

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kalasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem untuk mengklasifikasikan tanah berdasarkan peruntukannya ke dalam berbagai kelompok dan subkelompok. Dengan bantuan sistem, dimungkinkan untuk dengan cepat dan ringkas mengkomunikasikan karakteristik umum dari tanah yang sangat bervariasi (Das, 1995). Tujuan dari sistem klasifikasi tanah adalah untuk memberikan informasi tentang sifat dan karakteristik fisik tanah. Adalah umum bagi sistem klasifikasi untuk mengklasifikasikan tanah ke dalam kategori yang lebih umum karena keragaman yang luas dalam sifat fisik tanah yang dicakupnya. Ada dua sistem klasifikasi tanah yang paling umum dipakai yaitu sebagai berikut :

1. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification Sistem* (USCS)

Sistem ini diajukan pertama kali oleh Casagrande. Kemudian *American Society for Testing and Materials* (ASTM) memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah. Sekarang ini, sistem ini sering digunakan dalam berbagai bidang pekerjaan geoteknik. Dalam USCS, suatu tanah diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama yaitu :

- 1) Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*) yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana 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*) dan S untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir (*sandy soil*).
- 2) Tanah berbutir halus (*fine-grained soils*) yang mana lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200 ($F_{200} \geq 50\%$). Simbol kelompok diawali dengan M untuk lanau inorganik (*inorganic silt*), C untuk lempung inorganik (*inorganic clay*), dan O untuk lanau dan lempung organik.

Simbol Pt digunakan untuk gambut (peat) dan tanah dengan kandungan organik tinggi.

Simbil-simbil lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah

$W = \text{well graded}$ (tanah dengan gradasi baik)

$P = \text{poorly graded}$ (tanah dengan gradasi buruk)

$L = \text{low plasticity}$ (plastisitas rendah) ($LL < 50$)

$H = \text{high plasticity}$ (plastisitas tinggi) ($LL > 50$)

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbil kelompok seperti: GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor-faktor berikut ini perlu diperhatikan :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus)
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40
3. Koefisien keseragaman (uniformity coefficient, C_u) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient*, C_c) untuk tanah di mana 0 - 12% lolos ayakan No. 200
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah di mana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200).

Bila mana persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 adalah antara 5 sampai dengan 12%, simbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, SW-SM, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan. Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas. tanah yang bersangkutan pada bagian plastisitas (Casagrande, 1948) Hal ini berguna disamping untuk dapat menentukan pemeriksaan yang mungkin perlu ditambahkan, juga sebagai pelengkap klasifikasi yang dilakukan di laboratorium agar tidak terjadi kesalahan label.

Tanah lempung adalah jenis tanah yang memiliki ukuran partikel sangat halus ($< 0,002$ mm) dan sifat kohesif yang tinggi. Dalam konteks rekayasa geoteknik, tanah ini sering menjadi perhatian karena memiliki perubahan sifat fisik yang signifikan akibat perubahan kadar air, seperti pada parameter batas Atterberg dan kepadatan.

Menurut Das (2010), tanah lempung memiliki kecenderungan untuk menyerap air dan mengalami perubahan volume yang signifikan, sehingga membutuhkan penanganan khusus dalam perencanaan konstruksi. Craig (2004) yang menyatakan bahwa perilaku plastisitas dan daya dukung tanah lempung sangat dipengaruhi oleh kandungan air dan distribusi ukuran partikel tanahnya.

Tabel 2. 1 karakteristik tanah lempung

parameter	Nilai rata rata	keterangan
Kadar air (%)	30-50%	Tanah lempung basah
berat jenis (g/cm)	1,8-2,2%	Berat jenis tanah lempung
Indeks plastisitas	>10%	Menandakan plastisitas tinggi

(Sumber: Das (2010), Hardiyatmo (2012), dan ASTM D4318)

2.2 Stabilitas Tanah Lempung

Stabilisasi tanah merupakan kemampuan tanah untuk mempertahankan kekuatan dan bentuknya terhadap beban luar tanpa mengalami deformasi berlebih atau keruntuhan struktur. Dalam konteks tanah lempung, stabilitas sangat berkaitan dengan tingkat plastisitas dan perubahan kadar air dalam tanah. Tanah lempung dikenal memiliki daya kohesi tinggi, namun cenderung memiliki kestabilan yang rendah terutama dalam kondisi jenuh air, sehingga rentan mengalami penurunan daya dukung dan perubahan volume yang signifikan (Hidayanti, 2012)

2.3. Kepadatan Tanah (soil compaction)

Kepadatan tanah menunjukkan jumlah partikel tanah yang terkandung dalam suatu volume, dan sering digunakan untuk mengetahui kualitas struktur tanah, kekuatan tanah, serta kemampuannya mendukung beban, seperti bangunan atau jalan. Untuk mengetahui kepadatan maksimum dan kadar air optimum, digunakan uji Proctor, yaitu metode laboratorium yang digunakan untuk menentukan hubungan antara

kepadatan air dan kepadatan kering tanah, sehingga dapat diperoleh kondisi pemadatan yang paling efektif (budhu, 2011)

2.4. Batas- Batas Atterberg

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel tanah mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak retak atau remuk.

Bergantung pada kadar air, tanah dapat berberbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Konsistensi bergantung pada gaya tarik antar partikel lempung. Pengurangan kadar air menghasilkan berkurangnya tebal lapisan kation yang menyebabkan bertambahnya gaya tarik partikel. bila tanah dalam kedudukan plastis, berarti jaringan gaya antar partikel akan sedemikian agar partikel bebas menggelincir antara satu dengan yang lain, dengan kohesi yang tetap terpelihara. pengurangan kadar air menghasilkan pengurangan volume tanah

Batas batas atterberg merupakan parameter penting dalam karakteristik tanah khususnya tanah lempung. berikut adalah standar nilai batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI) menurut standar nasional Indonesia (SNI 03-6989.5-2004):

Tabel 2. 2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah	Batas cair (LL) (%)	Batas plastis (PL) (%)	Indeks plastisitas (PI=LL-PL)(%)	Sifat tanah
Tanah non plastis (NP)	<35	0	0	Pasir, lanau tidak plastis
Tanah plastis rendah (CL)	35-50	15-25	7-17	Lempung dengan plastisitas rendah

Tanah plastis tinggi (CH)	>50	>25	>17	Lempung dengan plastisitas tinggi
Tanah organik (OL)	Variatif	Variative	variatif	Tanah organik

(Sumber: ASTM D2487, Das (2010), dan Hardiyatmo (2012))

Keterangan

- Nilai batas cair (LL) menunjukkan kadar air saat tanah berubah dari plastis jadi cair
- Nilai batas plastis (PL) menunjukkan kadar air saat tanah berubah dari semi padat menjadi plastis.
- Indeks plastisitas (PI) merupakan ukuran plastisitas tanah, di hitung dari selisih LL dan PL.

Tabel ini membantu mengklasifikasikan tanah berdasarkan tingkat plastiditasnya dan memberikan gambaran tentang perilaku mekanik tanah yang di uji. Nilai PI di gunakan untuk mengklasifikasikan sifat plastis tanah, Dimana semakin tinggi PI, semakin plastis juga tanah tersebut.

2.5 Serat Nanas

Serat nanas adalah serat alami yang di peroleh dari daun tanaman nanas, memiliki sifat mekanik yang baik seperti kekuatan tarik tinggi dan elastisitas. serat ini merupakan alternatif ramah lingkungan untuk memperkuat tanah sebagai bahan penguat alami (Mishra et al., 2003). Penggunaan serat nanas bertujuan untuk mengurangi stabilitas dan mengurangi retak akibat penyusutan. Serat nanas dapat bekerja dengan mengikat partikel tanah dan menahan deformasi sehingga meningkatkan kepadatan dan kekuatan tanah (mahat., 2012).



Gambar 2. 1 Serat nanas

(Sumber :*Google*)

Dalam hal interaksi mekanis dengan tanah, serat nanas memiliki permukaan yang kasar dan berserat sehingga dapat meningkatkan ikatan mekanis yang lebih baik dengan partikel tanah hal ini sangat membantu dalam meningkatkan kohesi dan kekuatan geser tanah, serta memperkuat struktur tanah lempung Ketika mengalami beban.

Di samping itu juga serat nanas juga memiliki berat jenis yang rendah dan dari sisi lingkungan, serat nanas bersifat biodegradable dan ramah lingkungan. artinya serat ini dapat terurai secara alami di dalam tanah tanpa meninggalkan residu yang berbahaya. namun kelemahan serat nanas yang utama adalah daya tahan jangka Panjang yang rendah.

1. Prinsip Dasar Pengutan Tanah

Mekanisme kerja serat alami dalam tanah dapat di artikan dengan system tulangan pada beton. Serat bertindak sebagai elemen penguat yang membantu tanah menahan gaya luar, terutama gaya gerer dan beban beban vertical. Serat tidak hanya meningkatkan daya ikat antar partikel tanah, tetapi juga mencegah deformasi berlebihan.

2. Mekanisme Kerja Serat Alami Dalam Tanah

Beberapa mekanisme utama dari pengutan tanah dengan serat alami adalah sebagai berikut:

a. Interlocking Mekanis (Penguncian Antar Partikel)

Permukaan kasar dan berbentuk Panjang dari serat alami menyebabkan penguncian mekanis antara serat dan partikel tanah. Saat tanah mengalami gaya,serat membantu menahan

pergerakan antar partikel tanah, sehingga meningkatkan kohesi dan kuat geser tanah (Prabowo et al., 2017)

b. Distribusi Tegangan

Serat alami menyebarkan tekanan yang diberikan tanah secara lebih merata. Saat beban diberikan, serat bekerja sebagai jarring pengikat internal yang menahan retak dan menghambat deformasi lokal, sehingga mencegah kegagalan struktur tanah (sadek et al., 2010)

c. Meningkatkan Kohesi Tanah

Penambahan serat menambahkan gaya gesek internal dan kohesi antar partikel tanah, terutama pada tanah berbutir halus seperti lempung. Ini akan meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi kemungkinan longsor atau amblas.

d. Control Terhadap Perubahan Volume

Pada tanah lempung yang rentan mengalami susut dan kembang, serat alami membantu mengontrol perubahan volume dengan cara menahan pergerakan air dan mencegah keretakan saat tanah mengering atau mengembang saat basah (Subramani dan Lavanya, 2014).

e. Peningkatan Kinerja Dinamis

Serat juga bermanfaat untuk meningkatkan ketahanan tanah terhadap getaran, seperti tanah di bawah jalan atau landasan pacu karna membantu meredem energi dari beban dinamis.

3. Faktor Yang Mempengaruhi Efektifitas Serat

Efektivitas perkuatan tanah dipengaruhi oleh beberapa factor sebagai berikut:

1. Jenis serat
2. Panjang dan diameter serat
3. Presentase campuran serat dalam tanah
4. Kelembapan tanah saat pencampuran
5. Pola pencampuran dan distribusi serat dalam tanah.

2.6 Zeolit

Zeolit adalah mineral alami yang terbentuk dari senyawa alumina dan silika, biasanya di temukan dalam batuan vulkanik. zeolit memiliki struktur berongga seperti saringan, yang membuatnya mampu menyerap air dan zat zat lain seperti gas atau ion logam.



Gambar 2. 2 zeolit
(Sumber :*Google*)

Struktur zeolit yang berongga menjadikannya efektif dalam mengatur kelembapan tanah dan memperkuat ikatan antar partikel tanah, terutama dalam jenis tanah yang plastis seperti tanah lempung. Sifat ini membuat zeolit mampu menyerap air, ion logam, dan molekul kecil lainnya, sehingga sering di gunakan untuk memperbaiki kualitas tanah (breck, 1974)

Karakteristik utama zeolit:

1. Memiliki struktur kristal berpori, memungkinkan pertukaran ion dan penyerapan air
2. Stabil terhadap panas dan bahan kimia
3. Ramah lingkungan dan tersedia banyak secara alami

Dalam Teknik sipil dalam perbaikan tanah lempung, zeolit di gunakan untuk:

1. Menurunkan batas cair (LL) dengan menyerap air dari dalam struktur tanah.
2. Meningkatkan batas plastis (PL) sehingga plastisitas tanah berkurang (PI menurun)

3. Meningkatkan kepadatan maksimum tanah karna partikel zeolit mampu pengemasan tanah lebih padat
4. Mengurangi potensi susut kembang, sehingga memperbaiki kestabilan volume tanah
5. Meningkatkan kekuatan geser tanah karna tanah menjadi lebih kering, padat dan stabil.

2.7 Karakteristik Tanah

2.7.1 Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter fisik penting dalam karakteristik tanah, terutama tanah lempung yang sangat dipengaruhi oleh perubahan kelembapan. Kadar air adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut, dan biasanya dinyatakan dalam bentuk persen (%). Nilai kadar air sangat memengaruhi perilaku tanah, termasuk batas-batas Atterberg, kepadatan maksimum, dan kekuatan tanah.

Secara umum, kadar air dihitung dengan rumus berikut:

$$\omega = \frac{W_{\omega}}{W_s} \times 100\%$$

Keterangan:

- ω = kadar air (%)
- W_{ω} = berat air (berat basah – berat kering)
- W_s = berat tanah kering

Pengujian kadar air dilakukan dengan cara menimbang sampel tanah basah, kemudian mengeringkannya dalam oven bersuhu 105–110°C selama 24 jam, lalu ditimbang kembali untuk mendapatkan berat keringnya.

2.7.2 Berat Jenis

Berat jenis merupakan perbandingan antara massa suatu zat dengan volumenya, atau lebih tepatnya dikenal sebagai massa jenis (densitas). Dalam konteks geoteknik dan studi tanah, berat jenis tanah sangat penting untuk mengetahui seberapa padat material tanah tersebut serta bagaimana

sifat-sifat mekaniknya, seperti stabilitas dan daya dukungnya. Berat jenis sering dinyatakan dalam satuan gram per sentimeter kubik (gr/cm^3) atau kilogram per meter kubik (kg/m^3).

Namun, perubahan berat jenis tidak hanya dipengaruhi oleh massa jenis bahan tambah, tetapi juga oleh struktur dan distribusi campuran dalam tanah. Kombinasi antara zeolit dan serat nanas dapat menciptakan struktur tanah yang lebih rapat atau lebih longgar tergantung pada proporsi dan homogenitas pencampuran. Oleh karena itu, pengaruh terhadap berat jenis menjadi salah satu indikator penting dalam menilai keberhasilan modifikasi tanah lempung menggunakan bahan-bahan tersebut.

2.8 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian oleh Astuti Simbolon (2023)

Astuti Simbolon dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh penambahan zeolit terhadap kuat geser tanah lempung” menemukan bahwa penambahan zeolit sebesar 15% sampai 30% dapat meningkatkan parameter kuat geser tanah dan menurunkan kadar air optimum. Zeolit membantu mengikat partikel tanah sehingga struktur tanah menjadi lebih stabil dan rapat.

2. Penelitian oleh Dedi Susanto (2015)

Dedi Susanto melakukan penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung menggunakan zeolit pada kadar 6%, 8%, dan 10%. Hasil penelitian menunjukkan penurunan nilai batas cair dan indeks plastisitas serta peningkatan nilai CBR tanah lempung. Penelitian ini membuktikan peran zeolit dalam memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah lempung plastis tinggi.

3. Penelitian oleh Zulfanu Hadi dan Suradji Gandi (2022)

Dalam studi “Pengaruh Kombinasi batu zeolit dan semen terhadap kuat geser tanah lempung”, Zulfanu Hadi dan Suradji Gandi menemukan bahwa penggunaan kombinasi zeolit dan semen secara signifikan meningkatkan kuat geser tanah lempung dibandingkan penggunaan tunggal.

4. Penelitian oleh Rizky Ananda dan Sari Dewi (2019)

Rizky Ananda dan Sari Dewi meneliti pengaruh penambahan serat nanas terhadap sifat fisik dan mekanik tanah lempung. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa penambahan serat nanas 1% sampai 3% dapat meningkatkan kekuatan tanah dan menurunkan indeks plastisitas, sekaligus meningkatkan daya tahan terhadap perubahan kelembaban.

5. Penelitian oleh Muhammad Fikri dan Dian Putri (2021)

Dalam penelitian “Pengaruh Penambahan Zeolit dan Serat Alam pada Tanah Lempung”, Muhammad Fikri dan Dian Putri menemukan bahwa kombinasi zeolit dan serat alam dapat secara signifikan meningkatkan nilai kepadatan maksimum dan mengurangi nilai batas cair tanah lempung, memperlihatkan potensi kombinasi bahan untuk stabilisasi tanah secara ramah lingkungan.

Penambahan zeolit diharapkan menurunkan plastisitas tanah lempung dengan cara menyerap air dan memperbaiki struktur mikro tanah. Sementara itu, serat nanas berfungsi sebagai bahan penguat yang meningkatkan kohesi dan kepadatan tanah.