

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah

Tanah adalah benda alami yang terdapat di permukaan bumi yang tersusun dari bahan-bahan mineral sebagai hasil pelapukan batuan dan bahan organik “pelapukan sisa tumbuhan dan hewan” yang merupakan medium pertumbuhan tanaan dengan sifat-sifat tertentu yang terjadi akibat gabungan dari faktor-faktor alami, iklim, bahan induk, jasad hidup, bentuk wilayah dan lamanya waktu pembentukan (Sarief, E.S., 1986). Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). (Hardiyatmo, 2002).

Tanah dapat digolongkan menjadi tiga jenis atau kategori berdasarkan sifat lekatnya, yaitu tanah non kohesif, tanah kohesif, dan tanah organik. Pada tanah non kohesif, antar butirannya saling lepas (tidak ada ikatan), pada tanah kohesif butirannya sangat halus dan saling mengikat, sedangkan tanah organik punya ciri tanahnya remah dan mudah ditekan (*compressible*). Tanah organik tidak baik untuk dasar bangunan. Yang termasuk tanah non kohesif, antara lain kerikil, pasir, dan lumpur. Kerikil punya ukuran butiran lebih besar dari 5 mm, ukuran butiran pasir berkisar antara 0,1 mm – 5 mm. Baik pasir maupun kerikil dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu kerikil/pasir kasar dan halus. Ukuran butiran lumpur berkisar antara 0,005 mm – 0,1 mm. Jenis tanah kohesif yang banyak ditemui adalah lempung (*clay*) dengan ukuran butiran sekitar 0,005 mm. (Surendro, B., 2015).

2.1.1 Tanah Lempung

Tanah lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang

berukuran kurang dari 0,002 mm (2 mikron). Namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung (ASTM D-653). Tanah diklasifikasikan sebagai lempung berdasarkan pada ukurannya. Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung (*clay minerals*). Dari segi mineral (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung dan mineral lempung yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah tersebut bila dicampurkan dengan air.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung (Hardiyatmo, 1999) adalah sebagai berikut:

- Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm
- Permeabilitas rendah
- Kenaikan air kapiler tinggi
- Bersifat sangat kohesif
- Kadar kembang susut yang tinggi
- Proses konsolidasi lambat

2.1.2 Susunan tanah lempung

Proses pelapukan tanah akibat reaksi kimia yang kemudian menghasilkan susunan kelompok partikel yang berdiameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung. Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus, sehingga lempung mempunyai sifat yang dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Terdapat 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Di antaranya terdiri dari kelompok-kelompok: *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *olygorskite* terdapat juga kelompok yang lain, Misalnya: *chlorite*, *vermiculite*, dan *halloysite*. Susunan tanah lempung kebanyakan terdiri dari *silika tetrahedra* dan *aluminium oktahedra*. *Silika* dan *aluminium* secara parsial dapat digantikan oleh elemen yang lain dalam kesatuannya, keadaan ini dikenal sebagai *substitusi isomorf*. Kombinasi susunan dari kesatuan dalam bentuk susunan lempeng simbol. Berbagai macam lempung

terbentuk oleh kombinasi tumpukan dari susunan lempeng dasarnya dengan bentuk yang berbeda-beda.

Kaolinite merupakan mineral dari kelompok kaolin, terdiri dari susunan satu lembar silica tetrahedral dengan satu lembar aluminium oktahedra, dengan satuan susunan setebal 7,2 AO (1 angstrom (AO) = 10⁻¹⁰ m). Kedua lembaran terikat bersama-sama, sedemikian hingga ujung dari lembaran silica dan satu lapisan lembaran silica dan aluminium, keduanya terikat oleh hidrogen. Pada keadaan tertentu, partikel *kaolinite* mungkin memiliki berlapis-lapis tumpukan yang sukar di pisahkan. Jadi, mineral ini lebih stabil dan air tidak dapat masuk diantara lempengan, *Halloysite* hampir sama dengan *kaolinite*, namun lebih acak ikatannya dan dapat dipisahkan oleh lapisan tunggal molekul air. Jika lapisan tunggal air menghilang oleh karena proses penguapan, mineral ini akan berubah reaksinya.

Maka, sifat tanah berbutir halus yang mengandung *halloysite* akan berubah jika tanah dipanaskan sampai menghilangkan lapisan tunggal molekul airnya. Sifat khusus lain adalah bentuk partikelnya menyerupai silinder-silinder memanjang, tidak seperti *kaolinite* yang berbentuk pelat-pelat. *Montmorillonite*, disebut juga *smectite*, adalah mineral yang dibentuk oleh dua lembar silica dan satu lembar aluminium (gibbsite). Lembaran oktahedra terletak di antara dua lembaran silika dengan ujung tetrahedral tercampur dengan hidroksil dari lembaran oktahedra untuk membentuk satu lapisan aluminium oleh magnesium. Karena adanya gaya ikatan Van der Waals yang lemah di antara ujung lembaran silika dan terdapat kekurangan muatan negatif dalam lembaran oktahedra, air dan ion-ion yang berpindah-pindah dapat masuk dan memisahkan lapisannya, jadi kristal *montmorillonite* sangat kecil, tapi pada waktu tertentu mempunyai gaya tarik yang kuat terhadap air. Tanah-tanah yang mengandung *montmorillonite* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air. Tekanan pengembangan yang dihasilkan dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan raya. *Illite* adalah bentuk mineral lempung yang terdiri dari mineral-mineral kelompok *illite*. Bentuk susunan dasarnya terdiri dari sebuah lembaran aluminium oktahedra yang terikat diantara dua lembaran silika tetrahedra.

Dalam lembaran oktahedra, terdapat substitusi parsial aluminium oleh magnesium dan besi, dan dalam lembaran tetrahedra terdapat pula substitusi silikon oleh aluminium. 8 Lembaran-lembaran terikat bersama-sama oleh ikatan lemah ion-ion kalium yang terdapat di antara lembaran-lembarannya. Ikatan-ikatan dengan ion kalium (K^+) lebih lemah daripada ikatan hidrogen yang mengikat satuan kristal *kaolinite*, tapi sangat lebih kuat daripada ikatan ionik yang membentuk kristal *montmorillonite*. Susunan *illite* tidak mudah mengembang oleh air di antara lembaran-lembarannya. (Christady, H. H., 1992)

2.1.3 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi tanah secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Sistem klasifikasi bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat-sifat mekanis dan geoteknis tanah. Karenanya, tetapi klasifikasi tanah bukanlah satu-satunya cara yang digunakan sebagai dasar perencanaan dan perancangan konstruksi. Pada awalnya, metode klasifikasi yang banyak digunakan adalah pengamatan secara kasatmata (*visual identification*) melalui pengamatan tekstur tanah.

Selanjutnya, ukuran butiran tanah dan plastisitas digunakan untuk identifikasi jenis tanah. Karakteristik tersebut digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasinya. Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah adalah *Unified Soil Classification System* (USCS). Sistem ini didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitasnya. Disamping itu, terdapat sistem lainnya yang juga dapat digunakan dalam identifikasi tanah seperti yang dibuat oleh *American Association of State Highway and Transportation Officials Classification* (AASHTO), *British Soil Classification System* (BSCS), dan *United State Department of Agriculture* (USDA). Dalam penelitian ini menggunakan klasifikasi tanah berdasarkan USCS dan AASHTO.

Sistem ini diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation (USBR)* dan *United State Army Corps of Engineer (USACE)*. Kemudian *American Society for Testing and Materials (ASTM)* telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik. Tanah diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*) yang terdiri atas kerikil dan pasir kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No. 200 ($F_{200} < 50$). Simbol kelompok diawali dengan G untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil (*gravelly soil*) atau S untuk pasir (*sand*) dan tanah berpasir (*sandy soil*).
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soils*) lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200 ($F_{200} \geq 50$). Simbol diawali dengan M untuk tanah anorganik (*anorganic silt*), atau C untuk lempung anorganik (*anorganic clay*), atau O untuk lanau dan lempung organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi. Simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi adalah W untuk gradasi baik (*well graded*), P gradasi buruk (*poorly graded*), L plastisitas rendah (*low plasticity*) dan H plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Sistem klasifikasi AASHTO ini berguna untuk menentukan kualitas tanah guna menentukan lapis dasar (*subbase*) di pekerjaan jalan dan tanah dasar (*subgrade*). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud aslinya. Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai A-7. Tanah yang terklasifikasikan dalam kelompok A-1, A-2, dan A-3 merupakan tanah granuler yang memiliki partikel yang lolos saringan No. 200 kurang dari 35%. Tanah yang lolos saringan No. 200 lebih dari 35% diklasifikasikan dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Tanah-tanah dalam kelompok ini biasanya merupakan jenis tanah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi menurut AASHTO disajikan yang mana didasarkan pada kriteria sebagai berikut:

1. Kerikil: fraksi yang lolos saringan ukuran 75 mm (3 in) dan tertahan pada saringan No. 10.

2. Pasir: fraksi yang lolos saringan No. 10 (2 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm).
 3. Lanau dan lempung: fraksi yang lolos saringan No. 200. 2. Plastisitas: tanah berbutir halus digolongkan lanau bila memiliki indek plastisitas, $PI \leq 10$ dan dikategorikan sebagai lempung bila mempunyai indek plastisitas, $PI \geq 11$
- Gambar 2.2 memberikan grafik plastisitas untuk klasifikasi tanah kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.

Perhatikan bahwa A-8, gambut dan rawang ditentukan dengan klasifikasi visual dan tidak diperlihatkan dalam tabel.

Klasifikasi umum	Bahan-bahan (35% atau kurang melalui No. 200)							Bahan-bahan lanau-lempung (Lebih dari 35% melalui No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5; A-7-6:
Analisis saringan: Persen melalui: No. 10 No. 40 No. 200	50 maks. 30 maks. 15 maks.	50 maks. 25 maks.	51 maks. 10 maks.	35 maks.	35 maks.	35 maks.	35 maks.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Karakteristik fraksi melalui No. 40 Batas cair: Indeks plastisitas	6 maks.		N.P.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 11 min.	41 maks. 10 maks.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 10 min.	41 maks. 11 min.
Indeks kelompok	0		0	0			4 maks.	8 maks.	12 maks.	16 maks.	20 maks.
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batuan, kerikil, dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Tingkatan umum sebagian tanah dasar	Sangat baik sampai baik							sedang sampai buruk			

Untuk : A-7-5 : PI LL – 30 NP = Non plastis
Untuk : A-7-6 : PI LL – 30

Gambar 2.1. Grafik plastisitas untuk klasifikasi tanah sistem AASHTO (Sumber: Das,1994)

2.2. Kapur

Pengertian kapur sebagai bahan stabilisasi mengacu pada mineral kapur berupa kalsium hidroksida ($CaOH_2$), kalsium oksida (CaO) dan kalsium karbonat ($CaCO_3$). Penggunaan yang paling efektif dan aman dalam pelaksanaan kontruksi bangunan adalah menggunakan kalsium hidroksida (kapur padam) yang disarankan berupa bubuk, karena sangat penting untuk proses hidrasi dan mengurangi masalah yang timbul, sedangkan kalsium oksida (quick lime) lebih baik dalam proses kimianya namun beberapa kelemahan dari kalsium oksida ini dapat mempermudah

terjadinya korosi pada peralatan dan sangat berbahaya bagi kulit pelaksana konstruksi, kalsium karbonat kurang efektif dipergunakan untuk bahan campuran. (Ingless dan Metcalf,1992)

Kapur dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis (PUBI,1982) :

- 1) Kapur tohor (CaO) : hasil pembakaran batu alam yang komposisinya sebagian besar berupa kalsium karbonat.
- 2) Kapur padam (CaOH_2) : hasil pemadaman kapur tohor dengan air dan membentuk hidrat
- 3) Kapur udara : kapur padam yang apabila di aduk dengan air setelah beberapa waktu dapat mengeras di udara karena pengikatan karbon dioksida.
- 4) Kapur hidrolis : kapur padam yang apabila di aduk dengan air setelah beberapa waktu dapat mengeras baik di dalam air laut atau di udara.

Penambahan kapur padam dalam tanah merubah tekstur tanah. Tanah lempung berubah menjadi berkelakuan mendekati lanau atau pasir akibat penggumpalan partikel. Pencampuran tanah dengan partikel berukuran lempung (<0.002) dibandingkan dengan lempung aslinya, (Hardiyatmo, 1994). Bahan stabilisasi pada pengujian ini menggunakan kapur padam. Kapur padam, yaitu kapur dari hasil pemadaman kapur tohor dengan air, sehingga terbentuk hidrat $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Stabilitas tanah dengan kapur pada dasarnya sama dengan semen, seperti contohmya teknik pengujian dan pelaksanaannya. Perbedaannya adalah kapur lebih cocok untuk stabilitas tanah untuk tanah lempungan, dan kurang cocok untuk tanah granuler. Kapur tohor atau larutan kapur dapat digunakan untuk perawatan tanah yang terlalu basah atau kering. Untuk aplikasi jalan raya stabilitas tanah kapur banyak digunakan untuk bangunan lapis pondasi bawah (*subbase*) atau perbaikan tanah dasar (*subgrade*).

Stabilitas tanah kapur telah banyak digunakan pada proyek jalan raya, bandara, jalan rel dan jalan kerta pada area proyek (Aribudiman, T., dan Basoka, 2014; Abdurrozak dan Dilla, 2017). Sedangkan Widiанти, dkk (2007) melakukan penelitian tentang kekuatan geser campuran tanah-kapur-abu sekam padi dengan inklusi kadar serat karung plastik yang bervariasi. Dengan adanya penambahan

serat karung plastik, nilai kohesi, nilai sudut geser dalam, dan kuat geser pada campran mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah asli dan tanah yang dicampur dengan kapur-abu sekam padi saja. Penambahan masa perawatan terhadap benda uji dari 7 hari menjadi 14 hari mampu meningkatkan nilai parameter kuat geser dan nilai kuat geser campuran. Kenaikan sudut gesek dalam terbesar terjadi pada campuran tanah + LRHA dengan 0,4% serat dengan masa perawatan 14 hari yaitu sebesar 282,74% dari sudut gesek dalam tanah asli. Kenaikan nilai kohesi terbesar terjadi pada campuran tanah + LRHA dengan 0,4% serat untuk masa perawatan 14 hari, yaitu sebesar 123,18% dari kohesi tanah asli.



Gambar 2.3. Kapur

2.3. Abu Sekam

Abu sekam padi yang digunakan pada penelitian ini adalah sisa pembakaran dari sekam padi, sehingga pada prinsipnya abu sekam padi ini merupakan limbah sisa pembakaran. Namun berdasarkan penelitian-penelitian yang telah lalu menunjukkan bahwa abu sekam padi memiliki kandungan kimia yang dapat dimanfaatkan untuk stabilisasi tanah karena sifat pozolan dari bahan kimia tersebut.

Hasil analisis lebih lanjut pada abu sekam padi menunjukkan bahwa kandungan SiO_2 mencapai 80 - 90%, yang memiliki sifat perekat, sehingga pemanfaatannya sudah banyak digunakan yakni dengan mereaksikannya dengan

larutan NaOH untuk menghasilkan natrium silikat sehingga dalam industry dapat dimanfaatkan sebagai bahan filler dalam pembuatan sabun dan detergen, bahan



perekat (adhesive), dan jeli silika (silica gel).

Gambar 2.4. Abu Sekam

2.4. Serat Fiber

Serat fiber pada dasarnya merupakan material yang dibuat dari potongan-potongan sebuah benda kemudian dibentuk menjadi jaringan yang memanjang. Lalu diolah kembali menjadi aneka produk seperti kayu, kertas, kaca, karbon, hingga logam. Serat fiber secara garis besar dibagi menjadi serat alami dan serat sintetis. Serat alami berasal dari tumbuhan dan hewan yang bisa mengalami pelapukan. Contohnya katun, kertas, kapas, sutra, dan sebagainya. Sedangkan serat sintetis dibuat menggunakan bahan kimia dan diolah menjadi kaca, logam, dan karbon.



Gambar 2.5. Serat Fiber

Serat fiber yang digunakan berupa serat dan sifatnya yang sedikit menyerap air dan akan memudahkan dalam mengalirkan air. Hipotesis awal dari penelitian

penambahan fiber yaitu, agar kadar air dan fiber yang ada pada campuran lebih merata. Fiber akan menurunkan kadar air pada batas cair, meningkatkan berat volume kering tanah dan menurunkan kadar air optimum, dan meningkatkan kepadatan yang mengakibatkan tingginya daya dukung tanah.

2.5. Prosedur Pengujian Laboratorium

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

2.6. Pengujian indeks propertis tanah

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

a. Pengujian kadar air (*Water Content*)

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

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

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

Tabel 2.3. Tabel Berat Jenis Butiran

Macam 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 anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,28

- c. Analisa saringan butiran sifat-sifat tanah sangat bergantung pada ukuran butirannya.

Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah. Oleh karena itu, analisis butiran ini merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan. Analisis ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan. Dengan ukuran diameter lubang tertentu. Tanah berbutir halus distribusi ukuran butir tanah berbutir halus dapat ditentukan dengan carasedimentasi. Metode ini didasarkan pada hukum Stokes, yang berkenaan dengan kecepatan mengendap butiran pada larutan suspense. Untuk tanah yang terdiri dari campuran butiran halus dan kasar, gabungan antara analisis saringan dan sedimentasi dapat digunakan. Dari hasil penggambaran kurva yang diperoleh, tanah berbutir kasar digolongkan sebagai gradasi baik bila tidak ada kelebihan butiran pada sembarang ukuran saringannya dan tidak ada yang kurang pada butiran sedang. Umumnya tanah bergradasi baik jika distribusi ukurannya tersebar luas. Tanah berbutir kasar digambarkan sebagai gradasi buruk, bila jumlah berat butiran sebagian besar mengelompokkan di dalam batas interval diameter butir yang sempit (disebut bergradasi seragam). Tanah juga termasuk bergradasi buruk, jika butiran besar maupun kecil ada, tapi dengan pembagian butiran yang relatif rendah pada ukuran sedang.

d. Pengujian batas-batas konsistensi (Atterberg Limits)

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

Adapun pengujian batas-batas konsistensi (atterberg limit) yang dilakukan adalah:

a. Batas susut (Shrinkage Limit / SL)

Batas susut didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air maksimum dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak menyebabkan berkurangnya volume tanah. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan batas susut suatu tanah. Linier Shrinkage merupakan persentase dari panjang asli dari sampel tanah yang diuji. Percobaan batas susut dilaksanakan dengan cawan poselin diameter 44,4 mm dan tinggi 12,7 mm. Bagian dalam cawan dilapisi minyak dan diisi dengan tanah jenuh sempurna. Kemudian keringkan dalam oven. Volume ditentukan dengan mencelupkannya dengan air raksa.

$$SL = \left\{ \left(\frac{m_1 - m_2}{m_2} \right) - \left(\frac{(v_1 - v_2) \gamma_w}{m_2} \right) \right\} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

m1 = berat tanah dalam percobaan (gram)

m2 = berat tanah kering oven (gram)

v1 = volume tanah basah dalam cawan (cm³)

v2 = volume tanah kering oven (cm³)

γ_w = berat volume air (gr/cm³)

b. Batas cair (*Liquid Limit / LL*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair. Pengujian ini dilakukan terhadap tanah yang berbutir halus atau lebih kecil. Batas cair adalah kadar air minimum, yaitu sifat tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis. Perhitungan :

- 1) Tentukan kadar air masing-masing variasi dan digambarkan dalam bentuk grafik.
- 2) Buatlah garis lurus melalui titik-titik hasil pengujian.
- 3) Kadar air didapatkan pada jumlah ketukan 25 kali adalah nilai batas cairnya.

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

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

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

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

Perhitungan :

$$\text{Indeks plastis (PL)} = \text{batas cair (LL)} - \text{batas plastis (PL)} \dots\dots\dots(2.2)$$

e. Analisa hidrometer

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan pembagian ukuran butir suatu tanah yang lolos saringan No. 200. Pada uji hidrometer, tanah benda uji sebelumnya harus dibebaskan dari zat organik. Kemudian tanah dilarutkan kedalam ke dalam air destilasi yang dicampuri dengan bahan pendeflokulasi yang dapat berupa *sodium hexametaphosphate* agar partikel-partikel menjadi bagian yang terpisah satu dengan yang lain. Kemudian, larutan suspensi ditempatkan pada tabung hidrometer. Dalam uji hidrometer, contoh tanah yang digunakan kira-kira 30 gram kering oven. Ketika hidrometer dimasukkan dalam larutan suspensi (pada waktu t dihitung dari permulaan sedimentasi), hidrometer ini mengukur berat jenis larutan disekitar gelembung hidrometer yang berada pada kedalaman (L).

Berat jenis suspensi merupakan fungsi dari jumlah partikel tanah yang ada per volume satuan suspensi pada kedalaman L tersebut. Pada waktu t tersebut, partikel-partikel tanah dalam suspensi pada kedalaman (L) akan berdiameter lebih kecil dari D. Partikel yang lebih besar akan mengendap di luar zona pengukuran. Hidrometer dirancang untuk memberikan jumlah tanah (dalam gram) yang masih terdapat dalam suspensi dan kalibrasi untuk tanah yang mempunyai berat jenis $GS = 2.50$. Untuk jenis tanah yang lain, maka perlu dikoreksi. Dari uji hidrometer, distribusi ukuran butir tanah digambarkan dalam bentuk kurva semi logaritmik. Ordinat grafik merupakan persen berat butiran yang lebih kecil dari pada ukuran butiran yang diberikan dalam absis.

2.7. Pengujian sifat mekanis tanah

1. Pengujian pemadatan (*Compaction*)

Pemadatan merupakan proses dimana tanah yang terdiri dari butiran tanah, air, dan udara diberi energi mekanik seperti penggilasan (*rolling*) dan pergetaran (*vibrating*) sehingga volume tanah akan berkurang dengan

mengeluarkan udara pada pori-pori tanah. Untuk pemadatan di laboratorium dapat dilakukan dengan cara, yaitu *Standart Compaction Test* dan *Modified Compaction Test*.

Pengujian pemadatan ini dilakukan untuk mengurangi kompresibilitas dan permeabilitas tanah serta untuk menentukan kadar air optimum yaitu nilai kadar air pada berat kering maksimum. Kadar air optimum yang diperoleh dari hasil pengujian pemadatan ini digunakan untuk penelitian uji kuat tekan bebas.

Pemadatan tanah ini dilakukan pada asli dan campuran yang menggunakan metode *Standart Compaction Test*. Pengujian ini dipakai untuk menentukan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum. Pemadatan ini dilakukan dalam cetakan dengan memakai alat pemukul dengan tinggi jatuh tertentu.

2. *California Bearing Ratio (CBR)*

CBR dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). CBR menunjukkan nilai relatif kekuatan tanah, semakin tinggi kepadatan tanah maka nilai CBR akan semakin tinggi. Walaupun demikian, tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air rendah supaya mendapat nilai CBR yang tinggi, karena kadar air kemungkinan tidak akan konstan pada kondisi ini. Pemeriksaan CBR bertujuan untuk menentukan harga CBR tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air optimum. Di samping itu, pemeriksaan ini juga dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah. Pemeriksaan CBR laboratorium mengacu pada AASHTO T-193-74 dan ASTM-1883-73. Untuk perencanaan jalan baru, tebal perkerasan biasanya ditentukan dari nilai CBR dari tanah dasar yang dipadatkan.

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

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

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

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

Beban standar penetrasi 0,1” (0,254 cm) → 1000 psi/ 3000 lbs (13,24 kN/ 6895 kPa)

CBR (%) =

$$\frac{\text{Test unit (psi)}}{\text{Standard Unit Load (psi)}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

Beban standar penetrasi 0,2” (0,508 cm) → 1500 psi/ 4500 lbs (19,96 kN/ 10,342 kPa)

$$\text{CBR (\%)} = \frac{\text{Test unit (psi)}}{\text{Standard Unit Load (psi)}} \times 100\% \dots\dots\dots$$

(2.11)

Dimana :

1000 psi : Angka standar tegangan penetrasi pada penetrasi 0,1 in

1500 psi : Angka standar tegangan penetrasi pada penetrasi 0,2 in

Nilai CBR pada penetrasi 0,1” = 1000 psix 100% (2.12)

Nilai CBR pada penetrasi 0,2” = 1500 psix 100% (2.13)

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