

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah Lempung

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan yang relatif lepas (*loose*), dan terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan di antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara maupun keduanya (Hardiyatmo, 2002). Dalam pengertian umum tanah di definisikan sebagai material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk yang memiliki partikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong di antara partikel-partikel (Das, 1995)

Tanah lempung adalah sebagai deposit yang mempunyai partikel berukuran lebih kecil atau sama dengan 0,002 mm dalam jumlah lebih dari 50%. akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Bowles, 1991). Tanah lempung akan menjadi sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Tanah liat atau lempung mempunyai sifat permeabilitas sangat rendah dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Lempung adalah suatu silika hidraaluminium yang kompleks dengan rumus kimia $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot kH_2O$ dimana n dan k merupakan nilai numerik molekul yang terikat dan bervariasi untuk masa yang sama.

Mineral lempung mempunyai daya tarik menarik individual yang mampu menyerap 100 kali volume partikelnya, dan kekuatan yang Partikel-partikel lempung juga mempunyai tenaga tarik antar partikel yang sangat kuat yang untuk sebagian menyebabkan kekuatan yang sangat tinggi pada suatu bongkahan kering (batu lempung).

2.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 1995).

Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989 dalam Adha 2014).

Dalam ilmu mekanika tanah terdapat dua sistem klasifikasi yang umum dikelompokkan kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas Atterberg, sistem-sistem tersebut adalah :

a. Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Official* (AASHTO)

Sistem ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai Public Road Administration Classification System. Sistem ini telah mengalami beberapa perbaikan, yang berlaku saat ini adalah yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board pada tahun 1945 (American Society for Testing and Materials (ASTM) Standar No. D-3282, AASHTO model M105)*. Sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud dan tujuan aslinya.

Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35 % butirannya tanah lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam

kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung.

Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

1) Ukuran Butir Kerikil :

bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm). Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm). Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

2) Plastisitas

Plastisitas merupakan kemampuan tanah menyesuaikan perubahan bentuk pada volume konstan tanpa retak – retak atau remuk. Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat.

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 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)

3) Apabila batuan (ukurannya lebih besar dari 75mm) ditemukan didalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan tersebut harus

dikeluarkan. Tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

b. Sistem Klasifikasi USCS

Sistem Klasifikasi *Unified* diperkenalkan oleh Casagrande dalam tahun 1942 untuk digunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineering* selama perang dunia II. Dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, sistem ini disempurnakan. Sistem ini mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar yaitu:

- 1) Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), kurang dari 50% lolos saringan No. 200, yaitu tanah berkerikil dan berpasir. Simbol kelompok ini dimulai dari huruf awal G untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan S untuk pasir (Sand) atau tanah berpasir.
- 2) Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), lebih dari 50% lolos saringan No. 200, yaitu tanah berlanau dan berlempung. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau anorganik, C untuk lempung anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (peat), dan tanah dengan kandungan organik tinggi.

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS:

- W : *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik)
- P : *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk)
- L : *Low Plasticity* (plasticitas rendah) (LL<50)
- H : *High Plasticity* (plasticitas tinggi) (LL>50)

Divisi		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Klasifikasi	
Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.		
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 60$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ atau 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
Pasir bersih kandungan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	
		SC	Pasir berlanau, campuran pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	

Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus: Kurang dari 50% lolos saringan no. 200; GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200; GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan no. 200; Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol double

Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau bertempung	<p style="font-size: x-small;">Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p> <p style="text-align: center;">Batas Cair LL (%) Garis A: $PI = 0,73 (LL - 20)$</p>
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('clean clays')	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis.	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')	
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi		
Tanah dengan organik tinggi		Gambut ('peat'), dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat ASTM Designation D-2488	

Gambar.2.2. Grafik plastisitas untuk klasifikasi USCS (Das,1994)

2.3 Abu Sekam

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

Hasil analisis lebih lanjut pada abu sekam 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*) (Wanadri, 1999, dalam Abdurrozak & Azzanna, 2017).

Abu sekam banyak mengandung silika dan material pozzolan karena mengandung unsur kapur bebas yang dapat mengeras dengan sendirinya, disamping mengandung unsur alumunium dioksides yang keduanya merupakan unsur-unsur yang mudah bereaksi dengan kapur. Unsur-unsur kimia yang terkandung pada abu sekam disajikan pada Tabel 2.1.



Gambar. 2.3. Abu Sekam

Tabel 2.1 Unsur-Unsur yang Terkandung dalam Abu Sekam

Unsur	Kandungan (%)
SiO ₂	21,6
Al ₂ O ₃	4,6
Fe ₂ O ₃	2,8
CaO	62,8
MgO	3,2
SO ₄	2,1
CaO bebas	1,2
Na ₂ O	0,41
K ₂ O	0,24

(Sumber: Balai Besar Institut Kimia, 1982, dalam Widhiarto dkk., 2015)

2.4 Semen

Semen adalah material yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan yang kompak. Semen dikelompokkan ke dalam 2 (dua) jenis yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis.

Semen hidrolis adalah suatu bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air. Contohnya seperti semen portland, semen putih, sedangkan semen non-hidrolis adalah semen yang tidak dapat stabil dalam air.



Gambar. 2.4. Semen

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mencampurkan batu kapur yang mengandung kapur (CaO) dan lempung yang mengandung silika (SiO₂), oksida alumina (Al₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃) dalam oven dengan suhu kira-kira 145°C sampai menjadi klinker. Klinker ini dipindahkan, digiling sampai halus disertai penambahan 3 - 5% gips untuk mengendalikan waktu pengikat semen agar tidak berlangsung terlalu cepat (*Sumber: Aman Subakti, 1994*). Dalam semen Portland ini terdapat susunan senyawa semen yang berfungsi sebagai berikut :

- 1) C₃S = 3 CaO.SiO₂ (Trikalsium Silikat) mempunyai andil yang besar terhadap fungsi sebagai perekat dan dapat mengeras jika bereaksi dengan air sehingga dapat meningkatkan kekuatan tekan
- 2) C₂S = 2 CaO.SiO₂ (Dikalsium Silikat) berfungsi sama dengan C₃S
- 3) C₃A = 3 CaO.Al₂O₃ (Trikalsium Aluminat) dalam semen portland tidak berfungsi sebagai perekat. Senyawa ini hanya berfungsi sebagai fluks (bahan pelebur) sewaktu masih ada dalam tungku pembakaran, sehingga akan mudah terbentuk senyawa C₃S dan C₂S
- 4) C₄AF = 4 CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃ (Tetra Alumineferrit) berfungsi sama seperti C₃A serta andil terhadap warna semen.
- 5) Gips = CaSO₄.2H₂O berfungsi sebagai retarder atau memperlambat waktu pengerasan tepung semen portland bila bercampur dengan air.
- 6) Selain itu terdapat komposisi kimia lain seperti : C =CaO, Na₂O, K₂O dalam jumlah yang kecil

2.5 Serat Fiber

Serat (fiber) Polipropilena berasal dari monomer C₃H₆ yang termasuk dalam hidrokarbon murni seperti lem parafin. Bahan ini merupakan molekul yang berat dan proses produksi sampai menjadi serat (fiber).

Adapun sifat-sifat dari serat Polipropilane sebagai berikut (*Ferry, 2011*):

- 1) Susunan atom biasa dalam molekul polymer dan kristalisasi tinggi, bernama *Isotactic Polypropylene*

- 2) Titik leleh yang tinggi 1650C dan mampu digunakan pada temperatur 1000C dalam waktu yang lebih singkat
- 3) Kekakuan kimia menyebabkan bahan kuat terhadap hampir semua bahan kimia. Bahan kimia tidak akan menyerang beton dan juga tidak akan berpengaruh pada serat. Terhadap bahan kimia yang lebih ganas maka betonlah yang akan mengalami kerusakan terlebih dahulu.
- 4) Permukaan yang Hidrophobic, tidak akan basah terkena pasta semen, membantu mencegah pukulan pada serat dan mengembang pada saat pencampuran, atau terletak pada tempat yang berbeda tidak perlu air.
- 5) Proses perenggangan pada rantai polymer dalam serat, pada kuat tekan benang 159/denier, selama dengan kuat tekan $F_u = 400 \text{ MN/m}^2$.
- 6) Pedoman menunjukkan kelemahan pada daerah lateral, dimana terdapat serabut. Matriks semen dapat menembus struktur rapat antara serabut sendiri dan membuat ikatan mekanik antara serat dan matriks.



Gambar 2.5. Serat (*fiber*) Polipropilena

2.6 Kadar Air

Kadar air adalah sejumlah air yang terkandung di dalam suatu benda, seperti tanah (yang disebut juga kelembaban tanah), bebatuan, bahan pertanian, dan sebagainya. Kadar air digunakan secara luas dalam bidang ilmiah dan teknik dan diekspresikan dalam rasio, dari 0 (kering total) hingga nilai jenuh air di mana semua pori terisi air. Nilainya bisa secara volumetrik ataupun gravimetrik (massa), basis basah maupun basis kering.

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. Hal ini disebabkan karena tanah dengan kadar air alami rendah lebih berpotensi untuk menyerap air lebih banyak.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- W1 = Berat cawan kosong (gram)
- W2 = Berat cawan dan tanah basa asli (gram)
- W3 = Berat cawan dan tanah kering (gram)
- W2-W3 = Berat air (gram)
- Berat tanah kering (gram)

2.7 Berat Jenis

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.

Perhitungan :

$$GS = \frac{W_2 - W_1}{(W_3 - W_1) - (W_4 - W_2)} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- GS = Berat jenis butiran
- W1 = Berat piknometer
- W2 = Berat Piknometer + Tanah Kering
- W3 = Berat Piknometer + Tanah + Air
- W4 = Berat Piknometer + Air

2.8 Analisa Saringan

Analisa saringan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian ukuran butiran suatu tanah.

Perhitungan:

- Persentase tanah yang tertahan pada masing-masing saringan

$$= \frac{\text{berat tanah yang tertahan}}{\text{berat tanah total}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.3)$$
- Persentase kumulatif tanah yang tertahan pada saringan

$$= \text{Jumlah persentase tanah yang tertahan pada semua ayakan}$$

- Persentase tanah lolos saringan
= 100% -persentase komulatif tanah tertahan

2.9 Batas-batas konsistensi (*Atterberg Limit*)

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 konsistensi (*atterberg limits*). Pengujian batas-batas konsistensi (*atterberg limit*) dilakukan pada tanah terganggu (*disturbed*). Adapun pengujian batas-batas konsistensi (*atterberg limit*) yang dilakukan adalah:

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

Batas cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. batas cair juga adalah kadar air minimum, yaitu sifat tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis.

2. Batas Palstisitas (*Plastis Limit / PL*)

Batas plastisitas (PL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

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

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis :

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots (2.3)$$

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.

2.10 Stabilisasi Tanah

Dalam pengertian luas, yang dimaksud dengan stabilisasi tanah adalah

pencampuran tanah dengan bahan tertentu, guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah. Menurut Hardiyatmo (2010), proses stabilisasi tanah meliputi campuran tanah dengan tanah lain untuk memperoleh gradasi yang diinginkan, atau pencampuran tanah dengan bahan tambah buatan pabrik, sehingga sifat-sifat teknis tanah menjadi lebih baik. Guna merubah sifat-sifat teknis tanah seperti kapasitas dukung, kompresibilitas, permeabilitas, kemudahan dikerjakan, potensi pengembangan dan sensitifitas terhadap perubahan kadar air, maka dapat dilakukan dengan cara penanganan dari yang paling mudah, seperti pemadatan sampai teknik yang lebih mahal, seperti mencampur tanah dengan semen, kapur, abu terbang, injeksi semen (*grouting*), dan pemanasan serta dengan cara lainnya.

Dalam pembangunan perkerasan jalan, stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perbaikan jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi mekanis atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*additive*) ke dalam tanah. Setiap komponen lapis perkerasan harus mampu menahan geseran, lendutan berlebihan yang menyebabkan retaknya lapisan di atasnya dan mencegah deformasi permanen yang berlebihan akibat memadatnya material penyusun. Jika material tanah distabilisasi, maka kualitasnya menjadi bertambah, dan kemampuan lapisan tersebut dalam mendistribusikan beban ke area yang lebih luas juga bertambah, sehingga mereduksi tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan metode, yaitu :

1. Cara mekanis

Perbaikan tanah dengan menggunakan cara mekanis yaitu perbaikan tanah tanpa penambahan bahan-bahan lainnya. Stabilisasi mekanis biasanya dilakukan dengan menggunakan peralatan mekanis seperti mesin gilas, penumbuk, peledak, tekanan statis dan sebagainya. Tujuan stabilisasi ini adalah untuk mendapatkan tanah yang berdaya dukung tanah baik dengan cara mengurangi angka pori sehingga menghasilkan kepadatan tanah yang maksimum. Metode ini biasanya digunakan pada tanah yang berbutir kasar dengan fraksi tanah yang lolos saringan no. 200.

2. Cara fisik

Perbaiki tanah dengan cara fisik yaitu dengan memanfaatkan perubahan fisik yang terjadi seperti hidrasi, penyerapan air, pemanasan, pendinginan, dan menggunakan arus listrik.

3. Cara kimiawi

Perbaiki tanah dengan cara kimiawi adalah penambahan bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Metode stabilisasi ini biasanya digunakan untuk tanah yang berbutir halus. Pencampuran bahan kimia yang sering dilakukan adalah dengan menggunakan semen, kapur, abu batubara dan sebagainya.

2.11 Pemasatan

Pemasatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Tanah dapat dikerjakan pada mulanya dengan proses pengeringan, penambahan air, atau dengan bahan-bahan penambah. Pemasatan di lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan mesin gilas, alat pematat getaran, dan dari benda-benda berat yang dijatuhkan, sedangkan pemasatan di laboratorium dengan menggunakan daya tumbukan (dinamik), alat penekan, atau alat tekanan static yang menggunakan piston dan mesin tekanan.

Maksud dari pemasatan tanah adalah :

- 1) Mempertinggi kuat geser tanah
- 2) Mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas)
- 3) Mengurangi permeabilitas
- 4) Mengurangi volume sebagai akibat perubahan kadar air, dan lainnya.

Tujuan pemasatan adalah untuk memperbaiki sifat-sifat teknis massa tanah.

Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemasatan adalah :

- 1) Berkurangnya pemasatan permukaan tanah (*subsidence*), yaitu gerakan vertikal di dalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
- 2) Bertambahnya kapasitas daya dukung tanah.
- 3) Berkurangnya penyusutan, berkurangnya volume akibat berkurangnya kadar air.

Tingkat kepadatan tanah diukur dari nilai berat volume keringnya (γ_d). Berat volume kering tidak berubah oleh adanya kenaikan kadar air. Dengan demikian, tanah yang telah selesai dipadatkan di lapangan kemudian berubah kadar airnya maka berat volume kering tetap tidak berubah sepanjang volume total tanah masih tetap. Pengujian pemadatan ini dilakukan untuk mengurangi kompresibilitas dan permeabilitas tanah serta untuk menentukan kadar air optimum yang didapat 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. Tanah yang didapatkan dengan cara yang benar akan dapat memberikan kuat tekan dan geser tinggi. Stabilitas terhadap sifat kembang susut tergantung dari jenis kandungan mineralnya. Tanah padat mempunyai permeabilitas yang rendah dan tanah ini tidak dapat dipadatkan dengan baik pada waktu sangat basah (jenuh).

Bekerja pada tanah yang sangat basah akan mengalami banyak kesulitan, karena pada saat tanah dipadatkan, air sulit mengalir ke luar dari rongga pori tanah ini menyebabkan butiran sulit merapat satu sama lain saat dipadatkan. Dalam pemadatan tanah, ada empat faktor yang mempengaruhi pemadatan, yaitu :

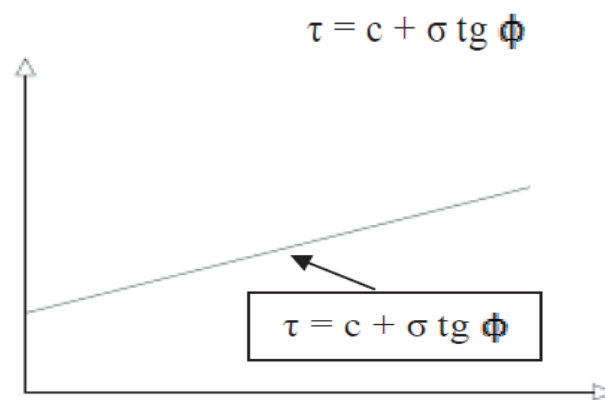
- 1) Usaha pemadatan (energy pemadatan)
- 2) Jenis tanah (gradasi kohesif atau tidak kohesif, ukuran partikel dan sebagainya).
- 3) Kadar air.
- 4) Berat isi kering (*proctor* menggunakan angka pori)

2.12 Kuat Geser Tanah

Pada material tanah, parameter yang perlu ditinjau adalah kekuatan geser tanahnya. Pengetahuan mengenai kekuatan geser diperlukan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berkaitan dengan stabilisasi tanah. Salah satu pengujian yang

digunakan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah adalah uji kuat tekan bebas. Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh (Hardiyatmo, 2002).

- 1) Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, Tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja di bidang geser,
- 2) Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.



Gambar 2.6. Grafik Mohr dan Coulomb

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

τ = kuat geser tanah (kN/m²)

c = kohesi tanah (c)

ϕ = sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern (derajat)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

Ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah, antara lain :

- 1) Pengujian geser langsung (*Direct shear test*)
- 2) Pengujian tiaksial (*Triaksial test*)
- 3) Pengujian tekan bebas (*Unconfined compression test*)

Namun dalam penelitian ini yang digunakan untuk menentukan kuat geser tanah adalah pengujian geser langsung. Geser Langsung adalah Suatu percobaan untuk memperoleh kuat geser tanah dengan percobaan geser langsung. Dimana tahanan geser diukur pada suatu cincin uji (*proving ring*), dan harga maksimum

adalah kekuatan geser tanah pada bidang keruntuhan. Kuat geser tanah ini diperoleh dengan contoh tanah yang dibebani bermacam-macam beban tekan dan digambar suatu grafik dari tegangan geser terhadap tegangan tekan, biasanya memberikan suatu grafik garis lurus.