

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari butiran mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1988). Selain itu dalam arti lain tanah merupakan akumulasi partikel mineral atau ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan (Craig,1991).

Tanah juga merupakan kumpulan-kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain, diantaranya mungkin material organik rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef,1994). Sedangkan Tanah (*soil*) menurut teknik sipil dapat didefinisikan sebagai sisa atau produk yang dibawa dari pelapukan batuan dalam proses geologi yang dapat digali tanpa peledakan dan dapat ditembus dengan peralatan pengambilan contoh (*sampling*) pada saat pemboran. (Hendarsin, 2000)

Tanah juga didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan

dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori yang berisi air dan udara. Ikatan yang lemah antara partikel-partikel tanah disebabkan oleh pengaruh karbonat atau oksida yang tersenyawa diantara partikel-partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik bila hasil dari pelapukan tersebut di atas tetap berada pada tempat semula maka bagian ini disebut tanah sisa (*residu soil*). Hasil pelapukan terangkut ke tempat lain dan mengendap di beberapa tempat yang berlainan disebut tanah bawaan (*transportation soil*). Media pengangkutan tanah berupa gravitasi, angin, air dan *glasyer*. Pada saat akan berpindah tempat, ukuran dan bentuk partikel-partikel dapat berubah dan terbagi dalam beberapa rentang ukuran.

Tanah menurut Bowles (1989) adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

1. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
2. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
4. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.

5. Lempung (*clay*), partikel mineral berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
6. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Istilah tanah dalam bidang mekanika tanah dapat digunakan mencakup semua bahan seperti lempung, pasir, kerikil dan batu-batu besar. Metode yang dipakai dalam teknik sipil untuk membedakan dan menyatakan berbagai tanah, sebenarnya sangat berbeda dibandingkan dengan metode yang dipakai dalam bidang geologi atau ilmu tanah. Sistem klasifikasi yang digunakan dalam mekanika tanah dimaksudkan untuk memberikan keterangan mengenai sifat-sifat teknis dari bahan-bahan itu dengan cara yang sama, seperti halnya pernyataan-pernyataan secara geologis dimaksudkan untuk memberi keterangan mengenai asal geologis dari tanah.

B. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah serta mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah tersebut. Tanah-tanah yang dikelompokkan

dalam urutan berdasarkan suatu kondisi fisik tertentu. 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. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989).

Jenis dan sifat tanah yang sangat bervariasi ditentukan oleh perbandingan banyak fraksi-fraksi (kerikil, pasir, lanau dan lempung), sifat plastisitas butir halus. Klasifikasi bermaksud membagi tanah menjadi beberapa golongan tanah dengan kondisi dan sifat yang serupa diberi simbol nama yang sama. Ada dua cara klasifikasi yang umum yang digunakan :

1. Sistem Klasifikasi AASTHO

Sistem Klasifikasi AASTHO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dikembangkan pada tahun 1929 dan mengalami beberapa kali revisi hingga tahun 1945 dan dipergunakan hingga sekarang, yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* (ASTM Standar No. D-3282, AASTHO model M145). Sistem klasifikasi ini bertujuan untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*sub-base*) dan tanah dasar (*subgrade*).

Sistem ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :

a. Ukuran butir

Kerikil : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada saringan diameter 2 mm (No.10).

Pasir : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 2 mm dan tertahan pada saringan diameter 0,0075 mm (No.200).

Lanau & lempung : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 0,0075 mm (No.200).

b. Plastisitas

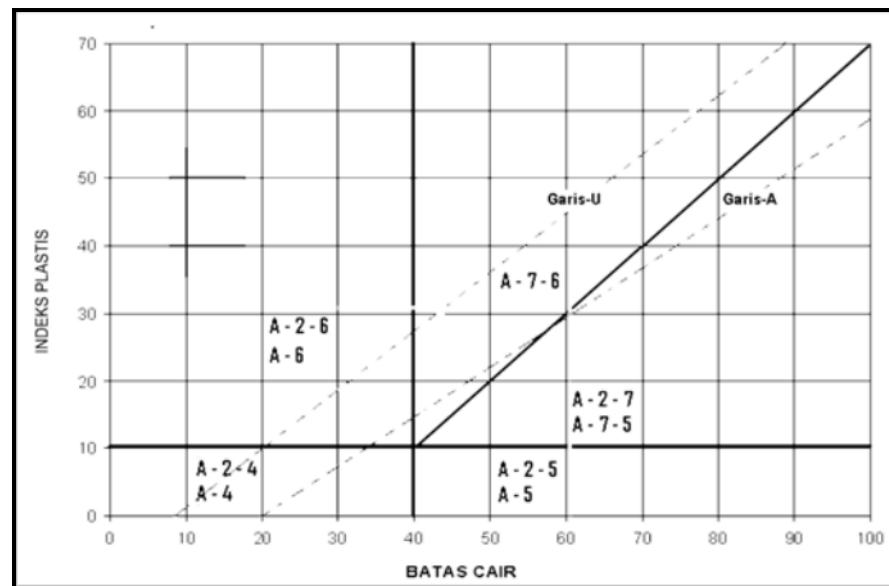
Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (PI) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.

c. Apabila ditemukan batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentasi dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

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

butiran tanah tersebut 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.

Gambar 1 menunjukkan rentang dari batas cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) untuk tanah data kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.



Gambar 1. Nilai-nilai batas *Atterberg* untuk subkelompok tanah. (Hary Christady, 1992)

2. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified* (USCS)

Sistem klasifikasi tanah *unified* atau *Unified Soil Classification System* (USCS) 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) memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik.

Sistem klasifikasi USCS mengklasifikasikan tanah ke dalam dua kategori utama yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol untuk kelompok ini adalah G untuk tanah berkerikil dan S untuk tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.

- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat total contohnya lolos dari saringan No.200. Simbol kelompok ini adalah C untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah dan H untuk plastisitas tinggi.

Tabel 1. Sistem klasifikasi tanah *unified* (Bowles, 1991)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	$w_L < 50 \%$	L
Organik	O	$w_L > 50 \%$	H
Gambut	Pt		

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
		Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
				SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
	Pasir dengan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200		Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.
				CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
		OL		Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
		Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis		
CH			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)			
OH			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$

Sumber : Hary Christady, 1996.

C. Tanah Organik

1. Definisi Tanah Organik

Tanah organik terbentuk dari mineral-mineral lempung dan pelapukan tumbuh-tumbuhan (mineral organik). Sifat merembeskan airnya tinggi dan melekat. Warna tanah pada tanah organik biasanya bewarna gelap hal ini dikarenakan pelapukan tumbuhan dan hewan didalamnya.

Perilaku tanah lempung organik sangat tergantung pada kadar organik (*organic content*), kadar abu (*ash content*), kadar serat (*fibrous content*). Makin tinggi kandungan organiknya maka akan semakin rendah daya dukungnya (*bearing capacity*) dan kekuatan gesernya (*shear strength*), serta makin besar pemampatannya (*compressibility*).

Bilamana tanah organik dibebani maka tanah tersebut akan memampat. Menurut Terzaghi (1925) pemampatan tersebut merupakan penjumlahan tiga komponen pemampatan, yaitu:

- 1) Pemampatan segera (*immediate settlement*) yang terjadi akibat adanya deformasi elastis butiran tanah.
- 2) Pemampatan konsolidasi (*consolidation settlement*) merupakan penurunan yang disebabkan keluarnya air dari pori tanah.
- 3) Pemampatan sekunder (*secondary settlement*).

Untuk tanah organik, komponen pemampatan yang paling dominan adalah pemampatan konsolidasi.

Terdapat dua sistem penggolongan utama yang dilakukan, yakni sistem penanggulangan AASHTO (metode AASHTO M 145 atau penandaan ASTM D-3282) dan sistem penggolongan tanah bersatu (penandaan ASTM D-2487). Dalam metode AASHTO, tidak tercantum untuk gambut dan tanah lempung organik, sehingga ASTM D-2487 harus digunakan sebagai langkah pertama pada pengidentifikasian tanah lempung organik.

2. Sifat Tanah Organik

Sifat dan ciri tanah organik dapat ditentukan dengan berdasarkan sifat fisik dan kimianya. Adapun sifat dan ciri tersebut antara lain :

a. Warna

Umumnya tanah organik berwarna coklat tua dan kehitaman, meskipun bahan asalnya berwarna kelabu, coklat atau kemerah-merahan, tetapi setelah mengalami dekomposisi muncul senyawa-senyawa humik berwarna gelap. Pada umumnya, perubahan yang dialami bahan organik kelihatannya sama yang dialami oleh sisa organik tanah mineral, walaupun pada tanah organik aerasi terbatas.

b. Berat Isi

Dalam keadaan kering tanah organik sangat kering, berat isi tanah organik bila dibandingkan dengan tanah mineral adalah rendah, yaitu 0,2 - 0,3 merupakan nilai umum bagi tanah organik yang telah mengalami dekomposisi lanjut. Suatu lapisan tanah mineral yang telah diolah berat isinya berkisar 1,25 - 1,45.

c. Kapasitas Menahan Air

Tanah Organik mempunyai kapasitas menahan air yang tinggi. Mineral kering dapat menahan air $1/5 - 2,5$ dari bobotnya, sedangkan tanah organik dapat $2 - 4$ kali dari bobot keringnya. Gambut lumut yang belum terkomposisi sedikit lebih banyak dalam menahan air, sekitar 12 atau 15 bahkan 20 kali dari bobotnya sendiri.

d. Struktur

Ciri tanah organik yang lain adalah strukturnya yang mudah dihancurkan apabila dalam keadaan kering. Bahan organik yang telah terdekomposisi sebagian bersifat koloidal dan mempunyai kohesi dan plastisitasnya rendah. Suatu tanah berbahan organik yang baik adalah *poroous* atau mudah dilewati air, terbuka dan mudah diolah. Ciri-ciri ini sangat diinginkan oleh pertanian tetapi tidak baik untuk bahan konstruksi sipil.

Sebagai akibat dari kemampuan yang besar untuk menahan air, maka apabila terjadi perbaikan drainase dimana dengan adanya pengurangan kadar air akan terjadi pemadatan struktur tanah organik, hal ini akan menurunkan muka tanah dan kalau ada tumbuhan akarnya akan muncul di atas permukaan tanah.

e. Reaksi Masam

Pada tanah organik, dekomposisi bahan organik akan menghasilkan asam-asam organik yang terakumulasi pada tubuh tanah, sehingga akan meningkatkan keasaman tanah organik. Dengan demikian tanah

organik akan cenderung lebih masam dari tanah mineral pada kejenuhan basah yang sama.

f. Sifat Koloidal

Sifat ini mempunyai kapasitas tukar kationnya lebih besar, serta sifat ini lebih jelas diperlihatkan oleh tanah organik dari pada tanah mineral.

Luas permukaan dua hingga empat kali dari pada tanah mineral.

g. Sifat Penyangga

Pada tanah organik lebih banyak diperlukan belerang atau kapur yang digunakan untuk perubahan pH pada tingkat nilai yang sama dengan tanah mineral. Hal ini disebabkan karena sifat penyangga tanah ditentukan oleh besar kapasitas tukar kation, dengan demikian tanah organik umumnya memperlihatkan gaya resistensi yang nyata terhadap perubahan pH bila dibandingkan dengan tanah mineral.

3. Identifikasi Organik

Terdapat dua sistem penggolongan utama yang dilakukan, yakni sistem penggolongan AASHTO (metode AASHTO M 145 atau penandaan (ASTM D-3282) dan sistem penggolongan tanah bersatu (penandaan ASTM D-2487). Dalam metode AASHTO, tidak tercantum untuk gambut dan tanah yang organik, sehingga ASTM D-2487 harus digunakan sebagai langkah pertama pada pengidentifikasian gambut.

Tabel 3. Penggolongan Tanah Berdasarkan Kandungan Organik

KANDUNGAN ORGANIK	KELOMPOK TANAH
$\geq 75 \%$	GAMBUT
25 % - 75 %	TANAH ORGANIK
$\leq 25 \%$	TANAH DENGAN KANDUNGAN ORGANIK RENDAH

(SUMBER : PEDOMAN KONSTRUKSI JALAN DI ATAS TANAH GAMBUT DAN ORGANIK, 1996)

D. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Stabilisasi tanah secara prinsip adalah suatu tindakan atau usaha yang dilakukan guna menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan gesernya. Adapun tujuan stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat.

Pada umumnya cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan-pekerjaan berikut (Bowles, 1991) :

1. Mekanis, yaitu pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan, ledakan, tekanan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan dan sebagainya.

2. Bahan Pencampur (*Additiver*), yaitu penambahan kerikil untuk tanah kohesif, lempung untuk tanah berbutir, dan pencampur kimiawi seperti semen, gamping, abu batu bara, semen aspal, sodium dan kalsium klorida, limbah pabrik kertas dan lain-lainnya.

Metode atau cara memperbaiki sifat-sifat tanah ini juga sangat bergantung pada lama waktu pemeraman, hal ini disebabkan karena didalam proses perbaikan sifat-sifat tanah terjadi proses kimia yang dimana memerlukan waktu untuk zat kimia yang ada didalam *additive* untuk bereaksi. Sifat-sifat tanah yang telah diperbaiki dengan cara stabilisasi dapat meliputi kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan.

Menurut *Bowles*, 1991 beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilkan tanah adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi atau tahanan gesek yang timbul.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah.
4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah).
5. Mengganti tanah yang buruk.

Tanah yang akan digunakan pada suatu konstruksi bangunan harus memiliki sifat-sifat fisik maupun teknis yang baik. Namun kenyataan menunjukkan

bahwa tidak semua tanah dalam kondisi aslinya memiliki sifat-sifat yang diinginkan.

Apabila tanah bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, permeabilitas yang terlalu tinggi, dan sifat-sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasi.

E. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah besarnya tekanan atau kemampuan tanah untuk menerima beban dari luar sehingga menjadi labil. Daya dukung tanah dasar dipengaruhi oleh jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, kondisi drainase, dan lain-lain. Tingkat kepadatan dinyatakan dengan persentase berat volume kering (γ_k) tanah terhadap berat volume kering maksimum ($\gamma_{k \text{ maks}}$).

Daya dukung tanah bisa kita dapat dengan cara mekanis seperti dengan bantuan alat berat. Ada beberapa cara seperti melakukan penggilasan dengan alat penggilas, menjatuhkan benda berat, ledakan, melakukan tekanan statis, melakukan proses pembekuan, pemanasan dan sebagainya.

Tanah yang memiliki daya dukung yang baik memiliki tingkat kerapatan yang besar. Tanah pada kondisi ini memiliki penurunan tanah yang sangat kecil dan dalam jangka waktu yang sangat lama. Penurunan muka air tanah juga sangat besar sehingga pada drainase tanah kondisinya tidak terlalu tergenang air.

Tujuan perbaikan daya dukung tanah yang paling utama adalah untuk memadatkan tanah yang memiliki sifat-sifat yang sesuai dengan spesifikasi

pekerjaan tertentu. Perbaikan daya dukung juga merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowless, 1989). Energi pemadatan dilapangan dapat diperoleh dari alat-alat berat, pemadat getaran, mesin gilas dan dari benda-benda berat yang dijatuhkan. Di laboratorium untuk mendapatkan daya dukung dilakukan dengan gaya tumbukan (dinamik), alat penekan, alat tekan statik yang memakai piston dan mesin tekan.

Rumus daya dukung tanah :

$$q_u = C_u \times N_c + \gamma \times D$$

dimana :

C_u : Kuat geser undrained (undrained shear strength)

N_c : Faktor daya dukung yang tergantung pada sudut geser

γ : Berat isi tanah

D : Kedalaman tanah

Menurut Bowless (1989), ada beberapa keuntungan pemadatan :

1. Berkurangnya penurunan permukaan tanah (*subsidence*) yaitu gaya vertikal pada massa tanah akibat berkurangnya angka pori.
2. Bertambahnya kekuatan tanah.
3. Berkurangnya penyusutan, berkurangnya volume akibat berkurangnya kadar air dari nilai patokan pada saat pengeringan.

Kerugian utamanya adalah bahwa pemuaiian (bertambahnya kadar air dari nilai patokannya) dan kemungkinan pembekuan tanah itu akan membesar.

F. Stabilisasi Elektro-Kimiawi TX 300

TX 300 adalah bahan polimer cair yang berfungsi untuk menstabilisasi, mengeraskan, dan menguatkan daya dukung tanah. Bahan kimia yang terkandung di TX-300 memiliki proses ikatan reaksi kimia seperti yang ditemukan di stabilisator sulfat atau klorida berbasis, yang bersifat korosif.

Sebaliknya, TX-300 bersifat koloid, yang dibentuk melalui pertukaran ion - menghasilkan pembentukan gel yang mengubah mereka dari cair ke padat, membentuk suatu ikatan, tetap kaku ditembus, itu memberikan ketahanan terhadap kelembaban seperti mengisi pada rongga tanah, mengurangi indeks plastisitas dan penurunan tegangan permukaan sebagai sementasi pada akhirnya meningkatkan kapasitas atau daya dukung tanah.

Polimerisasi dari TX-300 menjadi sebuah kumpulan yang solid dan ketika mengeras, menyebarkan air. Komponen mencapai viskositas maksimum dan ditetapkan menjadi kuat, ikatan anorganik yang tidak *biodegradable*. Ketika diterapkan dengan baik, TX-300 menembus permukaan untuk mengikat partikel halus bersama-sama, sehingga ikatan dan kekuatan materi dasar ada dua metode yaitu dehidrasi dan mekanisme pengaturan bahan kimia yang merubah bahan menjadi lekatan, lebih kental dan larut.

TX-300 aman terhadap lingkungan dan tidak memerlukan label peringatan berbahaya. TX-300 dapat disimpan untuk periode waktu yang panjang dalam kontainer baja. TX-300 ini adalah bahan non korosif, tidak mudah terbakar, tidak menyebabkan alergi dan tidak beracun.

TX-300 terdiri dari bahan baku alami dan tidak mengandung bahan atau produk daur ulang. Ini berisi inhibitor korosi, itu memberikan 100% lebih sedikit korosif dari pada air keran, sangat membantu melindungi peralatan logam.

TX 300, bila diaplikasikan secara tepat akan memadatkan tanah dan menjadikan struktur tanah yang keras dan tahan air. Fungsi lain dari TX-300 adalah :

1. Memperkuat pondasi bangunan.
2. Konstruksi landasan pesawat, lantai lapangan parkir, lantai area pergudangan dan lain-lain.
3. Memperkuat campuran beton.

Karakteristik bahan TX-300 :

1. Cairan konsentrat (campuran unik bahan kimia yang multi guna), Mudah diaplikasikan (dilarutkan dengan air).
2. Tidak berbahaya, tidak korosif, tidak mengandung bahan penyebab alergi, dan tidak mudah terbakar.
3. Dapat digunakan hampir di semua tipe atau kombinasi tanah. Kecuali pasir murni (perlu dicampur dengan tanah, lempung, atau bahan lainnya).

Keuntungan menggunakan TX-300 :

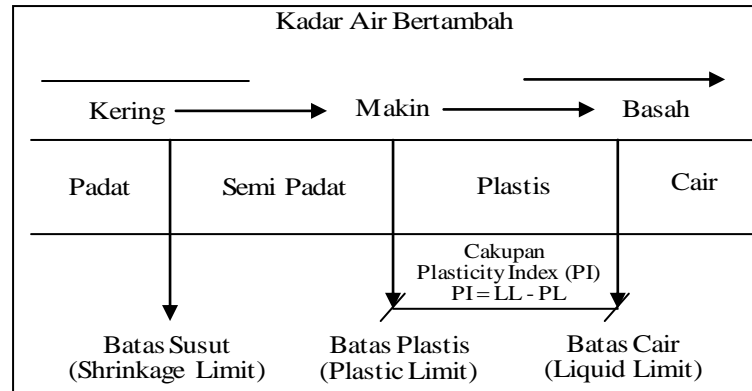
1. Daya dukung yang kuat atau kokoh, TX-300 memberikan struktur dasar yang kuat sehingga mampu membuat jalan yang mulus dan tidak berdebu.
2. Waktu konstruksi yang cepat, lebih cepat dibandingkan dengan pembuatan struktur dasar jalan yang normal.

3. Lebih ekonomis, meminimalisasi penggunaan bahan lapisan penutup jalan (aspal atau beton). Atau tidak menggunakan lapisan penutup sama sekali.
4. Tahan lama, baik dengan perawatan yang minimal atau tanpa perawatan sama sekali.
5. Ramah lingkungan dan aman bagi manusia (lulus persyaratan dan standard dari US EPA dan ISO 9002).

G. Batas-Batas *Atterberg*

Batas kadar air yang mengakibatkan perubahan kondisi dan bentuk tanah dikenal pula sebagai batas-batas konsistensi atau batas-batas *Atterberg* (yang mana diambil dari nama peneliti pertamanya yaitu *Atterberg* pada tahun (1911). Pada kebanyakan tanah di alam, berada dalam kondisi plastis.

Kadar air yang terkandung dalam tanah berbeda-beda pada setiap kondisi tersebut yang mana bergantung pada interaksi antara partikel mineral lempung. Bila kandungan air berkurang maka ketebalan lapisan kation akan berkurang pula yang mengakibatkan bertambahnya gaya-gaya tarik antara partikel-partikel. Sedangkan jika kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek seperti cairan. Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dibedakan ke dalam empat (4) keadaan dasar, yaitu : padat (*solid*), semi padat (*semi solid*), plastis (*plastic*), dan cair (*liquid*), seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Batas-batas *Atterberg*

Adapun yang termasuk ke dalam batas-batas *Atterberg* antara lain :

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah yang di buat menyerupai lidi-lidi sampai dengan diameter silinder 3 mm mulai retak-retak, putus atau terpisah ketika digulung.

3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL) adalah kadar air yang didefinisikan pada derajat kejenuhan 100%, dimana untuk nilai-nilai dibawahnya tidak akan terdapat perubahan volume tanah apabila dikeringkan terus. Harus diketahui bahwa batas susut makin kecil maka tanah akan lebih mudah mengalami perubahan volume.

4. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dan batas plastis. Indeks plastisitas merupakan interval kadar air tanah yang masih bersifat plastis.

H. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian laboratorium yang menjadi bahan pertimbangan dan acuan penelitian ini dikarenakan adanya kesamaan metode dan sampel tanah yang digunakan, akan tetapi untuk bahan *additive* dan variasi campuran serta waktu pemeraman yang berbeda, antara lain :

1. Stabilisasi Dengan Menggunakan ISS 2500

Penelitian yang dilakukan oleh Luki Sandi pada tahun 2010 adalah mengenai Stabilisasi Tanah Lunak dengan menggunakan ISS. Hasil dari penelitian tersebut mengatakan bahwa penggunaan bahan campuran ISS 2500 sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung lunak Rawa Sragi mampu meningkatkan kekuatan daya dukungnya. Penggunaan ISS 2500 juga cukup efektif dalam meningkatkan daya dukung tanah lunak yang berasal dari Rawa Sragi terutama sebagai *subgrade*, akan tetapi peningkatan yang terjadi tidak terlalu signifikan

2. Stabilisasi Menggunakan ISS 2500 Dengan Variasi Waktu Perendaman

Penelitian yang dilakukan oleh Aniessa Rinny pada tahun 2010 adalah mengenai Stabilisasi Tanah Lunak menggunakan ISS dengan variasi waktu perendaman. Penggunaan ISS 2500 cukup efektif dalam

meningkatkan daya dukung tanah lunak yang berasal dari Rawa Sragi terutama sebagai *subgrade*. Faktor perendaman tanah dengan air dapat menurunkan kekuatan tanah stabilisasi ISS 2500 yang berbanding lurus dengan variasi lama waktu perendaman dan sangat signifikan perbedaannya dibandingkan dengan tanah stabilisasi ISS 2500 tanpa perlakuan perendaman.

3. Stabilisasi Dengan Semen

Penelitian yang dilakukan oleh Candra Hakim Van Rafi'i pada tahun 2009 adalah mengenai Pengaruh Durabilitas Terhadap Daya Dukung Lapisan *Soil Cement Base* Pada Tanah Lempung. Hasil yang didapat adalah bahwa pengaruh dari durabilitas terhadap lapisan *soil cement base* yaitu mengganggu kestabilan lapisan fondasi tersebut, pengaruh dari durabilitas tersebut dapat dilihat dari perilaku rendaman (siklus). Dari hasil pengujian di laboratorium, didapat bahwa terjadi penurunan nilai CBR disetiap penambahan waktu siklus.

4. Stabilisasi Dengan Aspal Buton

Penelitian yang dilakukan oleh Christian Simpa pada tahun 2010 adalah mengenai Stabilisasi Tanah Lempung menggunakan Aspal Buton. Penambahan Aspal Buton terhadap nilai CBR pada stabilisasi tanah mempunyai kecenderungan yang semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya presentase penggunaan Aspal Buton tersebut. Tetapi penambahan Aspal Buton cenderung menurunkan nilai berat jenis bila dibandingkan dengan nilai berat jenis tanah asli tersebut, hal ini

disebabkan karena bercampurnya dua bahan dengan berat jenis yang berbeda.

5. Stabilisasi Tanah Timbunan Menggunakan ISS 2500

Penelitian yang dilakukan oleh Ade Ridwan pada tahun 2010 adalah mengenai Stabilisasi Tanah Timbunan menggunakan ISS 2500. Penambahan ISS terhadap nilai CBR pada stabilisasi tanah mempunyai kecenderungan yang semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya presentase penggunaan ISS tersebut. Tetapi penambahan ISS cenderung menurunkan nilai berat jenis bila dibandingkan dengan nilai berat jenis tanah asli tersebut. Penggunaan ISS 2500 cukup efektif jika digunakan pada jenis tanah timbunan karena meningkatkan daya dukung tanah.