

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sri Wahyuni Hutagalung (2016), KAJIAN KUAT TEKAN BEBAS STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN *STABILIZING AGENTS* SERBUK KACA DAN SEMEN. Stabilisasi merupakan usaha memperbaiki tanah. Salah satu stabilisasi tanah yang biasa dilakukan adalah dengan menambahkan bahan kimia. Dalam penelitian ini digunakan bahan pencampur semen dan serbuk kaca. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan tanah yang dicampur dengan semen dan serbuk kaca dengan melakukan uji UCT (*Unconfined Compression Test*) dan mengetahui pengaruh waktu pemeraman terhadap kuat tekan tanah yang distabilisasi. Dari penelitian ini diperoleh jenis tanah termasuk CL (Clay – *Low Plasticity*) berdasarkan klasifikasi USCS dan tergolong A – 6 berdasarkan klasifikasi AASHTO. Material campuran stabilisator paling efektif yaitu variasi campuran 2% PC + 9% SK. Nilai kuat tekan tanah campuran dengan waktu pemeraman (*curing time*) 14 hari lebih besar dibandingkan dengan 1 hari. Nilai kuat tekan tanah campuran pada waktu pemeraman 1 hari sebesar 2,72 kg/cm² dan pada waktu pemeraman 14 hari sebesar 2,79 kg/cm². Dengan naiknya kadar serbuk kaca, kuat tekan bebas selalu naik sampai dengan kadar 2% PC + 9% SK kemudian menurun dan konstan pada serbuk kaca yang lebih tinggi tetapi tetap diatas nilai kuat tekan tanah asli.

Citra Anggie Anggriany (2011), STUDI PENGARUH BAHAN *VIENISON SB* TERHADAP INDEKS PEMAMPATAN (*Cc*) DAN KOEFISIEN KONSOLIDASI (*Cv*) PADA STABILISASI TANAH LEMPUNG. Bangunan di atas tanah lempung sering menimbulkan beberapa permasalahan salah satunya adalah penurunan tanah, sehingga perlu dilakukan stabilisasi tanah untuk memperbaiki sifat-sifat pada tanah. Salah satu cara stabilisasi pada tanah adalah dengan menambahkan bahan aditif pada tanah. Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh bahan aditif berupa *Vienison SB* terhadap parameter-

parameter konsolidasi. Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan pengujian pendahuluan seperti pengujian berat jenis, *Index properties*, *atterberg limit*, dan analisa ukuran butir. Pengujian utama yaitu pengujian konsolidasi pada contoh tanah uji yang tidak dicampur dan contoh tanah uji yang dicampur *Vienison SB* sebanyak 150, 200, 500, dan 1000 gr/lit/m³. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan yaitu, dari pengujian pendahuluan contoh tanah uji merupakan tanah lempung. Pada pengujian utama diperoleh peningkatan nilai C_c tertinggi terjadi pada campuran *Vienison SB* 500 gr/lit/m³ yaitu sebanyak 74 % dari nilai C_c tanah asli. Nilai C_v pada metode akar waktu berkisar antara 1,9-8,4 mm²/min, 0,5-4,8 mm²/min, 0,8116 mm²/min, 1,1-6,3 mm²/min, 0,5-20 mm²/min, 1,0-9,7 mm²/min, dan 0,4-14 mm²/min dengan pembebanan 0,1181 kg/cm², 0,2853 kg/cm², 0,5626 kg/cm², 1,1158 kg/cm², 2,2265 kg/cm², 4,4531 kg/cm², dan 8,9062 kg/cm², dimana nilai C_v tertinggi pada pembebanan tersebut terjadi pada tanah dengan campuran *Vienison SB* sebesar 1000 gr/lit/0,15 m³, 500 gr/lit/0,15 m³, 1000 gr/lit/0,15 m³, 500 gr/lit/0,15 m³, 200 gr/lit/0,15 m³, 500 gr/lit/0,15 m³, dan tanah asli. Nilai C_v pada metode logaritma waktu berkisar antara 0,7-2,3 mm²/min, 0,6-4,5 mm²/min, 0,71,1 mm²/min, 0,6-2,9 mm²/min, 0,4-1,7 mm²/min, 0,5-2,1 mm²/min, dan 0,5-0,8 mm²/min dengan pembebanan 0,1181 kg/cm², 0,2853 kg/cm², 0,5626 kg/cm², 1,1158 kg/cm², 2,2265 kg/cm², 4,4531 kg/cm², dan 8,9062 kg/cm², dimana nilai C_v tertinggi pada pembebanan 0,1181 kg/cm², 0,2853 kg/cm², 0,5626 kg/cm², 1,1158 kg/cm², dan 2,2265 kg/cm² terjadi pada tanah dengan campuran *Vienison SB* sebesar 1000 gr/lit/0,15 m³. Sedangkan pada beban 4,4531 kg/cm², nilai C_v tertinggi terjadi pada tanah asli dan pada pembebanan 8,9062 kg/cm² nilai C_v tertinggi terjadi pada tanah dengan campuran sebanyak 500 gr/lit/0,15 m³.

Anissa Resmawan (2016) PENGARUH CAMPURAN PASIR DAN LIMBAH KARBIT TERHADAP PARAMETER PENURUNAN TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN UJI CBR DAN KONSOLIDASI DENGAN PEMADATAN LABORATORIUM. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan campuran limbah karbit dan pasir pada tanah lempung terhadap nilai pengembangan (*swelling*), nilai *California Bearing Ratio* (CBR), dan nilai Konsolidasi tanah lempung. Metode penelitian ini menggunakan metode

eksperimen yaitu dengan mencampur tanah lempung dengan bahan tambah yaitu limbah karbit dan pasir untuk mengetahui nilai pengembangan tanah (*Swelling*), CBR untuk mengetahui daya dukung tanah serta pengujian Konsolidasi untuk mengetahui nilai penurunan tanah dengan parameter nilai C_c , C_r , dan C_v . Sedangkan pada pengujian awal tanah lempung terdiri dari uji kadar air, berat jenis, batas-batas Atterberg dan Distribusi ukuran butir. Berdasarkan hasil analisa data penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan menambahkan campuran limbah karbit dan pasir pada tanah lempung maka nilai pengembangan tanah (*swelling*) menurun serta nilai CBR dan Konsolidasi tanah lempung semakin meningkat. Nilai pengembangan tanah pada kadar 0 %, 5 %, 10 % dan 15 % secara berurutan 1,9 %; 0,22 %; 0,19 %; dan 0,008 %. Nilai CBR *Soaked* terbaik tanah terdapat pada campuran 5 % dengan nilai penetrasi 0,1" dan 0,2" adalah 9,08 dan 6,32. Nilai CBR *Unsoaked* terbaik tanah terdapat pada campuran 15% dengan nilai penetrasi 0,1" dan 0,2" adalah 15,26 dan 12,59. Sedangkan nilai indeks pemampatan (C_c) terkecil pada kadar campuran 15% yaitu 0,133 dan tertinggi pada kadar 5% yaitu 0,45. Nilai koefisien pengembangan (C_r) terkecil terdapat pada campuran 10% yaitu 0,11 dan terbesar 0% yaitu 0,036. Nilai koefisien konsolidasi (C_v) terbesar pada campuran 0% yaitu 0,42 cm²/menit dan terkecil 15% yaitu 0,02 cm²/menit.

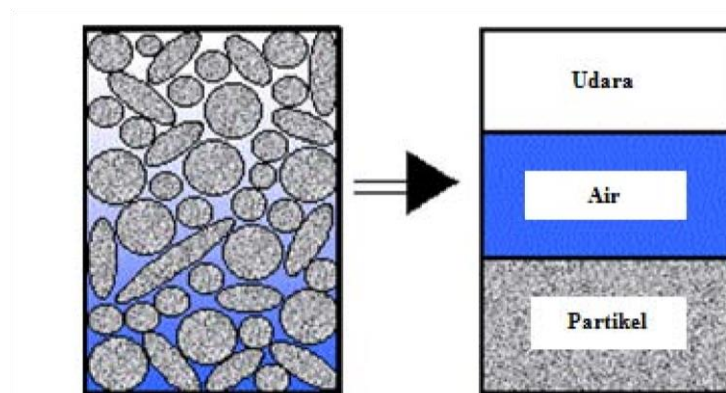
Arifin B (2008) PENGARUH ABU SABUT KELAPA TERHADAP KOEFISIEN KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG. Penelitian ini bertujuan memeriksa pengaruh penambahan abu sabut kulit kelapa terhadap perubahan nilai koefisien konsolidasi (C_c) tanah lempung. Abu sabut kulit kelapa (ASK) yang digunakan lolos saringan No.200, tanah lempung yang diuji memiliki plastisitas lebih besar dari 15 %. Sifat yang diperiksa adalah perubahan Batas Cair (LL) untuk mendapatkan hubungannya dengan perubahan nilai C_c . Proporsi rancangan campuran adalah 1%, 2%, 3%, 4%, dan 6% berat abu sabut kelapa terhadap berat kering tanah lempung, kemudian disimulasikan dengan pengujian lain dimana setiap proporsi tersebut ditambahkan campuran semen portland sebesar 3%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran abu sabut kelapa dan semen portland (ASK 6% + PC 3%) dapat menurunkan nilai C_c sebesar 5,23% dari kondisi asli yaitu 0,495 menjadi 0,470, serta untuk Abu sabut kelapa

sendiri mampu menurunkan nilai C_c tanah asli sebesar 3,12% yaitu dari 0,495 menjadi 0,480.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Tanah

Tanah menurut Braja M. Das (1995) didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Definisi tanah tersebut dapat digambarkan seperti Gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram fase tanah (Das, 1995)

Butiran-butiran mineral yang membentuk bagian padat dari tanah merupakan hasil pelapukan dari batuan. Ukuran setiap butiran padat tersebut sangat bervariasi dan sifat-sifat fisik dari tanah banyak tergantung dari faktor-faktor ukuran, bentuk, dan komposisi kimia dari butiran.

Tanah dapat dibagi atas beberapa jenis pengelompokan tanah yaitu berdasarkan ukuran partikel tanah, campuran butiran dan sifat lekatannya. Berdasarkan ukuran partikelnya, tanah terdiri dari salah satu atau seluruh jenis partikel berikut ini:

1. Kerikil (*gravel*) yaitu kepingan batuan yang kadang juga partikel mineral quartz dan feldspar yang berukuran lebih besar dari 2 mm.

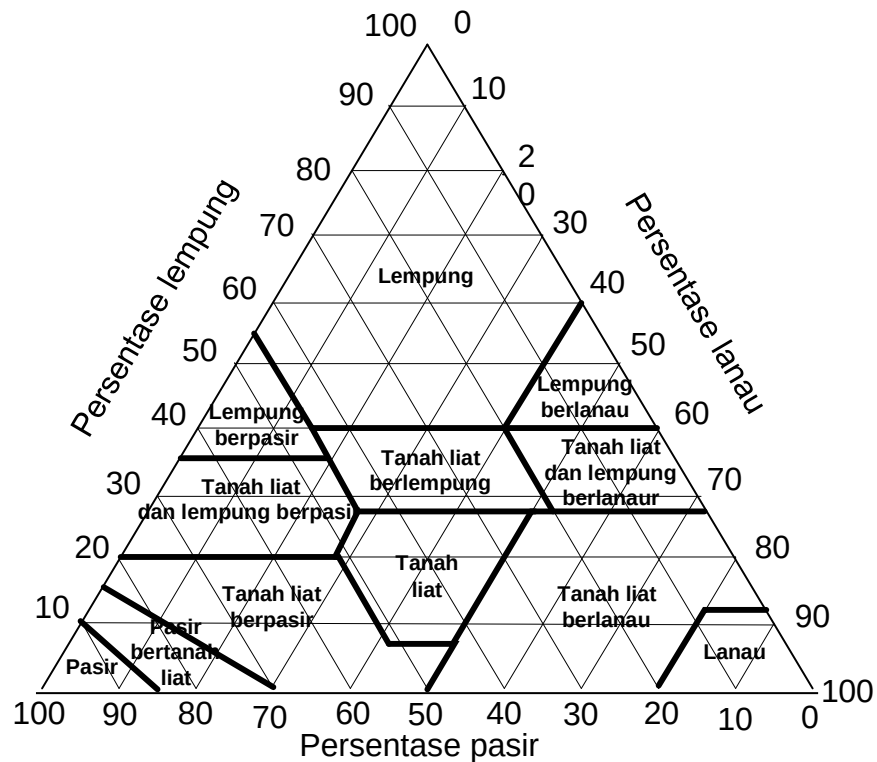
2. Pasir (*sand*) yaitu sebagian besar mineral quartz dan feldspar yang berukuran antara 0,06 mm sampai 2 mm.
3. Lanau (*silt*) yaitu sebagian besar fraksi mikroskopis (yang berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran quartz yang sangat halus dan dari pecahan-pecahan mika yang berukuran dari 0,002 sampai 0,06 mm.
4. Lempung (*clay*) yaitu sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis (berukuran sangat kecil) dan sub-mikroskopis (tak dapat dilihat, hanya dengan mikroskop) yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm (2 mikron).

2.2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur

Dalam arti umum, yang dimaksud dengan tekstur tanah adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan. Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada didalam tanah. Gambar 2.2 membagi tanah dalam beberapa kelompok yaitu kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*), dan seterusnya.

Beberapa sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah telah dikembangkan sejak dulu oleh berbagai organisasi guna memenuhi kebutuhan mereka sendiri, dari sistem-sistem tersebut masih tetap dipakai sampai saat ini. Gambar 2.2 menunjukkan sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA). Sistem ini didasarkan pada sistem distribusi ukuran butiran tanah yang membagi tanah dalam beberapa kelompok yaitu:

- a. Pasir : butiran dengan diameter 2,0 mm sampai 0,05 mm
- b. Lanau : butiran dengan diameter 0,05 mm sampai 0,002 mm
- c. Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm



Gambar 2.2 Klasifikasi berdasarkan tekstur oleh USDA
(Sumber : Mekanika Tanah I (Braja M.Das, 1995))

2.2.3 Tanah Lempung

Tanah lempung terdiri sekumpulan partikel-partikel mineral lempung dan pada intinya adalah hidrat aluminium silikat yang mengandung ion-ion Mg, K, Ca, Na dan Fe. Mineral-mineral lempung digolongkan kedalam empat golongan besar yaitu *kaolinit*, *smectit* (montmorillonit), *illit* (mika hidrat) dan *chlorite*. Mineral-mineral lempung ini merupakan produk pelapukan batuan yang terbentuk dari penguraian kimiawi mineral-mineral silikat lainnya dan selanjutnya terangkut ke lokasi pengendapan oleh berbagai kekuatan (Dedi Setiawan, 2015).

Tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus diantaranya kemampatan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi, dan mempunyai gaya geser yang kecil. Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1999):

- Ukuran butir halus (kurang dari 0,002 mm)
- Permeabilitas rendah
- Kenaikan air kapiler tinggi
- Bersifat sangat kohesif

- e. Kadar kembang susut yang tinggi
- f. Proses konsolidasi lambat

Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum dari pada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo, 1999).

2.2.4 Kaca

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika kaca merupakan zat cair yang sangat dingin karena struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair. Namun, kaca sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya (Dian, 2011).



Gambar 2.3 Pecahan Kaca Menjadi Serbuk

Kaca merupakan salah satu limbah anorganik yang mempunyai kandungan silika yang tinggi (Tabel 2.1). Kaca yang kaya kandungan silika dapat digunakan sebagai bahan untuk stabilisasi tanah secara kimiawi. Silika pada kaca dapat berfungsi sebagai bahan pengikat (*binder*) pada tanah, karena silika ini akan menghasilkan reaksi *pozzolanic* dengan tanah. Reaksi *pozzolanic* merupakan reaksi antara silika dan kalsium hidroksida bebas dengan tanah. Kaca juga memiliki nilai specific gravity yaitu 2,65 (sumber : Sri Wahyuni Hutagalung, 1995). Selain itu serbuk kaca memiliki ukuran yang sangat halus yang dapat berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) pada rongga - rongga tanah.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Kaca Berbagai Warna

No	Komponen	% Hasil
1	SiO ₂	90.06
2	Al ₂ O ₃	2.78
3	MgO	0.00
4	Fe ₂ O ₃	0.01

Sumber : Sri Wahyuni Hutagalung (*Skripsi*) 2016

2.2.5 Sifat Fisik Tanah

2.2.5.1 Uji Kadar Air (*Water Content Test*)

Pengujian kadar air (*Water Content Test*) adalah merupakan serangkaian pengujian untuk memeriksa banyaknya air dalam suatu contoh tanah yang dinyatakan dalam persen.

Rumus yang digunakan :

$$w = \frac{\text{berat air}}{\text{berat tanah kering oven}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

$$w = \frac{WW - DW}{DW - TW} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

$$\dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

WW = Berat tanah basah + cawan (gr)

DW = Berat tanah kering + cawan (gr)

TW = Berat cawan (gr)

w = Kadar air (%)

W_w = Berat air (gr)

W_s = Berat tanah kering (gr)

2.2.5.2 Uji Berat Jenis Butir Tanah

Pengujian untuk menentukan berat jenis butir dari suatu contoh tanah, yang merupakan hasil bagi antara berat contoh tanah kering open dengan volume butir-butir tanah tersebut diatas. Besarnya volume butir-butir tanah diukur dengan air atau air distilasi pada suhu 15⁰ C.

Rumus yang digunakan :

$$W_a = \frac{G_T (\gamma_w \text{ pada } T \text{ } ^\circ\text{C})}{G_{T'} (\gamma_w \text{ pada } T' \text{ } ^\circ\text{C})} \times (W_{a'} - W_f) + W_f \dots\dots\dots(2.4)$$

$$G_s (T^0 \text{ } ^\circ\text{C}) = \frac{W_o}{W_o + W_a - W_b} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$G_s (15^0 \text{ } ^\circ\text{C}) = K (15^0 \text{ } ^\circ\text{C}) \times G_s (T^0 \text{ } ^\circ\text{C}) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

G_T (γ_w pada T °C) = Berat volume air pada suhu T (gr/cm³)

G_{T'} (γ_w pada T' °C) = Berat volume air pada suhu T' (gr/cm³)

W_{a'} = Berat piknometer + berat air yang
Memenuhinya pada suhu 15⁰C

W_a = Berat piknometer + berat air yang
memenuhinya pada suhu T⁰ °C (gr)

Wf	= Berat piknometer (gr)
Wo	= Berat tanah (gr)
Wb	= Berat piknometer + tanah + air (gr)
G _s (T° C)	= Berat jenis butir pada suhu T° C
K (15° C)	= Konstanta atau koefisien pada suhu 15° C
G _s (15° C)	= Berat jenis butir pada suhu 15° C

2.2.5.3 Uji Gradasi Butir Tanah

Pengujian / percobaan untuk menentukan klasifikasi tanah dari ukuran-ukuran butirnya, mulai dari diameter 0,001 mm (Colloid) sampai dengan diameter 50,8 mm (Gravel). Ada dua tahapan pengujian, tahap pertama bagian kasar (coarser part), menggunakan ayakan (sieve) dari ukuran lubang 2,00 mm sampai dengan ukuran lubang 50,8 mm, tahap kedua bagian halus (finer part) dibagi dua cara pula, cara pertama menggunakan ayakan (sieve) dari ukuran lubang 0,074 mm sampai dengan lubang 2,00 mm, cara kedua dengan analisa kecepatan pengendapan butir-butir tanah, menggunakan alat ukur Berat Jenis cairan (hydrometer) untuk diameter butir tanah yang lebih kecil dari 0,074 mm. Penggambaran kurva gradasi butiran dari hasil percobaan untuk menentukan klasifikasi butir tanah.

Rumus yang digunakan :

$$Px' = \frac{W_{ox}}{W} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Px = 100\% - Px' \dots\dots\dots(2.8)$$

$$d = \sqrt{\frac{L}{T} \times \frac{30\eta}{980(G_s - G_T) \times \gamma_w}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

Px' = Banyaknya butir-butiran tanah yang tertinggal dimasing-masing ayakan dalam persen (%)

W_{ox} = Berat tanah kering yang tertinggal pada masing-masing Ayakan (gr)

W = Berat total tanah kering open (gr)

Px = Banyaknya butir-butir tanah yang lolos ayakan dalam persen (%)

D = Diameter butir (mm)

L = Jarak tempuh butir (cm)

T = Waktu tempuh / pembacaan (menit)

G_s = BD butiran

G_T = BD air pada suhu $T^{\circ}C$

η = Viscositas

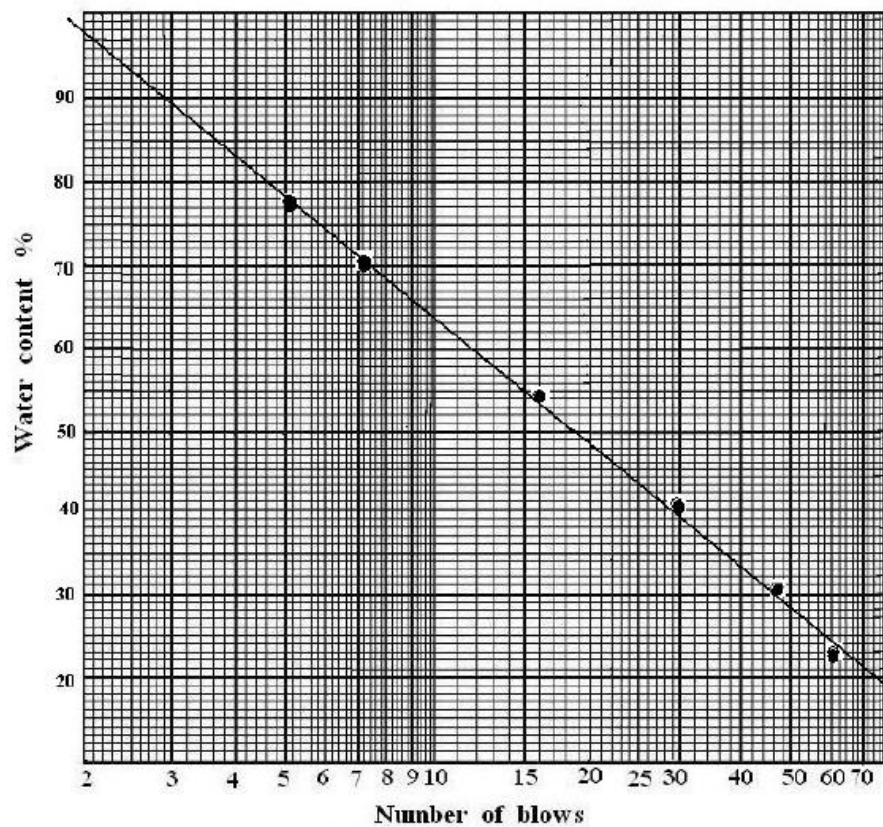
γ_w = BD air pada suhu $40^{\circ} C$

2.2.5.4 Uji Atterberg

Pengujian Atterberg dibagi menjadi 3 pengujian yaitu :

- Pengujian Batas Cair Tanah
- Pengujian Batas Plastis tanah
- Pengujian Batas Susut Tanah

Pengujian batas cair tanah adalah Pengujian atau percobaan untuk menentukan besarnya kadar air pada batas antara kondisi tanah plastis menjadi cair (w_l) dalam persen. Tanah dikatakan pada batas cair, apabila tanah (dalam cawan kuning), yang sudah dibentuk alur (tanah hasil goresan atau barutan) dapat merapat atau berimpit kembali sepanjang ± 1 Cm pada ketukan ke 25 ($N=25$).



Gambar 2.4 Gambar Grafik Pengujian Batas Cair Tanah
(Sumber: Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah 1 2016)

Penentuan batas cair tanah (w_l) yaitu nilai kadar air pada ketukan ke 25 ($N=25$).

Pengujian batas plastis tanah adalah pengujian untuk menentukan batas besarnya kadar air , pada contoh tanah, dari kondisi semi plastis menjadi plastis dalam persen. Tanah dikatakan pada batas plastis (wp), apabila tanah tersebut mulai menunjukkan patah-patah sepanjang $\pm 1,5$ Cm dengan $\varnothing$ 3 mm, pada saat dilakukan penggilingan atau memilin-milin tanah tersebut, dengan telapak tangan diatas plat kaca plastic limit. Nilai batas platis (wp) didapatkan dari nilai rata-rata kadar air tanah yang sudah dikatakan pada batas plastis.

Dari pengujian batas cair tanah (wl) dan pengujian batas plastis tanah (wp) akan didapatkan nilai *plastic index* (PI). *Plastic index* adalah interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Nilai *plastic index* (PI) adalah selisih antara nilai batas cair tanah dengan nilai batas plastis tanah.

Rumus yang digunakan :

$$\boxed{PI = wl - wp} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

PI = Plastic Index

wl = Batas cair tanah

wp = Batas plastis tanah

Pengujian batas susut tanah adalah pengujian untuk menentukan besarnya batas kadar air tanah, disaat volumenya tidak berkurang lagi, walaupun kadar airnya dikurangi terus sampai kering atau pada saat kondisi semi plastis menjadi non plastis, kering atau kaku. Dari hasil pengujian akan didapatkan nilai batas susut tanah (ws).

Rumus yang digunakan :

$$\boxed{V = \frac{\text{Berat Air Raksa Dalam Dish}}{\text{Berat Jenis Air Raksa}}} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\boxed{V_o = \frac{\text{Berat Air Raksa Tumpah}}{\text{Berat Jenis Air Raksa}}} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\boxed{ws = w - \left\{ \frac{(V - V_o) \times \gamma_w}{W_s} \times 100\% \right\}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

V_o = Volume tanah kering (cm^3)

V_s = Volume tanah kering (cm^3)

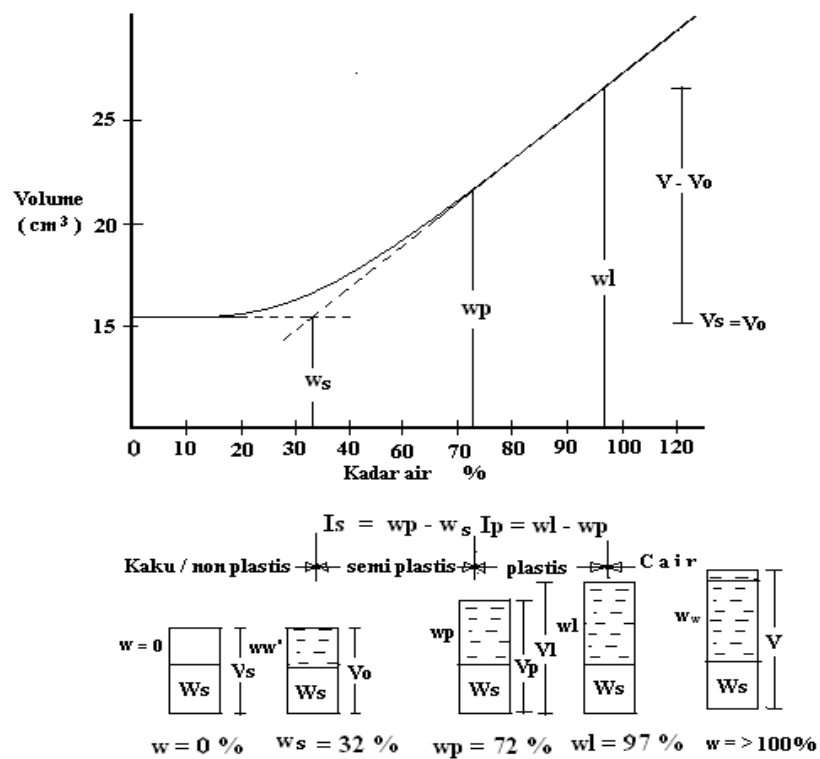
V = Volume tanah basah (cm^3)

w_s = Kadar air batas susut (%)

w = Kadar air (%)

W_s = Berat butir tanah kering (gr)

γ_w = Berat volume air pada suhu 4°C



Gambar 2.5 Gambar Proses Terjadinya Shrinkage

(Sumber: Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah 1 2016)

2.2.6 Konsolidasi Tanah

2.2.6.1 Pengertian

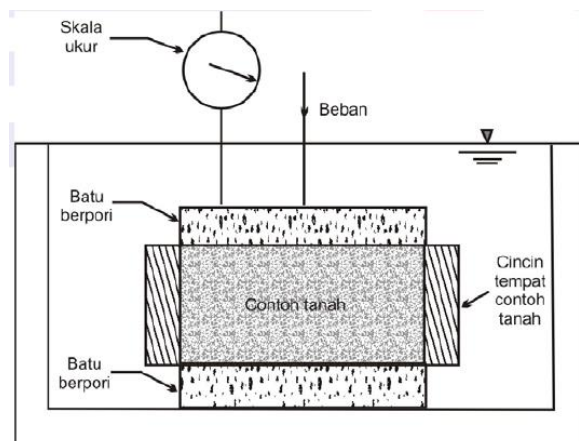
Konsolidasi adalah suatu proses pemampatan tanah yang terjadi akibat adanya pembebanan dalam jangka waktu tertentu, sehingga menyebabkan mengalirnya air keluar dari ruang pori (perubahan volume tanah akibat keluarnya air pori disebabkan oleh peningkatan tekanan air pori dalam lapisan jenuh air yang mengalami pembebanan sampai terjadi kondisi seimbang) (SNI 2812:2011). Bilamana suatu lapisan tanah jenuh air diberi penambahan beban, angka tekanan air pori akan naik secara mendadak. Pada tanah berpasir yang sangat tembus air (*permeable*). Air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air pori keluar sebagai akibat dari kenaikan tekanan air pori dapat selesai dengan cepat. Keluarnya air pori dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah, berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah itu (Braja M.Das, 1995).

Penurunan konsolidasi adalah proses yang bergantung pada waktu yang muncul pada tanah berbutir halus yang jenuh dan memiliki nilai koefisien permeabilitas yang kecil. Sehingga tingkat dari *settlement* sangat bergantung pada tingkat drainase air porinya. Pada umumnya konsolidasi ini berlangsung dalam satu arah saja atau disebut juga *one dimensional consolidation*. Pergerakan dalam arah horizontal dapat diabaikan, karena tertahan oleh lapisan tanah sekelilingnya. Selama peristiwa konsolidasi berlangsung, tanah akan mengalami penurunan. Dua hal yang penting mengenai penurunan adalah besarnya penurunan yang terjadi dan kecepatan penurunan tersebut.

2.2.6.2 Uji Pemampatan Tanah (*Consolidation Test*)

Dalam desain struktur tanah sering dilakukan analisis stabilitas dan penurunan tanah dengan menggunakan parameter-parameter tanah baik tegangan total maupun tegangan efektif. Peralatan uji ini antara lain sel konsolidasi yang berdasarkan *oedometer* konvensional dengan lengan beban pada peralatan konvensional. Mengingat diperlukannya koefisien pemampatan dan koefisien konsolidasi untuk perhitungan kecepatan penurunan maupun penurunan total bangunan. Tujuan dari pengujian pemampatan tanah ini adalah

untuk memperoleh parameter koefisien pemampatan (m_v), koefisien konsolidasi (c_v), koefisien kelulusan air (k), indeks pemampatan (c_c), dan hubungan antara waktu dan penurunan kumulatif benda uji tanah tidak terganggu maupun terganggu yang akan digunakan untuk keperluan analisis perhitungan, baik kecepatan penurunan maupun penurunan total bangunan atau timbunan.



Gambar 2.6 Gambar Konsolidometer (oedometer)

(Sumber : SNI 2812:2011 Cara Uji Konsolidasi Tanah Satu Dimensi)

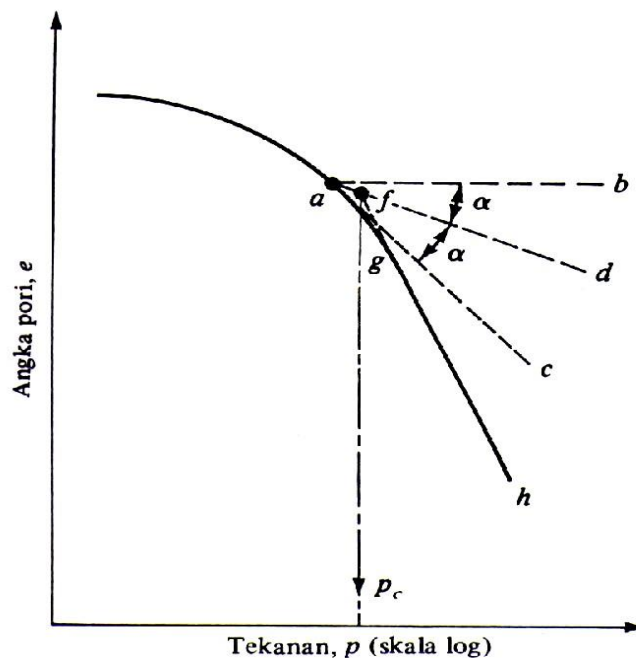
2.2.6.3 Parameter Konsolidasi

2.2.6.3.1 Nilai Indeks Pemampatan (C_c)

Nilai indeks pemampatan (C_c) yang digunakan untuk menghitung besarnya penurunan yang terjadi di lapangan sebagai akibat dari konsolidasi dapat ditentukan dari kurva yang menunjukkan hubungan antara angka pori dan tekanan yang didapat dari uji konsolidasi satu dimensi di laboratorium. Untuk menentukan nilai C_c , sebelumnya kita perlu menentukan terlebih dahulu besarnya tekanan prakonsolidasi. Menurut Casagrande (1936) dalam Braja M. Das (1995), suatu cara yang mudah untuk menentukan besarnya tekanan prakonsolidasi (p_c), dengan berdasarkan grafik angka pori (e) terhadap $\log p$ yang digambar dari hasil percobaan konsolidasi di laboratorium (sumber : Mekanika Tanah jilid 1 Das, Braja M.1995).

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Dengan melakukan pengamatan secara visual pada grafik, tentukan titik a dimana grafik e versus $\log p$ memiliki jari-jari kelengkungan yang paling minimum
2. Gambar garis datar ab
3. Gambar garis singgung ac pada titik a
4. Gambar garis ad yang merupakan garis bagi sudut bac
5. Perpanjang bagian grafik e versus $\log p$ yang merupakan garis lurus sehingga memotong garis ad dititik f
6. Absis untuk titik f adalah besarnya tekanan prakonsolidasi (p_c)



Gambar 2.7 Gambar Penentuan Tekanan Prakonsolidasi
(Sumber : Mekanika Tanah jilid 1 Das, Braja M.1995)

Setelah mendapatkan harga tekanan prakonsolidasi, maka harga C_c dapat ditentukan dengan menggunakan prinsip sebagai berikut:

- Dari grafik e vs $\log p$ dicari bagian grafik yang paling linear pada bagian dimana tanah sudah melewati tekanan prakonsolidasi.
- Diambil dua titik ujung pada grafik yang paling linear tersebut
- Mengaplikasikan kedalam rumus

Rumus yang digunakan :

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

.....(2.14)

$$hd = \frac{W_2}{A \cdot G_s}$$

.....(2.15)

$$e_o = \frac{(h_o - hd)}{hd}$$

.....(2.16)

$$F = \frac{1 + e_o}{h_o}$$

.....(2.17)

$$\Delta e = F \cdot \Delta H$$

.....(2.18)

$$e = e_o - \Delta e$$

.....(2.19)

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log \left(\frac{p_2}{p_1} \right)}$$

.....(2.20)

Dimana :

hd : tinggi sampel tanah kering (cm)

W₂ : berat tanah kering (gr)

D : diameter sampel (cm)

A : luas sampel (cm²)

G_s : berat jenis tanah (gr/cm³)

e_o : angka pori tanah semula

h_o : tinggi sampel tanah (cm)

Δe : perubahan kumulatif nilai banding ruang

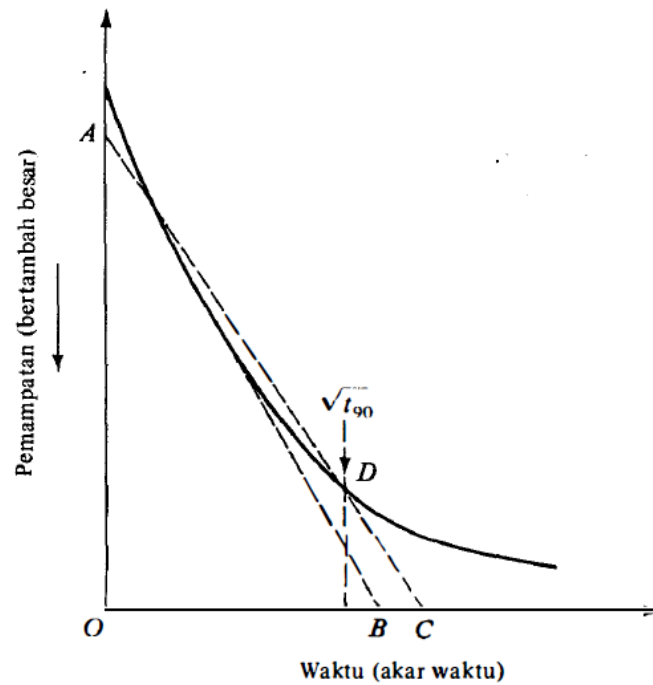
F : factor perubahan angka pori (cm⁻¹)

- ΔH : perubahan kumulatif tinggi sampel tanah (cm)
- e : nilai angka pori setelah pembebanan
- C_c : indeks pemampatan (cm^2/detik)
- e_1 : nilai angka pori pada ujung pertama grafik yang paling linear
- e_2 : nilai angka pori pada ujung kedua grafik yang paling linear
- p_1 : nilai tekanan pada nilai e_1 (kg/cm^2)
- p_2 : nilai tekanan pada nilai e_2 (kg/cm^2)

2.2.6.3.2 Nilai Koefisien Konsolidasi (C_v)

C_v merupakan nilai koefisien konsolidasi yang terjadi pada sebuah tanah. Nilai dari C_v ini akan sangat dibutuhkan untuk mencari waktu dan juga tingkat penurunan konsolidasi yang akan terjadi untuk kedepannya. Koefisien konsolidasi (C_v) biasanya akan berkurang dengan bertambahnya batas cair dari tanah. Untuk suatu penambahan beban yang diberikan pada suatu contoh tanah, ada dua metode grafis yang umum dipakai untuk menentukan nilai C_v dari uji konsolidasi satu dimensi di laboratorium. Pada penelitian ini menggunakan metode yang dinamakan metode akar waktu (*square root of time*) yang diperkenalkan oleh Taylor (1942). Sebelum menentukan nilai C_v maka harus mendapatkan nilai t_{90} .

Kemampumampatan Tanah



Gambar 2.8 Metode Akar-waktu (*square root of time method*)

(Sumber : Mekanika Tanah jilid 1 Das, Braja M.1995)

Prosedur menentukan nilai t_{90} sebagai berikut:

1. Gambar suatu garis AB melalui bagian awal dari kurva
2. Gambar suatu garis AC dari panjang OC. Panjang nilai OC adalah 1,15 dikali dengan panjang nilai OB.
3. Absis titik D merupakan perpotongan antara garis AC dan kurva konsolidasi, memberikan harga akar waktu untuk tercapainya konsolidasi 90%.

Setelah mendapatkan nilai t_{90} maka bisa mendapatkan nilai C_v dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

Rumus yang digunakan :

$$H = h_o - \Delta H$$

.....(2.21)

$$Hr = \frac{H_1 + H_2}{2}$$

.....(2.22)

$$C_v = \frac{0.848 \times H_r^2}{t_{90}} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

ho : tinggi benda uji awal (cm)

ΔH : perubahan kumulatif tinggi sampel tanah (cm)

H : tinggi benda uji setelah pembebanan (cm)

Cv : koefisien konsolidasi (cm²/detik)

Hr : tinggi benda uji rata-rata (cm)

H1 : tinggi pada awal percobaan (cm)

H2 : tinggi pada akhir percobaan (cm)

t₉₀ : waktu yang diperlukan untuk penurunan sampai dengan 90%