasnya tetap kuat dan tidak mengalami penurunan atau settlement yang dapat membahayakan dari sisi keselamatan akan bangunan dan penghuni didalamnya.

Banyak terjadi kegagalan struktur (bangunan roboh/ runtuh) akibat tidak diperhatikan pentingnya Pengujian Soil test ini, untuk itu sangat di sarankan untuk melakukan pengujian tanah (sondir) ini, sehingga dapat didesain jenis pondasi yang aman dan efektif sesuai dengan karakteristik tanah dari bangunan yang akan dibangun.



Sondir adalah alat berbentuk silindris dengan ujungnya berupa konus. Biasanya dipakai adalah bi-conus type Begemann yang dilengkapi dengan selimut/jacket untuk mengukur hambatan pelekat lokal (side friction) dengan dimensi sbb :

Sudut kerucut konus :  $60^\circ$

Luas penampang konus :  $10.00\text{cm}^2$

Luas selimut/jacket :  $150\text{cm}^2$

Dalam uji sondir, stang alat ini ditekan ke dalam tanah dan kemudian perlawanan tanah terhadap ujung sondir (tahanan ujung) dan gesekan pada selimut silinder diukur. Alat ini telah lama di Indonesia dan telah digunakan hampir pada setiap penyelidikan tanah pada pekerjaan teknik sipil karena relatif mudah pemakaiannya, cepat dan amat ekonomis.

Sesungguhnya alat uji sondir ini merupakan representasi atau model dari pondasi tiang dalam skala kecil. Teknik pendugaan lokasi atau kedalaman tanah keras dengan suatu batang telah lama dipraktekan sejak zaman dulu. Versi mula-mula dari teknik pendugaan ini telah dikembangkan di Swedia pada tahun 1917 oleh Swedish State Railways dan kemudian oleh Danish Railways tahun 1927. Karena kondisi tanah lembek dan banyaknya penggunaan pondasi tiang, pada tahun 1934 orang-orang Belanda memperkenalkan alat sondir sebagaimana yang kita kenal sekarang (Barentseen, 1936).

Metode ini kemudian dikenal dengan berbagai nama seperti: "Static Penetration Test" atau "Duch Cone Static Penetration Test" dan secara singkat disebut sounding saja yang berarti pendugaan. Di Indonesia kemudian dinamakan sondir yang diambil dari bahasa Belanda.

Uji sondir saat ini merupakan salah satu uji lapangan yang telah diterima oleh para praktisi dan pakar geoteknik. Uji sondir ini telah menunjukkan manfaat untuk pendugaan profil atau pelapisan (stratifikasi) tanah terhadap kedalaman karena jenis perilaku tanah

telah dapat diidentifikasi dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung dan gesekan selimutnya.

Besaran penting yg diukur pada uji sondir adalah perlawanan ujung yg diambil sebagai gaya penetrasi per satuan luas penampang ujung sondir ( $q_c$ ). Besarnya gaya ini seringkali menunjukkan identifikasi dari jenis tanah dan konsistensinya. Pada tanah pasiran, tahanan ujung jauh lebih besar daripada tanah butiran halus.

Apa hubungan kuat dukung tanah dengan data sondir ( $q_c$ ). Anda dapat melihat hubungan nilai tahanan konus ( $q_c$ ) terhadap konsistensi tanah, sebagai berikut :

tanah yang sangat lunak nilai  $q_c < 5 \text{ kg/cm}^2$

lunak  $5-10 \text{ kg/cm}^2$ ,

teguh  $10-20 \text{ kg/cm}^2$ ,

kenyal  $20-40 \text{ kg/cm}^2$ ,

sangat kenyal  $40-80 \text{ kg/cm}^2$ ,

keras  $80-150 \text{ kg/cm}^2$ , dan

sangat keras  $> 150 \text{ kg/cm}^2$ .

Pelaksanaan test sondir ini mengacu pada prosedur ASTM.D.3441, dimana nilai perlawanan conus ( $q_c$ ) dan nilai hambatan pelekat lokal atau side friction ( $f_s$ ) diamati setiap interval kedalaman 20cm dengan kecepatan penetrasi saat pembacaan nilai  $q_c$  dan  $f_s$ , diusahakan konstan yaitu kurang lebih 2cm/detik.

Test ini dilaksanakan hingga mencapai kemampuan maksimum alat, yakni nilai tekanan total atau  $q_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  atau hingga mencapai kedalaman maksimum dibawah permukaan tanah setempat.

Hasil test sondir ini disajikan berupa diagram atau grafik hubungan antara kedalaman dengan  $q_c$ ,  $f_s$ , total friction dan friction ratio.

Jika anda ingin membangun, lakukan Pengujian Sondir untuk memastikan Pondasinya anda aman dan kuat untuk bangunannya

## 2.4. Daya Dukung Tanah Gambut

Terdapat beberapa permasalahan yang dihadapi dalam pelaksanaan pembuatan sebuah konstruksi pada lahan gambut. Diantaranya sifat kompresibilitas yang tinggi (penurunan yang terjadi cukup besar) serta daya dukung tanah gambut sangat rendah. Banyak cara untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tanah lunak salah satunya ialah menggunakan pondasi tiang pancang atau cerucuk, dimana dalam pelaksanaan pemasangan pondasi di perlukan beberapa metode untuk menguji daya dukung serta kedalaman tanah lunak sehingga daya dukung dan kapasitas ketahanan tanah lunak dapat terdeteksi,

Metode yang digunakan dalam pengkajian kapasitas daya dukung ini dengan menggunakan data primer dan skunder. Data primer yang digunakan adalah data hasil uji lapangan berupa hasil pengujian sondir, DCP, dan CBR. Sedangkan data sekunder berupa kajian pustaka untuk selanjutnya dipergunakan sebagai bahan evaluasi dalam pengkajian.

Gambut adalah akumulasi bahan organik yang terjadi akibat dikomposisi yang tidak sempurna dari bagian tanaman dalam kondisi kelembapan tinggi dan anaerob atau dengan kata lain akumulasi lebih cepat dibanding dekomposisi. Tingkat keasaman tinggi, tinggi Ph sekitar antara 2.0 – 4.5 dan kandungan abu rendah sekali 0.5 – 2.5 %. Dijumpai dalam hamparan yang mendatar dikawasan pantai yang dipengaruhi pasang surut rawa maupun dalam bentuk kubang. Gambut atau peat adalah tanah yang mempunyai kandungan organik yang sangat tinggi dan tanah tersebut umumnya terbentuk dari fragmen material organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. ASTM (1989) memberikan batasan bahwa gambut berbeda dengan tanah organik yang lain karena kandungan abu rendah yaitu kurang dari 25 % dan berbeda dengan material phytogenic karena kandungan kalori rendah.

Ada tiga macam cara klasifikasi tanah gambut yaitu :

berdasarkan dekomposisi

berdasarkan jenis tumbuh-tumbuhan bahan organiknya

berdasarkan prosentase organiknya

Von Post 1922 mengelompokkan gambut menjadi 10 kategori sebagai berikut :

Klasifikasi gambut yang berdasarkan jenis tumbuhan pembentuk serat adalah ASTM (1969) selain dibedakan atas tanaman pembentuk serat juga kandungan seratnya dapat dilihat pada tabel.

Klasifikasi yang dikembangkan orang teknik didasarkan kandungan organik didalam tanah tanpa memperhatikan jenis tanaman pembentuknya. Dikenal dengan sistem Radorfth. Pada sistem tersebut terdapat variasi kandungan organik ASTM (1985), Organic Sedimen Research Center (OSRC) dari University Of Carolina 1983, dan Louisiana Geological Survey (LGS), 1982 Tanah organik di sebut tanah gambut apabila kandungan organiknya 75 % atau lebih. Berbeda dengan USSR, 1982, tanah organik disebut tanah gambut apabila kandungan organiknya 50 % atau lebih.

Menurut Mac Farlane dan Radforth (1985) gambut masih dibagi menjadi dua kelompok yaitu Fibrous Peat (Gambut Berserat) dan Amorphous Granular Peat (Gambut Amorphous Granular) pengelompokannya didasarkan pada kandungan seratnya bila kandungan seratnya >20% dikelompokkan padaq Amorphous Granular Peat.

Sifat Fisik Gambut Secara umum gambut mempunyai sifat fisik sebagai berikut :1). Kadar air, mempunyai kemampuan menyerap air tinggi, tergantung derajat dekomposisinya, dapat mencapai 600%. Tetapi akan turun drastis apabila bercampur dengan bahan organiknya.2). Susut, apabila kering menjadi keras. Penyusutan dapat mencapai 50% (Colley 1950) apabila sudah menyusut maksimum, hanya dapat menyerap air kembali 35% - 55% volume awal air yang dapat diserap (fustel and byer 1930).3). Rembesan, kemampuannya tergantung pada bahan kandungan mineral, derajat dekomposisi, derajat konsolidasi, harga kelulusan airnya berkisar antara  $10^3$ - $10^6$  cm/detik

4). Kadar gas, walaupun terendam air, gambut mengalami dekomposisi dan menghasilkan gas metan, sedikit Nitrogen, dan Karbondioksida.5). Berat volume berkisar antara  $0,9 \text{ t/m}^3$ -  $1.25 \text{ t/m}^3$ .

6). Berat jenis, lebih besar dari 1.0. rata-rata 1.5-1.6 bila  $>2.0$  berarti bercampur bahan organik. 7). Keasaman, mempunyai sifat acidic reaction, karena karbon dioksida dan humid acid hasil proses pembusukan. Air gambut mempunya ph antara 4-7 (Lea 1956) keasaman tergantung musim.Bersifat korosif terhadap beton dan baja.

#### Sifat Teknik Gambut

Gambut sebagai material juga memiliki sifat-sifat teknik yang penting diantaranya ialah kuat geser.Gambut mempunyai daya dukung rendah.Menurut Adam, 1965, merupakan frictional material non cohesive, sehingga kekuatan geser dapat dihitung.

