

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tanah Lempung Ekspansif**

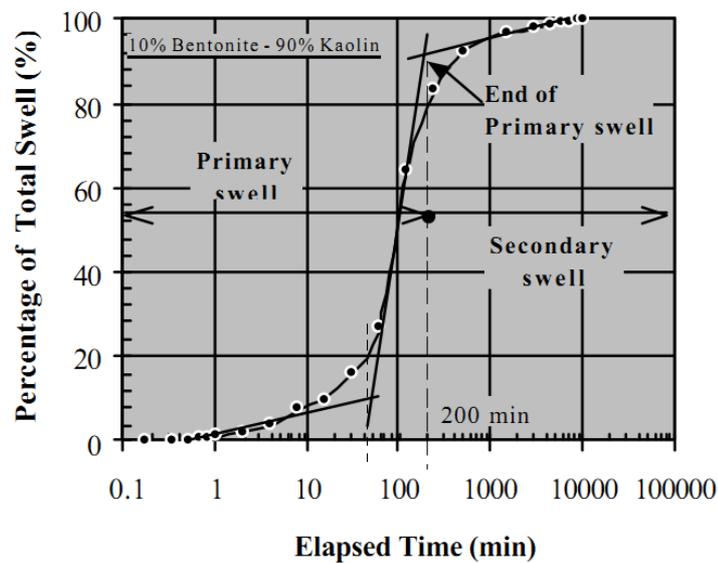
Tanah ekspansif (*expansive soil*) adalah tanah yang mempunyai potensi pengembangan atau penyusutan yang tinggi oleh pengaruh perubahan kadar air. Tanah ekspansif akan menyusut bila kadar air berkurang, dan sebaliknya akan mengembang bila kadar air bertambah. Istilah tanah ekspansif dan potensi pengembangan (*swelling potential*) umumnya digunakan untuk menunjukkan tanah yang mudah mengalami kembang susut. Tanah-tanah yang mudah berubah volumenya ini adalah tanah yang banyak mengandung lempung yang mudah mengembang oleh tambahan kadar air, terutama yang mengandung mineral *montmorillonite* (Hardiyatmo, 2014).

Proses pengembangan dan penyusutan tanah sebagian besar adalah akibat peristiwa kapiler atau perubahan kadar air pada tanah tersebut. Tanah – tanah yang banyak lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Pengurangan kadar air yang diikuti oleh kenaikan efektif menyebabkan volume tanah menyusut dan sebaliknya penambahan kadar air menyebabkan pengembangan. Muntohar (2010) menyebutkan bahwa pengembangan awal tanah sangat dipengaruhi oleh derajat kejenuhan, sedangkan kadar air awal dipengaruhi oleh kecepatan pengembangan dan besarnya pengembangan tanah.

Muntohar (2006) dalam penelitiannya untuk ruas jalan Wates-Purworejo STA. 8+127, potensi untuk pengembangan secara vertikal menunjukkan perubahan persentase volume tanah di alam. Ketika tanah ekspansif direndam, air naik secara vertikal kepermukaan. Potensi kenaikan vertikal (PVR) tergantung pada beban tambah dan persentase volume yang berubah. Dalam nilai PVR dan pengembangan secara vertikal dianggap mempunyai pengaruh pada deformasi yang lebih besar dari permukaan jalan. Secara umum, semakin besar indeks plastisitas akan menyebabkan masalah teknik semakin besar terkait dengan penggunaan tanah sebagai bahan rekayasa, seperti tanah dasar jalan, bangunan perumahan dan lain-lain. Pengembangan vertikal tanah dasar akan menurunkan daya dukung karena

meningkatkan angka pori dan kadar air. Tanah kohesif akan menyerap banyak air selama proses perendaman dan kemudian mengakibatkan meningkatnya angka pori, celah antara partikel tanah diisi dengan air dan mengurangi ikatan partikel.

Muntohar (2003) menjelaskan pengembangan tanah terjadi pada 3 fase, yaitu pengembangan inisial, pengembangan primer, dan pengembangan sekunder (lihat Gambar 2.1).



Gambar 2. 1 Kurva hubungan pengembangan total dengan waktu (Muntohar, 2003)

Pengembangan inisial merupakan pengembangan tanah mula-mula umumnya kurang dari 10% dari total pengembangan. Pengembangan primer dimana pengembangan meningkat lebih cepat dengan bertambahnya waktu dan pengembangan akan berhenti jika pori tanah tidak mampu menampung pengembangan. Selanjutnya diikuti dengan pengembangan sekunder yang tidak terjadi pengembangan lagi atau relatif konstan.

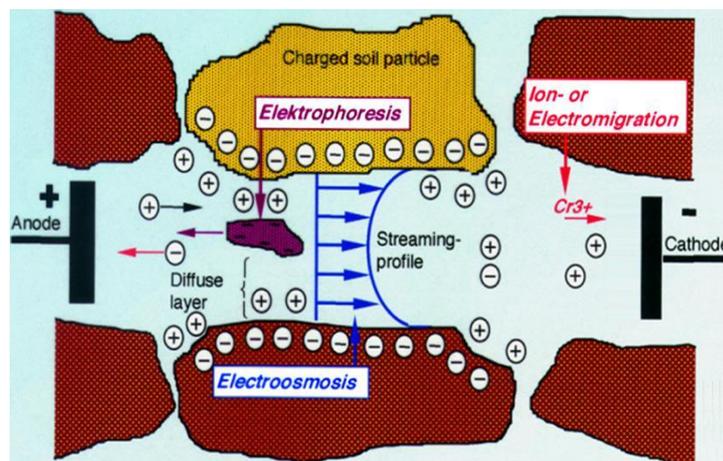
Chen (1975) tingkat ekspansif tanah dapat diklasifikasikan dari rendah hingga sangat tinggi indeks plastisitas tanah seperti yang ditunjukkan pada Table 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi tanah berdasarkan potensi pengembangan (Chen, 1975)

Derajat pengembangan	Potensi pengembangan (%)
Sangat tinggi ( <i>Very high</i> )	> 55
Tinggi ( <i>High</i> )	20 - 55
Sedang ( <i>Medium</i> )	10 - 35
Rendah ( <i>Low</i> )	0 - 15

### B. Prinsip-Prinsip Elektrokinetik

Elektrokinetik didefinisikan sebagai perpindahan bahan kimia secara fisik, perilaku partikel yang dialiri dan efek dari tegangan listrik yang diterapkan pada pembentukan dan perpindahan cairan dalam media berpori. Metode elektrokinetik menggunakan arus searah (DC) atau perbedaan tenaga listrik yang rendah terhadap susunan elektroda yang dimasukkan kedalam tanah selama perpindahan organik, inorganik, dan partikel logam dari tanah yang permeabilitas rendah seperti, lumpur, endapan, sedimen, dan air tanah oleh tenaga elektrik (Mosavat dkk, 2012). Prinsip dari elektrokinetik untuk mempercepat proses konsolidasi. Metode elektrokinetik telah menjadi salah satu metode yang paling kuat untuk remediasi tanah yang terkontaminasi partikel logam. Fenomena elektrokinetik yaitu, elektroosmosis, elektroforesis, dan elektromigrasi.



Gambar 2. 2 Skema fenomena metode elektrokinetik (Mosavat dkk, 2012).

Terjadinya elektrolisis pada reaksi kimia yang menghasilkan  $H_2$  dan  $OH^-$  pada katoda (reduksi) dan  $O_2$  dan  $H^+$  di anoda (oksidasi) adalah sebagai berikut :



Berdasarkan hasil reaksi tersebut, zat asam akan menggumpal di dekat anoda pada bagian atas dan pada bagian dasar akan terbentuk didekat katoda yang akan bermigrasi satu sama lain. Asam pada bagian bawah akan bermigrasi lebih cepat dari bagian bawah yang disebabkan oleh lebih besarnya pergerakan dari  $H^+$  dari pada  $OH^-$ , sebagai hasilnya asam pada bagian depan mendominasi dari pada partikel kecil dekat katoda. Berdasarkan pemodelan yang dibuat Helmholtz-Smoluchowsky digunakan teori penjelasan tentang fenomena elektroosmosis. Elektroosmosis didefinisikan sebagai perpindahan dari cairan berpori dari anoda ke katoda melalui pengaruh arus listrik. Elektroforesis didefinisikan gerakan partikel bermuatan terhadap cairan di bawah gradien listrik, sementara elektromigrasi adalah gerakan ion yang dibebankan di bawah gradien listrik.

### **C. Stabilisasi Tanah dengan Elektrokinetik**

Stabilisasi tanah dengan metode elektrokinetik merupakan stabilisasi tanah yang menggunakan tenaga listrik arus searah (DC) yang ditanam kedalam tanah untuk mempercepat proses konsolidasi. Metode elektrokinetik dapat digunakan sebagai metode stabilisasi tanah untuk pondasi bangunan, jalan, dan kereta api. Penggunaan teknik ini masih relatif baru yang sedang diselidiki di beberapa bagian dunia untuk percobaan dalam skala laboratorium (Mosavat dkk, 2012).

Andhiepsa (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh besaran voltase metode elektrokinetik terhadap pengembangan tanah lempung ekspansif. Variasi besaran voltase yang digunakan, yaitu 6, 9, dan 12 volt dengan jarak elektroda 20 cm. Box uji berukuran 40x40x20 cm. Proses elektrokinetik dilakukan selama 4 hari. Hasil dari pengujian menunjukkan besaran voltase yang paling efektif untuk stabilisasi tanah lempung ekspansif 12 volt, pada besaran tersebut daya hantar

tegangan listrik mampu mengikat ion pada tanah menuju elektroda lebih banyak. Semakin besar voltase yang diberikan maka semakin kecil pengembangan dan kadar air tanahnya.

Sheila (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh kedalaman elektroda metode elektrokinetik terhadap pengembangan tanah lempung ekspansif. Tegangan listrik yang diberikan sebesar 12 volt dengan jarak elektroda sebesar 20 cm dan variasi kedalaman elektroda sebesar 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Box uji berukuran 40x40x20 cm. Proses elektrokinetik dilakukan selama 4 hari. Hasil dari pengujian menunjukkan nilai pengembangan dan kadar air tanah pada kedalaman elektroda 15 cm sangat besar dibandingkan dengan kedalaman 5 cm dan 10 cm. Kedalaman elektroda mempunyai pengaruh terhadap pengembangan dan penurunan kadar air tanah. Semakin elektroda mendekati dasar box medan listrik tidak dapat terdistribusi dengan baik sehingga proses elektrokinetik menjadi tidak efektif. Dapat disimpulkan bahwa kedalaman elektroda yang paling efektif untuk stabilisasi tanah lempung ekspansif adalah 10 cm.

Abdullah dan Al-Abadi (2009) melakukan penelitian tentang perbaikan elektrokinetik kation pada tanah ekspansif. Tujuan dari penelitian ini untuk meningkatkan kemampuan tanah dengan mengurangi kemampuan plastisnya, meningkatkan kuat geser tanah, mengurangi potensi pengembangan tanah, dan menyelidiki pengaruh seberapa layak agen stabilisasi kation (ion kalium  $K^+$ ) yang dapat ditambahkan ke tanah dengan proses elektrokinetik. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kota Ibrid di bagian Utara Jordan. Percobaan ini dilakukan pada sebuah kotak uji yang terbuat dari perspex kaca yang dibuka bagian atasnya dengan dimensi 0,49 x 0,15 x 0,16 m yang terdiri dari tiga bagian, yaitu anoda, tanah, dan katoda. Bagian sisi kiri dan kanan diisi larutan elektrolit untuk katoda dan anoda. Sedangkan bagian tengah dimasukkan contoh tanah yang bagian sisinya dibuat berlubang. Tanah dalam kotak uji dilakukan konsolidasi selama 4 hari dengan beban 50 kg. Ruang anoda dan katoda diisi  $Ca(OH)_2$  dan garam  $CaCl_2$  digunakan untuk menyediakan ion  $Ca^{2+}$ . Demikian juga  $KOH$  dan  $KCl$  untuk menyediakan ion  $K^+$ . Pengujian dilakukan selama 10 hari dengan arus DC 30 Volt. Hasil penelitian ini adalah tanah dengan proses elektrokinetik  $K^+$  menimbulkan

penurunan yang drastis, pada tanah asli PI sebesar 40 setelah di stabilisasi  $K^+$  PI menjadi 8. Stabilisasi tanah dengan  $K^+$  pada proses elektrokinetik mampu memperbaiki secara signifikan sudut geser tanah sekitar  $12^\circ$  di atas tanah asli.

Prastiwi, dkk. (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh elektroosmosis pada tanah lempung ditinjau dari parameter konsolidasi tanah. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh elektroosmosis pada tanah yang ditinjau dari konsolidasi yaitu indeks pemampatan ( $C_c$ ), koefisien konsolidasi ( $C_v$ ), Besarnya penurunan ( $S_c$ ) dan lamanya penurunan tanah ( $t$ ). Tanah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Desa Jono, Kecamatan Tanon, Kabupaten Sragen dalam kondisi *disturb*. Percobaan ini dilakukan pada box yang berukuran 30 x 30 x 15 cm dengan menggunakan tembaga sebagai elektoda (anoda dan katoda). Tegangan yang digunakan arus searah (DC) dengan arus 5A dan tegangan listrik 0; 4,5; 9; dan 12 volt. Penelitian ini menggunakan *preloading* dengan ketebalan 1,3 cm dan berat tanah 1874 g yang diletakkan didalam mika. Hasil uji labolatorium dapat dilihat pada ( Tabel 2.2, Tabel 2.3, Tabel 2.4, dan Tabel 2.5). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai indeks pemampatan dan besarnya penurunan dengan *preloading* lebih kecil dibandingkan tanpa *preloading*. Semakin besar beda potensial yang diberikan semakin besar koefisien konsolidasi. Sampel tanah yang diberi elektroosmosis dengan *preloading* lebih padat dibandingkan tanpa *preloading*.

Tabel 2. 2 Indeks pemampatan ( $C_c$ ) dengan beda potensial tanpa *preloading* dan dengan menggunakan *preloading* (Prastiwi dkk, 2006)

Beda potensial	$C_c$					
	Tanpa <i>Preloading</i>			Dengan <i>Preloading</i>		
	Anoda	Tengah	Katoda	Anoda	Tengah	Katoda
<b>0</b>	0,504	0,511	0,513	0,504	0,505	0,505
<b>4,5</b>	0,497	0,503	0,507	0,486	0,492	0,499
<b>9</b>	0,489	0,497	0,502	0,478	0,488	0,492
<b>12</b>	0,476	0,490	0,497	0,453	0,474	0,483

Tabel 2. 3 Besarnya penurunan ( $S_c$ ) dengan beda potensial tanpa preloading dan dengan menggunakan preloading (Prastiwi dkk, 2006)

Beda potensial	$S_c$					
	Tanpa Preloading			Dengan Preloading		
	Anoda	Tengah	Katoda	Anoda	Tengah	Katoda
<b>V</b>						
<b>0</b>	1,112	1,123	1,185	1,078	1,075	1,084
<b>4,5</b>	1,067	1,093	1,114	1,028	1,043	1,060
<b>9</b>	1,050	1,078	1,101	1,006	1,028	1,037
<b>12</b>	1,030	1,058	1,088	0,946	0,998	1,019

Tabel 2. 4 Koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) dengan beda potensial tanpa preloading dan dengan menggunakan preloading (Prastiwi dkk, 2006)

Beda potensial	$C_v$					
	Tanpa Preloading			Dengan Preloading		
	Anoda	Tengah	Katoda	Anoda	Tengah	Katoda
<b>V</b>						
<b>0</b>	0,046	0,042	0,042	0,059	0,042	0,049
<b>4,5</b>	0,057	0,043	0,047	0,065	0,052	0,053
<b>9</b>	0,059	0,047	0,048	0,069	0,056	0,058
<b>12</b>	0,091	0,049	0,058	0,071	0,053	0,051

Tabel 2. 5 Lama penurunan ( $t$ ) dengan beda potensial tanpa preloading dan dengan menggunakan preloading (Prastiwi dkk, 2006)

Beda potensial	$T$					
	Tanpa Preloading			Dengan Preloading		
	Anoda	Tengah	Katoda	Anoda	Tengah	Katoda
<b>V</b>						
<b>0</b>	2,137	2,154	2,363	1,684	2,133	1,977
<b>4,5</b>	1,730	2,266	2,079	1,522	1,901	1,868
<b>9</b>	1,698	2,096	2,180	1,425	1,762	1,801
<b>12</b>	1,161	2,000	1,684	1,389	1,838	1,935

Thuy, dkk. (2013) melakukan penelitian tentang perbaikan tanah lempung ekspansif dengan metode elektrokinetik. Tujuan dari penelitian ini untuk meningkatkan sifat-sifat teknik, seperti batas konsistensi, kemampatan, dan kuat geser *undrained* dengan stabilisasi elektrokinetik. Tanah lempung ekspansif yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Karangjati, Ngawi, Jawa Timur. Arus listrik yang digunakan arus searah (DC) dengan 13 volt dan 10A. Percobaan dilakukan dengan empat perlakuan yaitu dengan menggunakan berbagai elektrolit (kalsium klorida dan air murni) dalam kondisi yang berbeda tidak ada aliran atau aliran air. Sampel tanah disimpan pada kompartemen tengah wadah. Anolit dan katolit dipasang di kompartemen elektroda, yang diisi dengan larutan elektrolit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan elektrokinetik dapat mengubah sifat fisik dan mekanik dari tanah. Nilai pH dari anolit menurun dari waktu ke waktu sedangkan nilai pH pada katolit meningkat. Kuat geser *undrained* dari tanah meningkat setelah dilakukan perawatan. Tidak ada perubahan dalam komposisi mineralogical antara tanah yang distabilisasi maupun tidak distabilisasi, perlakuan ini diamati dalam XRD analisis.

Atmaja, dkk. (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan elektroosmosis terhadap parameter kuat geser tanah lempung. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh penggunaan elektroosmosis terhadap kuat geser tanah lempung dengan kondisi *preloading* dan tanpa *preloading*. Pengujian ini dilakukan pada box kaca ukuran 40 x 30 x 15 cm dengan jarak elektroda 30 cm. Bahan elektroda menggunakan tembaga dengan arus searah (DC) 3, 6, 9, dan 12 volt serta arus 5A. Pengujian dilakukan selama 3 hari dengan tiga titik pengamatan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan elektroosmosis pada tanah lempung dapat menaikkan nilai kohesi pada anoda sebesar 9,52% dan pada katoda 118,75%. Sedangkan sudut gesek mengalami kenaikan sebesar 4,98 % dan 8,85 % pada posisi anoda dan katoda. Semakin tinggi beda potensial yang diberikan maka sudut gesek dan kohesi tanah mengalami kenaikan. Kuat geser tanah menggunakan elektroosmosis dengan *preloading* lebih besar dibandingkan tanpa *preloading*. Penggunaan *preloading* mampu menaikkan kohesi pada anoda sebesar 158%, pada katoda sebesar 174% dan menaikkan sudut geser sebesar 224,25 %.

Moayedi, dkk. (2014) melakukan penelitian tentang analisis stabilisasi elektrokinetik dengan gambut. Pengujian ini dilakukan pada tabung akrilik dengan panjang 175 mm dan diameter 80 mm. Untuk menyelidiki perubahan struktur mikron tanah dengan pengujian mikroskop elektrokon (SEM) dan energi sinar-X spektroskopi (EDX) yang akan dicampur dengan beberapa jenis bahan kimia. Penelitian dilakukan dalam empat bahan kimia, yaitu natrium silikat, kalsium klorida, kalsium oksida, dan aluminium hidroksida. Hasil pengujian menunjukkan EDX gambut alami menunjukkan adanya oksigen (46,2%), karbon (29,3%), silika (5,1%), alumina (2,5%), dan kalsium (3,0%). Namun, setelah injeksi elektrokinetik dari natrium silikat, kalsium oksida, kalsium klorida, dan aluminium hidroksida, konsentrasi unsur-unsur dalam sampel tanah yang diambil berdekatan dengan anoda berubah, dengan karbon berubah untuk 24,9%, 16,5%, 31,4%, 34%; oksigen menjadi 47,6%, 41,9%, 53%, 46%; silika menjadi 12,3%, 4,1%, 4,2%, 4,7%; alumina menjadi 2,5%, 1,2%, 2,2%, 6,2%; dan kalsium untuk 1,8%, 18,6%, 6,1%, 2,6%, masing-masing. Kekuatan geser tanah stabil lebih tinggi pada bagian dekat katoda dan kalsium oksida. Hal ini disebabkan reaksi antara ion OH dilepaskan dari elektroda katoda dan kation yang tersedia (misalnya  $\text{Ca}^{2+}$ ) dalam tanah dekat katoda. Seperti yang dinyatakan sebelumnya, migrasi ion OH jauh lebih lambat dibandingkan dengan ion hidrogen. Kuat geser gambut awal 7,8 kPa, Sistem Al-DW dan sistem Ca-DW meningkatkan kekuatan geser tanah sekitar 18,7 kPa, sesuai dengan rata-rata kenaikan 237% dalam kekuatan geser tanah dasar. Kekuatan geser *undrained* tanah meningkat menjadi 16, 18, 22, 26, dan 33 kPa untuk jarak normal dari anoda sama dengan 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, dan 0,9%, sesuai dengan 200%, 225 %, 275%, 325%, dan peningkatan 412% dalam kekuatan geser tanah dasar, masing-masing.

Tjandra dan Wulandari (2006) melakukan penelitian tentang pengaruh elektrokinetik terhadap daya dukung lempung marina. Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki peningkatan tahanan friksi dan ujung pada model pondasi tiang pasca elektrokinetik. Percobaan ini dilakukan di labolatorium dengan kotak plexiglas ukuran 50 x 50 x 50 yang berbentuk kubus. Tegangan yang diberikan 20 volt selama 3, 6, 12, dan 24 jam. Bahan katoda terbuat dari tembaga, sedangkan

anoda besi *stainless* diameter 2,8 cm yang merupakan model dari pondasi tiang, kemudian dua buah elektroda ditanah kedalam kotak yang berisi tanah sedalam 35 cm. Hasil penelitian ini menunjukkan meningkatnya daya dukung dari model pondasi tiang pasca dielektrokinetik, peningkatannya mencapai 5, 7, 11, dan 14 kali setelah 3,6,12, dan 24 jam. Rasio peningkatan tahanan friksi lebih besar dari pada tahanan ujung pada setiap durasi waktu. Nilai kuat geser undrained (Cu) mengalami peningkatan lebih dari 80% sejalan dengan bertambahnya waktu dari 3 jam ke 24 jam. Kekuaan geser *undrained* tanah semakin mendekati anoda kuat gesernya semakin meningkat. Peningkatan daya dukung tanah lebih tinggi setelah durasi 6 jam, sedangkan pada kuat geser *undrained* cenderung konstan bahkan menurun setelah durasi 6 jam.

#### D. Pengujian Sifat-sifat Geoteknik Tanah

Adapun pengujian sifat-sifat tanah yang dilakukan yaitu :

##### 1. Uji kadar air

Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air dengan berat butiran padat, dinyatakan dalam persen. Kadar air dinyatakan dalam persamaan 2.3 (Hardiyatmo, 2012) :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana, w = Kadar air tanah

$W_w$  = Berat air

$W_s$  = Berat butiran padat

##### 2. Uji berat jenis tanah

Berat jenis adalah perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat volume air, pada temperature 4° C. Berat jenis dinyatakan dalam persamaan 2.4 (Hardiyatmo, 2012) :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana,  $G_s$  = Berat jenis

$\gamma_s$  = berat volume butiran padat

$\gamma_w$  = berat volume air

Berat jenis (Gs) merupakan nilai yang tidak bersatuan. Nilai berat jenis sangat bervariasi tergantung pada mineral penyusunnya. Adapun nilai-nilai berat jenis tanah diberikan dalam (Tabel 2.6).

Tabel 2. 6 Berat jenis tanah (Hardiyatmo, 2012)

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

### 3. Uji batas-batas atterberg

Tanah yang berbutir halus biasanya ditandai dengan batas plastisitasnya yang tinggi. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah yang menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa menyebabkan retak-retak (Hardiyatmo, 2012). Adapun batas-batas atterberg tanah adalah :

1. Batas cair (*liquid limit*)

Batas cair adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dengan keadaan plastis. Batas cair ditentukan dengan pengujian Casagrande (1948).

2. Batas plastis (*plastic limit*)

Batas plastis adalah kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah berdiameter 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

3. Batas susut (*shrinkage limit*)

Batas susut adalah kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah.

#### **4. Uji pemadatan tanah**

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan tenaga mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel dari tanah. Energi pemadatan di laboratorium biasanya dipadatkan menggunakan tumbukan dan alat penekan. Sedangkan energi pemadatan dilapangan dapat diperoleh dari mesin gilas, alat-alat pemadatan getaran, dan dari benda-benda berat yang dijatuhkan.

Pada kondisi tanah lempung ekspansif pemadatan yang berlebihan akan mengakibatkan pengembangan tanah yang besar jika dibandingkan sebelum dipadatkan (Muntohar, 2009).

Tujuan dari pemadatan adalah untuk memperbaiki sifat-sifat teknis masa tanah. Beberapa keuntungan dari pemadatan tanah (Bowles, 1984) :

1. Berkurangnya penurunan pada permukaan tanah, akibat berkurangnya angka pori tanah.
2. Bertambahnya kekuatan tanah itu sendiri.
3. Berkurangnya penyusutan dan volume tanah akibat berkurangnya kadar air tanah.

Derajat kepadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah. Berat volume tanah kering setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air, dan energi yang diberikan pada penumbuknya. Untuk mencari berat volume kering maksimum dan kadar air optimum dari pemadatan dilakukan uji laboratorium, yaitu uji Proctor.

#### **5. Uji analisis ukuran butiran tanah**

Analisis ukuran butiran tanah didefinisikan sebagai penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Ada dua analisis ukuran butiran tanah yaitu :

### 1. Analisis saringan

Penyaringan merupakan metode yang biasanya secara langsung untuk menentukan ukuran partikel dengan didasarkan pada batas – batas bawah ukuran lubang saringan yang digunakan. Batas terbawah saringan adalah ukuran terkecil untuk partikel pasir (Muntohar, 2009). Analisis saringan biasanya digunakan untuk tanah berbutir kasar. Caranya tanah benda uji disaring pada satu unit saringan standar. Berat tanah yang tertinggal pada masing-masing saringan ditimbang, lalu persentase terhadap berat kumulatif tanah dihitung. Kemudian hasilnya digambarkan pada grafik persentase partikel lolos saringan dengan ukuran partikel tanah.

### 2. Analisis pengendapan

Analisis pengendapan biasanya digunakan untuk tanah berbutir halus. Metode analisis di laboratorium yang biasa digunakan untuk menentukan distribusi ukuran butiran tanah berbutir halus adalah pengujian hidrometer. Analisis hidrometer didasarkan pada prinsip-prinsip pengendapan butiran tanah didalam air. Bila contoh tanah terdispersi didalam air, partikel-partikel mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada ukuran, berat, dan bentuk serta kekentalan air. Partikel-partikel yang lebih besar akan mengendap lebih cepat diikuti dengan partikel-partikel yang lebih kecil (Muntohar, 2009).