

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah

Tanah merupakan lapisan permukaan bumi yang tersusun atas mineral dan bahan organik yang menutupi batuan. Sebagai bagian penting dari kerak bumi, tanah berfungsi sebagai penopang utama kehidupan. Perannya sangat krusial bagi seluruh makhluk hidup karena menyediakan unsur hara dan air bagi pertumbuhan tanaman, sekaligus menjadi media penyangga akar serta fondasi bagi bangunan yang berdiri di atasnya.

Tanah terbentuk secara alami melalui melalui proses pelapukan atau penguraian partikel batuan serta pembusukan bahan organik (humus) di permukaan bumi. Partikel partikel ini tersusun bebas membentuk struktur tanah yang memiliki pori pori. Sekitar setengah dari volume tanah terdiri atas bagian padat, sedangkan sisanya terdiri dan terisi oleh air dan udara. Secara umum, tanah dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu tanah berkohesif dan tanah tidak berkohesif. Tanah berkohesif memiliki sifat fisik yang mengalami pembasahan dan pengeringan berulang sehingga butirannya saling melekat erat, memerlukan gaya untuk memisahkannya saat kering, contohnya tanah lempung. Sementara itu, tanah tidak berkohesif tersusun dari butiran yang terlepas saat kering dan hanya saling menempel ketika basah karena adanya gaya tarik permukaan air di antara butiran, misalnya tanah berpasir (Bowles, n.d.).

2.2 Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah ditentukan oleh komposisi padatan, air, dan udara yang menyusunnya, serta sifat kohesi antarbutiran. Tanah berkohesif, seperti lempung, memiliki partikel yang saling melekat kuat akibat siklus pembasahan dan pengeringan, sehingga memerlukan gaya tertentu untuk memisahkannya dalam kondisi kering. Sebaliknya, tanah tidak berkohesif, seperti pasir, memiliki butiran yang mudah terlepas saat kering dan hanya saling menempel ketika basah karena pengaruh gaya tarik permukaan air di antara butirannya. Tanah organik berwarna hitam merupakan komponen utama pembentuk lahan gambut yang pada akhirnya dapat berubah menjadi batu bara. Kandungan mineral pada tanah organik relatif

rendah, dengan suplai mineral berasal dari aliran air atau hasil dekomposisi jaringan makhluk hidup.

Warna tanah merupakan ciri utama yang paling mudah diingat orang ketika melihat tanah. Karena warna tanah sangat bervariasi, mulai dari hitam kelam, coklat, merah bata, jingga, kuning, hingga putih. Warna tanah terjadi akibat oleh pelapukan kimia dan biologi.

Tanah ekspansif memiliki sifat yang berbeda dibandingkan jenis tanah pada umumnya, dengan karakteristik sebagai berikut:

- A. Mineral lempung Perubahan volume pada tanah ekspansif umumnya disebabkan oleh kandungan mineral lempung seperti montmorillonite atau vermiculite, sementara illite dan kaolinite juga dapat bersifat ekspansif apabila memiliki ukuran partikel yang sangat halus.
- B. Kimia tanah Peningkatan konsentrasi kation dan tingginya valensi kation dapat menghambat proses pengembangan tanah.
- C. Plastisitas Tanah dengan nilai indeks plastisitas dan batas cair yang tinggi cenderung memiliki potensi pengembangan yang lebih besar.
- D. Struktur tanah Lempung yang berstruktur flokulasi biasanya lebih ekspansif dibandingkan lempung yang berstruktur dispersi.
- E. Berat isi kering Tanah dengan berat isi kering tinggi memiliki jarak antarpartikel yang lebih kecil, sehingga gaya tolaknya besar dan potensi pengembangannya lebih tinggi

2.3 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan 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).

2.3.1 Klasifikasi Sistem USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi yang awalnya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942, yang digunakan sebagai, pekerjaan pembuatan lapangan terbang (Das, 1995).

Tabel 2. 1 Kelompok Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Prefiks	Sub kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi Baik	W
Pasir	S	Gradasi Buruk	P
Lanau	M	Berlanau	M
Lempung	C	Berlempung	C
Organik	O	WL > 50 Persen	L
Gambut	Pt	WL > 50 Persen	H

Sumber : (Bowles J.E, 1991).

- 1) Tanah berbutir kasar, yaitu tanah kerikil dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (gravel) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (sand) atau tanah berpasir.
- 2) Tanah berbutir halus, Adalah tanah yang lebih dari 50% berat total contoh tanahnya dapat melewati saringan No. 200. Simbol untuk kelompok ini diawali huruf M untuk lanau (silt) anorganik, C untuk lempung (clay) anorganik, dan O untuk lanau atau lempung organik. Sementara itu, simbol PT digunakan untuk tanah gambut (peat), lumpur organik (muck), atau tanah lain dengan kandungan bahan organik yang tinggi.
- 3) Tanah organik (gambut/humus) Secara laboratorium, tanah ini dapat diidentifikasi apabila selisih nilai batas cair antara contoh tanah yang belum dioven dan yang telah dioven melebihi 25%.

Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah bersangkutan pada bagan plastisitas yang diberikan dalam **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Umum	
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No. 200	Pasir Lebih dari 50% fraksi	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan butiran halus	GP	Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-lanau
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lanau	
	dari 50% fraksi kasar	Pasir Bersih (hanya kerikil)	SW	Pasir bergradasi baik dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP	Pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-pasir lanau
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-pasir-lanau
	50% atau lebih lolos ayakan No. 200 Tanah Berbutir Halus	Lanau dan lempung Batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau organik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
			CL	Lempung organik dengan pastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)
OL			Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
Lanau dan lempung dari 50%		MH	Lanau-organik atau pasir halus diatomae atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH	Lempung anorganik dengan pastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)	
		OH	Lempung organik dengan pastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Sumber : Das (1991)

2.3.2 Klasifikasi Sistem AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials Classification) digunakan untuk menentukan kualitas tanah sebagai perencanaan timbunan jalan, subbase dan subgrade. Karena sistem ini dirancang untuk tujuan tersebut, dalam penerapan dilapangan harus mempertimbangkan maksud asli pembuatannya.

Sistem klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) digunakan untuk menilai kualitas tanah dalam perencanaan konstruksi jalan, khususnya pada lapis dasar (subbase) dan tanah dasar (subgrade). Karena dirancang untuk kebutuhan tersebut, penerapannya dalam praktik harus disesuaikan dengan tujuan awal pembuatannya. Dalam sistem ini, tanah dikelompokkan menjadi tujuh kategori utama, yaitu A-1 hingga A-7.

A-1, Merupakan kelompok tanah yang terdiri atas campuran kerikil, pasir kasar, dan pasir halus dengan gradasi baik serta memiliki plastisitas sangat rendah atau bahkan tidak ada. Subkelompok A-1-a dapat mengandung kerikil dalam jumlah cukup banyak dengan gradasi lebih besar dibandingkan A-1-b yang didominasi oleh pasir kasar. Tanah dalam kelompok ini memiliki plastisitas rendah dengan nilai $I_p < 6$.

A-2, Kelompok ini terdiri atas campuran kerikil dan/atau pasir dengan kandungan tanah berbutir halus kurang dari 35%, sehingga berada pada batas peralihan antara tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Subkelompok A-2-4 dan A-2-5 memiliki material yang tidak lebih dari 35% lolos saringan No. 200, dengan sifat plastisitas menyerupai kelompok A-6 dan A-7.

A-3 Kelompok ini terdiri atas pasir halus yang relatif seragam atau pasir halus dengan gradasi buruk yang mengandung sedikit pasir kasar dan kerikil. Jenis tanah ini bersifat nonplastis..

Kelompok tanah A-4 hingga A-7 terdiri dari material lanau dan lempung, yang termasuk tanah berbutir halus dengan lebih dari 35% butirannya lolos saringan No. 200. Karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh sifat plastisitas tanah.

- A-4, merupakan kelompok jenis tanah lanau dengan plastisitas rendah.
- A-5, merupakan kelompok jenis tanah lanau yang mengandung tanah plastis, sehingga tanahnya lebih plastis dari pada A-4.
- A-6, merupakan kelompok jenis lempung yang mengandung pasir dan kerikil, yang masih mempunyai sifat perubahan volumenya besar.
- A-7, merupakan kelompok jenis tanah lempung yang bersifat plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang cukup besar. Kelompok tanah A-7 dibagi.
- A-8, adalah gambut (sangat organis) atau rawang (tipis, sangat berair dengan bahan organik yang cukup banyak) dan diidentifikasi lewat pemeriksaan terhadap deposit.

Dalam penerapan sistem klasifikasi AASHTO, data hasil pengujian dicocokkan dengan nilai-nilai yang tercantum pada Tabel 1, dimulai dari kolom sebelah kiri menuju kolom sebelah kanan, hingga diperoleh kecocokan yang tepat (Das, 1995). Tabel klasifikasi AASHTO bisa dilihat di **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Kasifikasi Umum	Tanah berbutir (Contoh tanah lolos saringan no. 200 < 35%)				Tanah lanau – lempung (Contoh tanah lolos saringan No. 200 > 35%)											
	A-1		A-3		A-2		A-4		A-5		A-6		A-7			
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b	A-3		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4		A-5		A-6		A-7	
Analisis saringan (% lolos)																
No. 10		Maks 50														
No. 40		Maks 30	Maks 50													
No. 200		Maks 15	Maks 25	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 36	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos saringan No. 40																
Batas cair (LL)					Maks 40	Maks 41	Maks 40	Maks 41	Maks 40	Maks 40	Maks 41	Maks 40	Maks 41	Maks 40	Maks 41	Maks 41
Indeks plastis (PI)		Maks 6	NP		Maks 10	Maks 10	Maks 11	Maks 11	Maks 10	Maks 10	Maks 10	Maks 10	Maks 10	Maks 11	Maks 11	Maks 11
Tipe mineral yang paling dominan	Batu pecahan, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau bertempung				Tanah berlanau		Tanah bertempung						
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik				Baik sekali sampai baik				Biasa sampai jelek							

Sumber : (Das, 1991)

2.4 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Uji sifat fisik tanah merupakan sifat yang berhubungan dengan elemen penyusunan masa tanah yang ada. dalam menentukan sifat fisik tanah terdapat beberapa pengujian yang harus di lakukan meliputi :

2.4.1 Uji (*Free Swelling Test*)

Free Swelling adalah metode laboratorium yang digunakan untuk mengukur potensi pengembangan (Swelling) tanah ketika menyerap air. Pengujian ini sangat penting dalam geoteknik, terutama untuk perencanaan bangunan. Dengan mengetahui nilai Free Swelling, insinyur dapat mengantisipasi pergerakan tanah yang dapat merusak struktur atau memilih Teknik perbaikan tanah yang sesuai. Berikut rumus untuk menghitung indeks pengembangan bebas:

$$\frac{H_2-H_1}{H_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan

H1 = tinggi awal

H2 = total tinggi awal dan tinggi pengembangan

2.4.2 Analisis Saringan

Analisa ukuran butiran adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu (Hardiyatmo, 1992). Dalam analisis saringan, sejumlah saringan yang memiliki ukuran lubang berbeda-beda disusun dengan ukuran yang terbesar di atas yang kecil.

Penyaringan merupakan metode yang biasanya secara langsung untuk menentukan ukuran partikel dengan didasarkan pada batas-batas bawah ukuran lubang saringan yang digunakan.

Tabel 2. 4 Diameter Lubang Ayakan Beberapa Standar

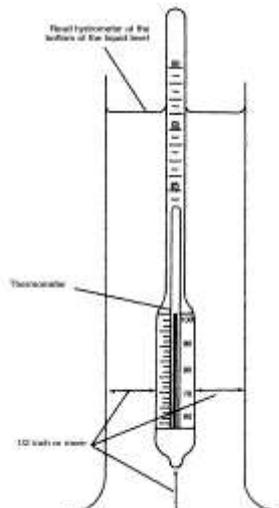
<i>American Society for Testing and Materials, ASTM</i>		AASHTO	<i>British Standard</i>	
			BS 1377 : 1975	
Nomor Ayakan	Ukuran Lubang (mm)	Ukuran Lubang (mm)	Nomor Ayakan	Ukuran Lubang (mm)
No.4	4,76	4,75		
No.6	3,35			
No.8	2,36	2,36	No.8	2,075
No.10	2,00			
No.16	1,18	1,18	NO.16	1,003
No.20	0,841			
No.30	0,595	0,600	No.30	0,500
			No.36	0,422
No.40	0,425			
No.50	0,300	0,300	No.52	0,295
No.60	0,250		No..60	0,251
No.80	0,180		No.85	0,178
No.100	0,150	0,150	No.100	0,152
No.140	0,106			
No.170	0,088	0,090		
No.200	0,075	0,075	No.200	0,075

Sumber : Hardiyatmo, 2002

2.4.3 Uji Hidrometer Test

Metode pengujian yang digunakan sebagai uji untuk menentukan hasil distribusi ukuran butir tanah berbutir halus, seperti lempung dan lanau, berdasarkan prinsip sedimentasi. Pengujian ini mengukur kecepatan partikel tanah mengendap dalam cairan (biasanya air) di bawah pengaruh gravitasi.

Distribusi ukuran butir pada tanah berbutir halus, maupun fraksi halus dari tanah berbutir kasar, dapat dianalisis melalui metode sedimentasi atau pengendapan. Ketika sampel tanah dicampur dengan air, partikel-partikelnya akan mengendap dengan kecepatan berbeda-beda tergantung pada bentuk, ukuran, dan berat masing-masing. Metode ini didasarkan pada Hukum Stokes (H.C. Hardiyatmo, 2002).



Gambar 2. 1 Alat Pengujian Hidrometer Test
Sumber : SNI 3423 : 2008, (2008)

2.4.4 Shrinkage Limit

Batas susut adalah kadar air pada kondisi kejenuhan 100%, di mana penurunan kadar air di bawah nilai ini tidak lagi menyebabkan perubahan volume tanah meskipun proses pengeringan dilanjutkan. Parameter ini penting, terutama di daerah kering dan pada jenis tanah tertentu yang mengalami perubahan volume signifikan akibat perubahan kadar air. Menurut SNI 3422:2008, batas susut menunjukkan kadar air atau kondisi saat tanah jenuh yang telah mengering tidak akan mengalami penyusutan tambahan meskipun dikeringkan lebih lanjut. Artinya, setelah melewati batas ini, kehilangan kadar air selanjutnya tidak memengaruhi volume tanah. Pengujian batas susut (*shrinkage limit*) bertujuan untuk mengetahui nilai batas penyusutan tanah, yang dinyatakan dalam bentuk persamaan.

$$SL = M - \left(\frac{(V - V_o) \gamma_w}{W_o} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

SL: Batas susut,

M : Kadar air (%),

V : Isi tanah basah (cm³),

Vo : Isi tanah kering (cm³)

W_o : Berat tanah kering (gram)

γ_w : Berat isi air (gram/cm³)

2.4.5 Pengujian Berat Jenis Tanah

Untuk Penentuan berat jenis tanah dilakukan dengan cara mengukur berat tanah dengan volume yang telah diketahui. Untuk tanah asli, biasanya digunakan cincin yang ditekan ke dalam tanah hingga terisi penuh, kemudian permukaan atas dan bawah diratakan sebelum cincin beserta tanahnya ditimbang. Pengujian berat jenis tanah bertujuan untuk mengetahui konsistensi serta sifat material, dan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 1964-2008. Setelah diperoleh nilai G_s , jenis tanah dapat diidentifikasi berdasarkan kisaran nilai berat jenis tersebut. Berikut adalah tabel berat jenis tanah:

Tabel 2. 5 Macam Macam Tanah Dari Berat Jenisnya

Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2.65-2.68
Pasir	2.65-2.68
Lanau Organik	2.62-2.68
Lempung Organik	2.58-2.62
Lempung Anorganik	2.68-2.75
Humus	1.37
Gambut	1.25-1.80

Sumber : SNI Berat Jenis Tanah, 1964:2008

Rumus untuk melakukan perhitungan uji berat jenis tanah dengan acuan SNI 1964-2008 sebagai berikut:

$$G_S = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) + (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

G_s = Berat Jenis

W_1 = Berat Piknometer (gram)

W_2 = Berat piknometer dan tanah kering (gram)

W_3 = Berat piknometer, tanah, air (gram)

W_4 = Berat piknometer dan air (gram)

2.4.6 Kadar Air Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari butiran mineral padat yang tidak saling menyatu secara sementasi dan berada di atas batuan dasar. Ikatan antarbutiran relatif lemah karena adanya rongga di antara partikel tanah, yang dapat terisi oleh air, udara, atau kombinasi keduanya. Pada kondisi benar-benar kering, seluruh pori tanah tidak mengandung air sama sekali, namun keadaan ini jarang dijumpai pada tanah di kondisi alami. Air hanya dapat dihilangkan sepenuhnya melalui perlakuan khusus, seperti pemanasan dalam oven. Penyelidikan tanah yang memadai merupakan tahap awal yang sangat penting dalam perencanaan proyek, sehingga pengujian kadar air perlu dilakukan.

Kadar air didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran padat (W_s) pada contoh tanah, dinyatakan dalam persen. Penentuan kadar air dilakukan dengan mengeringkan sejumlah tanah basah di dalam oven bersuhu 100°C – 110°C selama waktu tertentu. Air yang menguap selama proses pengeringan merupakan jumlah air yang terkandung di dalam tanah tersebut. Kadar air adalah perbandingan antara berat air dalam contoh tanah dengan berat butir.

Pedoman Pengujian kadar air mengacu pada prosedur ASTM D-2216-71, dan perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.4 berikut.

$$W = \frac{M_2 - M_3}{M_3 - M_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

W = kadar air (%)

M₁ = berat cawan kosong (gram)

M₂ = berat cawan + tanah basah (gram)

M₃ = berat cawan + tanah kering (gram)

2.4.7 Batas atterberg

Atterberg (1911) dalam (Bowles, n.d.) memperkenalkan metode untuk menggambarkan batas-batas konsistensi tanah berbutir halus berdasarkan kandungan airnya. Batas-batas tersebut meliputi:

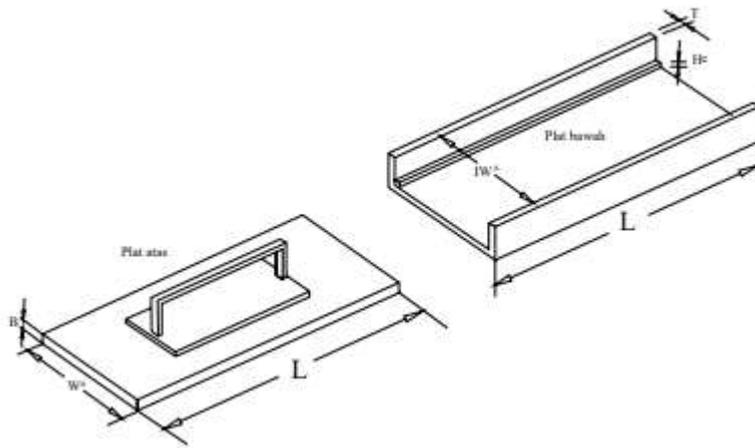
1. Batas cair

Batas cair (liquid limit) adalah kadar air tanah pada peralihan antara kondisi cair dan kondisi plastis (batas atas daerah plastis), atau kadar air minimum di mana tanah masih dapat mengalir akibat beratnya sendiri. Penentuan batas cair dilakukan menggunakan alat Cassagrande. Tanah yang telah dicampur air ditempatkan di dalam mangkuk Cassagrande, kemudian dibuat alur di tengahnya menggunakan alat pembuat alur (grooving tool). Bentuk alur akan terlihat berbeda sebelum dan sesudah pengujian.

Pengujian dilakukan dengan memutarnya engkol secara otomatis sehingga mangkuk terangkat dan dijatuhkan ke alas, sambil menghitung jumlah pukulan hingga kedua sisi alur saling bertemu. Umumnya, pengujian ini dilakukan pada beberapa sampel tanah dengan kadar air berbeda, dan jumlah pukulan dihitung untuk masing-masing kadar air. Hasil pengujian kemudian digunakan untuk membuat grafik hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan, dari mana dapat ditentukan kadar air pada jumlah pukulan tertentu.

2. Batas plastis

Batas plastis (plastic limit) adalah kadar air pada batas bawah daerah plastis, yaitu kadar air minimum di mana tanah masih dapat digulung hingga mencapai diameter 3,1 mm (1/8 inci). Penentuan kadar air ini dilakukan dengan menggiling tanah di atas pelat kaca sampai batang tanah yang terbentuk berdiameter 1/8 inci. Apabila tanah mulai retak atau pecah saat mencapai diameter tersebut, maka kadar air tersebut dianggap sebagai batas plastis.



Gambar 2. 2 Alat penggiling batas plastis

Sumber: SNI Batas Plastis tanah 1966:2008

$$\text{Batas plastis} = \frac{\text{berat masa air}}{\text{berat massa tanah kering}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

3. Indeks Plastisity

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis. Indeks plastisitas akan merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukkan sifat keplastisan tanahnya.

$$PI = PL - LL \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

PI: Indeks Plastisitas

LL : Batas cair

PL: Batas plastis

IP adalah rentang kadar air di mana tanah masih berada dalam kondisi plastis, sekaligus menjadi indikator tingkat keplastisan tanah. Jika rentang keplastisannya kecil, tanah disebut tanah kurus, sedangkan jika rentangnya besar, tanah disebut tanah gemuk. Penjelasan mengenai indeks plastisitas, sifat, jenis tanah, serta kohesinya menurut Atterberg disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. 6 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

Ip	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Nonplastisitas	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

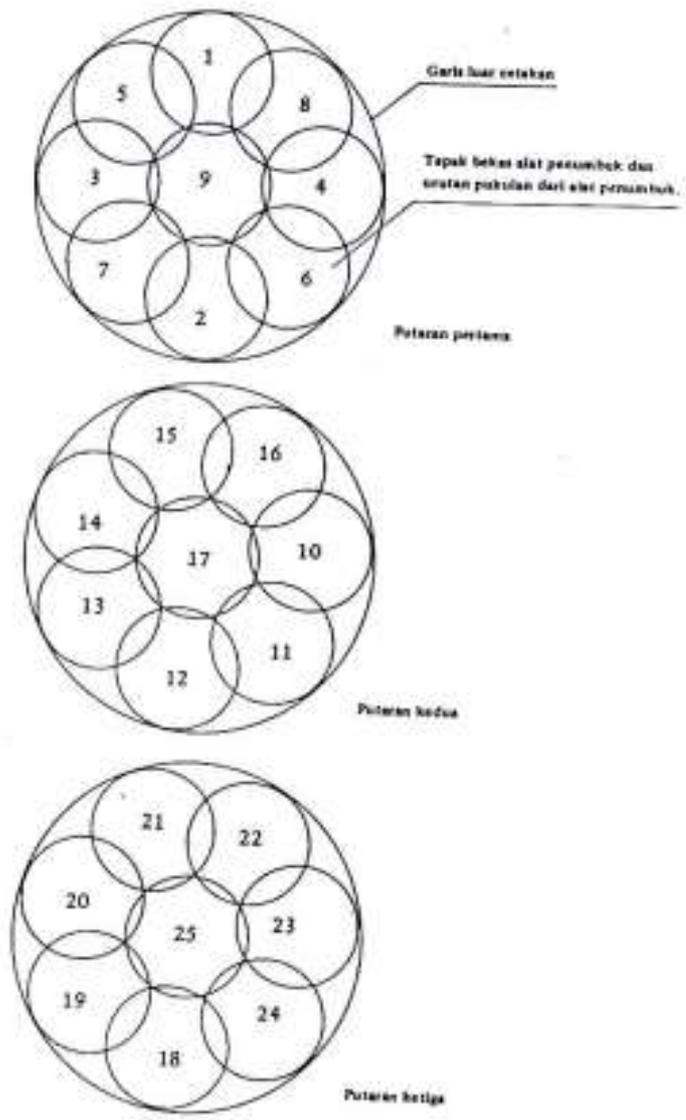
Sumber : (Hardiyatmo, 1992).

2.5 Uji Sifat Mekanis Tanah

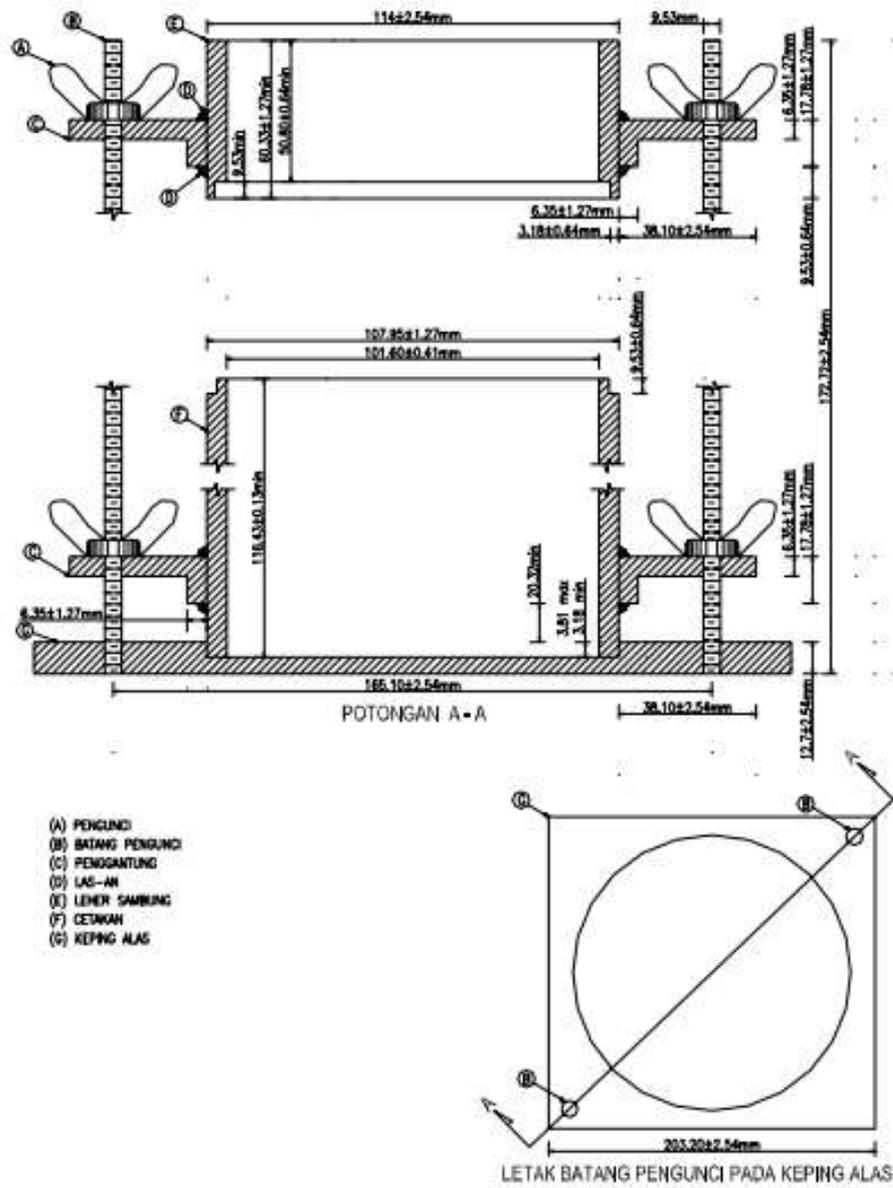
Sifat mekanis tanah adalah perilaku massa tanah ketika menerima gaya atau tekanan, yang dijelaskan secara teknis melalui prinsip mekanika (Kusuma, 2016). Dalam penelitian, penentuan sifat mekanis tanah dilakukan melalui beberapa jenis pengujian, di antaranya:

2.5.1 Proctor Standar

Dalam uji Proctor standar, tanah dipadatkan di dalam cetakan silinder berkapasitas 943,3 cm³ dengan diameter 4 inci (101,6 mm). Penumbuk yang digunakan memiliki berat 2,5 kg dengan tinggi jatuh 12 inci (304,88 mm). Selama pengujian di laboratorium, cetakan dipasang pada pelat dasar dan diberi perpanjangan berbentuk silinder di bagian atasnya. Tanah yang telah dicampur dengan air pada berbagai kadar kemudian dipadatkan menggunakan penumbuk khusus. Pemadatan dilakukan dalam tiga lapisan, diberi 25 tumbukan per lapisan (Das, 1988: 235)



Gambar 2. 3 Cara melakukan penumbukan proctor standar
Sumber: SNI Proctor Standar, 2008

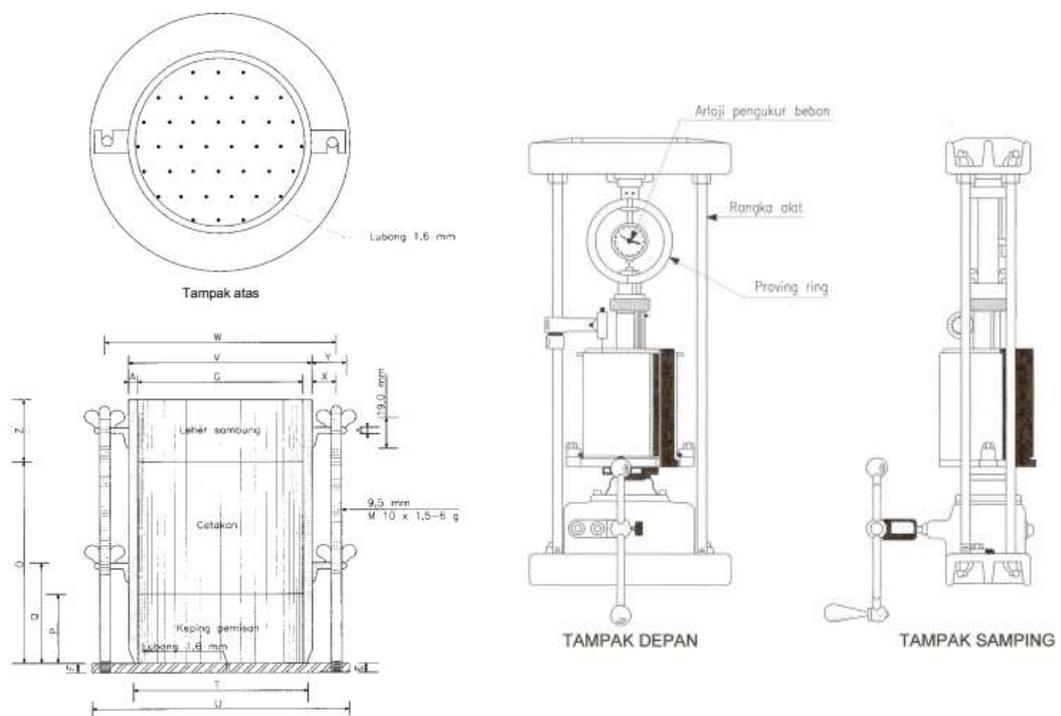


Gambar 2. 4 Cetakan Silinder dan Kepingan alas
Sumber: SNI Proctor Standar, 2008

2.5.2 CBR

California Bearing Ratio (CBR) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah, yaitu dengan membandingkan gaya perlawanan penetrasi piston terhadap tanah. *California Bearing Ratio* (CBR) adalah sebuah indeks yang digunakan dalam rekayasa geoteknik untuk mengukur kemampuan tanah menahan beban, dan menjadi parameter penting dalam perencanaan perkerasan jalan maupun landasan bandara. Indeks ini menunjukkan sejauh mana tanah dapat mempertahankan kekuatan serta ketahanannya terhadap deformasi akibat pembebanan.

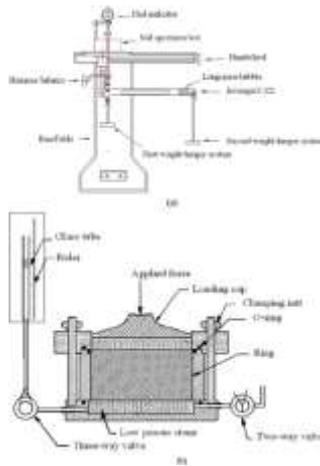
Pengukuran CBR dilakukan di laboratorium menggunakan alat uji CBR, di mana sampel tanah diberikan tekanan oleh kerucut baja (steel cone) berukuran standar. Hasil pengujian dinyatakan sebagai persentase daya tahan penetrasi tanah uji dibandingkan dengan tanah standar.



Gambar 2. 5 Cetakan dan alat Uji CBR
Sumber: SNI uji CBR laboratorium, 2012

2.5.3 Oedometer

Oedometer tes atau konsolidasi tes merupakan pengujian tanah yang digunakan untuk mengevaluasi sifat kompresibilitas dan konsolidasi tanah.



Gambar 2. 6 Alat Uji Oedometer

Sumber : Ling-Ling Zeng et al. 2011

Uji ini sangat penting dalam bidang teknik geoteknik, terutama untuk perencanaan pondasi bangunan, jalan raya, dan struktur lainnya yang berdiri di atas tanah lunak. Dengan perhitungan : Tinggi sampel

$$(R) = T \times 10 - \left(\frac{\text{bacaan dial} - 100}{100} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

R = Tinggi sampel

T = Tinggi

2.6 Definisi Tanah Mengembang

Tanah mengembang adalah tanah yang mempunyai sifat kembang susut besar, sifat kembang susut ini dipengaruhi oleh kandungan air yang ada di dalam tanah tersebut. Jika kandungan air banyak maka tanah tersebut akan mengembang dan kekuatan daya dukungnya akan berkurang, demikian juga sebaliknya jika kadar air berkurang atau kering maka tanah tersebut akan menyusut dan mengakibatkan tanah pecah pecah dipermukaannya, sedangkan daya dukung tanahnya akan meningkat.

2.7 Metode Pengujian Yang Dipakai

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan teknis tanah yang diuji. Jenis pengujian tanah di laboratorium beserta metode pengukurannya dapat dibagi sebagai berikut:

1. Uji berat jenis tanah sesuai (SNI 1964:2008)
2. Uji batas-batas Atterberg, meliputi pengujian batas cair (SNI 03-1967), batas plastis (SNI 03-1966), dan batas susut (SNI 3422:2008), yang digunakan untuk menentukan indeks plastisitas.
3. Uji analisis ukuran butir menggunakan metode hidrometer (SNI 03-3423).
4. Uji pemadatan Proctor standar sesuai SNI 1742:2008.
5. Uji California Bearing Ratio (CBR) berdasarkan (SNI 1744:2012)
6. Uji konsolidasi oedometer.

2.8 Free swelling

Kembang susut tanah adalah peristiwa ketika tanah mengembang karena air masuk ke dalam pori-pori tanah, menggantikan udara yang ada, biasanya karena adanya beban tambahan. Untuk melakukan uji kembang bebas, tanah kering yang sudah lulus saringan No. 200 dimasukkan ke dalam gelas ukur 100 ml yang berisi air, lalu diukur berapa besar volume tanah mengembang setelah tanah turun sepenuhnya. Nilai kembang bebas dinyatakan dalam bentuk perbandingan antara perubahan volume dengan volume awal, dalam bentuk persen. Jika nilai kembang bebas tanah mencapai minimal 100%, maka tanah tersebut akan mengalami pengembangan yang signifikan di lapangan ketika dalam kondisi basah. Tanah dalam kondisi tersebut perlu dipertimbangkan dalam perancangan proyek.

$$FSI = \frac{V_f - V_i}{V_i} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan

FSI = Free Swelling Indeks

V_f = Volume akhir (setelah pengembangan)

V_i = Volume awal (sebelum pengembangan)

2.9 Peneliti Terdahulu

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan rujukan penelitian terdahulu agar memperoleh pemahamanyang luas.

1	Judul	Analisa Hubungan Kepadatan Dan Sweling Pada Tanah Lempung Ekspansif
	Penulis	Misdi (2024)
	Abstract	Permasalahan pada tanah lempung yang memiliki indeks plastisitas yang tinggi selain daya dukung yang rendah adalah masalah pengembangan (swelling) yang cukup besar yang sering menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi dan jalan bergelombang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari besarnya pengembangan dari tanah lempung ekspansif pada tingkat pemadatan dan kadar air awal yang berbeda - beda. Untuk mengetahui besarnya tingkat pengembangan (ekspansivitas) tanah, perlu dilakukan penelitian di Laboratorium, seperti uji Indeks Propertis serta CBR dan swelling test . Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengembangan tanah ekspansif sangat tergantung pada besarnya kadar air awal dari tanah tersebut. Selain itu tingkat pemadatan juga turut mempengaruhi pengembangan , dimana semakin tinggi tingkat kepadatan tanah semakin besar pula potensi pengembangan (swelling potential). Oleh karena itu pembangunan pada tanah ekspansif perlu didahului dengan perbaikan / stabilisasi tanah baik secara kimia maupun secara mekanik.
	Latar Belakang	Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan atau bahan

		<p>konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, seperti tembok/dinding penahan tanah. Jadi tanah itu selalu berperan pada setiap pekerjaan teknik sipil. Sebagian besar tanah di Indonesia terdiri dari tanah lempung. Tanah jenis ini, pada umumnya mengandung mineral yang mempunyai potensi swelling (pembengangan) yang tinggi, dan dapat disebut tanah ekspansif. Selain itu tanah jenis ini memiliki sensitivitas yang sangat tinggi terhadap perubahan kadar air yang terjadi. Jadi kandungan air yang ada dalam tanah lempung sangat mempengaruhi sifat dan perilaku tanah tersebut, khususnya pada proses pembengangannya (swelling). Pada musim hujan, air permukaan dapat merembes masuk kedalam tanah dan mengakibatkan kadar air meningkat. selanjutnya tekanan akibat pembengangan tanah lempung akan mendesak struktur bangunan di atasnya (gedung, perkerasan jalan raya, saluran air dan fasilitas lainnya) sampai menjadi cembung sehingga menimbulkan kerusakan pada struktur bangunan. Sebaliknya pada musim kemarau, apabila kadar air tanah turun sampai melampaui batas susutnya, maka akan menimbulkan penurunan yang tidak merata pada struktur bangunan dan juga akan terjadi retak-retak pada struktur bangunan.</p>
	<p>Kesimpulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tingkat pembengangan pada tanah ekspansif sangat dipengaruhi oleh besarnya kadar air awal (Natural Moisture Content). 2. Tingkat pembengangan yang besar akan terjadi pada saat kadar air optimumnya belum tercapai. Sedangkan pada saat kadar airnya telah melebihi nilai kadar air optimum (wet side of optimum), potensi pembengangannya akan mengecil.

		<p>3. Tingkat pengembangan pada tanah ekspansif juga dipengaruhi kepadatan tanah. Tanah yang memiliki kepadatan yang lebih besar akan memiliki potensi pengembangan yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanah yang memiliki tingkat kepadatan yang relatif kecil pada kadar air awal yang sama.</p> <p>4. Indeks Plastisitas dapat digunakan untuk memprediksi karakteristik swelling tanah ekspansif dimana tanah ekspansif yang mempunyai Indeks Plastisitas yang tinggi akan mempunyai kecenderungan mengembang yang besar.</p>
2	judul	Prediksi Total Heave Tanah Ekspansif Kawasan Jalan Tanjung Api-Api
	Penulis	Indra Chusaini San (2010)
	Abstract	<p>Tanah ekspansif merupakan salah satu jenis tanah bermasalah, sangat peka terhadap perubahan kadar air. Tanah ini mempunyai ciri-ciri kembang susut yang besar akibat dari perubahan volume pori yang dapat menimbulkan gaya angkat terhadap konstruksi yang ada sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada konstruksi tersebut. Kondisi tanah yang terdapat di kawasan Tanjung Api-Api adalah tanah lempung lunak dan sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga perubahan kadar air yang selalu terjadi akan mengakibatkan terjadinya perubahan volume pada lapisan tanah lempung. Untuk itu maka perlu diketahui perilaku tanah ekspansif yang terdapat di kawasan ini, terutama memprediksi besarnya daya angkat yang ditimbulkan oleh tanah ekspansif tersebut. Penelitian ini berusaha mengetahui perilaku tanah ekspansif terutama besarnya daya angkat tanah yang terdapat di kawasan Tanjung Api-Api. Pembahasan kajian ini</p>

	<p>meliputi pengujian indeks properties tanah, identifikasi tanah lempung ekspansif, penentuan kadar air optimum, pengukuran tekanan mengembang, persentase pengembangan dan hubungannya dengan kadar air, serta mencari besarnya total heave tanah. Pengujian dilakukan terhadap tiga kondisi kadar air tanah yang berbeda. Pengambilan sample dilakukan sebanyak tiga kali pada bulan April, Juni dan September. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada kondisi kadar air rendah (bulan April) tanah di kawasan Tanjung Api-api mempunyai persentase pengembangan yang sangat tinggi (>13 %), sementara tinggi daya angkat tanah mencapai 0,09 m, besarnya persentase pengembangan ini menurun seiring bertambahnya kadar air tanah. Dari analisis ini diketahui bahwa tanah di kawasan Tanjung Api-api mempunyai potensi pengembangan dan daya angkat yang sangat tinggi.</p>
Latar Belakang	<p>Tanah ekspansif umumnya adalah tanah yang mengandung mineral lempung, yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan volume yang sangat besar akibat pengaruh perubahan kadar air. Perubahan yang sangat besar ini dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada konstruksi, khususnya pada konstruksi ringan dan pavement. Kawasan. Tanjung Api-api merupakan prioritas utama bagi Pemerintahan Propinsi Sumatera Selatan untuk dikembangkan menjadi kawasan pelabuhan yang terdiri dari pelabuhan samudera, pelabuhan barang curah dan pelabuhan penyeberangan. Dengan semakin berkembangnya kawasan Tanjung Api-api tentu memerlukan infrastruktur sebagai penunjang segala kegiatan di wilayah tersebut. Jenis tanah pada daerah ini umumnya terdiri dari tanah gambut dan lapisan lempung sangat</p>

	<p>lunak sampai dengan agak kenyal dan sangat dipengaruhi oleh pasang surut sehingga perubahan kadar air yang selalu terjadi akan mengakibatkan terjadinya perubahan volume pada lapisan tanah lempung, untuk itu perlu diketahui perilaku tanah ekspansif yang terdapat di kawasan ini, terutama memprediksi besarnya daya angkat yang ditimbulkan oleh tanah ekspansif tersebut.</p>
Kesimpulan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dari hasil Identifikasi tanah dengan metode Indeks tunggal dan metode klasifikasi, tanah di kawasan Tanjung Api-api merupakan tanah lempung ekspansif dengan potensi pengembangan (swelling potential) sangat tinggi. 2. Untuk kondisi tanah asli tanpa pemadatan, semakin rendah pengembangan kadar semakin air tinggi, persentase besarnya persentase pengembangan untuk tanah asli mencapai nilai 13 %, tetapi persentase pengembangan tertinggi terjadi pada tanah dalam kondisi kepadatan maksimum dan kadar optimum, hal ini menunjukkan bahwa besarnya persentase pengembangan selain ditentukan oleh kadar air juga ditentukan oleh kepadatan tanah. 3. Hasil pengujian double oedometer menunjukkan tanah lempung ekspansif di kawasan jalan Tanjung Api-api mempunyai daya angkat yang tinggi karena mempunyai nilai tekanan pengembangan (Ps) yang sangat besar mencapai 90 Kpa = 9,1775 ton/m² pada kondisi kadar air rendah (bulan April). Untuk kondisi kepadatan maksimum dan kadar air optimum tekanan pengembangan mencapai nilai 200 kpa

		4. Tinggi angkatan (total heave) untuk kondisi tanah asli dari keempat lokasi mencapai nilai yang relatif besar yaitu lebih dari 0,09 m.
3	Judul	Potensi Mengembang Tanah Lempung Di Wilayah Kampung Cigintung, Desa Cimuncang, Kecamatan Malausma, Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat
	Penulis	Widya Ika Retnoningtyas, Zufialdi Zakaria, Emi Sukiyah (2017)
	Abstract	Daerah penelitian di wilayah Majalengka, Provinsi Jawa Barat tersusun oleh batuan hasil endapan gunungapi tua (Qtvs), dan Formasi Kaliwangu (Tpkw). Hasil pelapukan batuan tersebut berupa tanah lempung dengan potensi mengembang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat mengembang, dan bahaya yang ditimbulkan dari tanah lempung yang ada di wilayah penelitian berkaitan dengan gerakan tanah yang sering terjadi di wilayah ini. Tingkat potensi mengembang tanah lempung ini dapat dianalisis menggunakan data mekanika tanah, yaitu indek plastisitas dan persen lempung. Data mekanika tanah tersebut digunakan untuk menghitung nilai aktifitas dari lempung. Berdasarkan klasifikasi skempton nilai aktifitas lempung yang didapat adalah 0,62 sampai 1,35. Jenis mineral lempung Illite dan Monmorilonite (Ca), dan tingkat potensi mengembang tinggi sampai sangat tinggi. Sedangkan berdasarkan klasifikasi Bowles dan Seed menunjukkan nilai aktifitas sebesar 0,79 sampai 1,80, dengan jenis mineral lempung Illite dan Monmorilonite, dan potensi mengembang tanah lempung ini adalah tinggi sampai sangat tinggi.

Latar Belakang	<p>Tanah adalah material yang selalu berhubungan dengan keteknikan, karena itu tanah sangat berpengaruh terhadap perencanaan wilayah, dan perencanaan konstruksi. Dari berbagai jenis tanah, tanah lempung adalah tanah yang banyak ditemukan dalam masalah keteknikan, karena tanah lempung merupakan tanah yang kohesif. Tanah kohesif adalah kumpulan partikel mineral yang mempunyai indeks plastisitas sesuai dengan batas-batas atterberg, yang pada saat mengering akan membentuk suatu massa tanah yang bersatu sedemikian rupa sehingga dibutuhkan suatu gaya untuk memisahkan setiap butiran miroskopisnya. Tanah pelapukan batulempung mempunyai sifat dan karakteristik yang khas sesuai dengan komposisi mineral penyusunnya. Sifat yang dimiliki oleh lempung adalah sifat mengembang (swelling), terutama apabila terdapat air dan mudah hancur apabila terkena udara atau terlapukkan secara fisik berupa lempung yang remuk, pecah berkeping-keping ataupun terutai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan dan mengetahui potensi mengembang pada tanah lempung dan bahaya yang akan ditimbulkan dari tanah lempung mengembang ini, sedangkan manfaat agar dapat mengetahui sifat kembang (swelling) dari lempung, dan memperkecil bahaya yang akan terjadi dengan adanya tanah lempung ini.</p>
kesimpulan	<p>Analisis mengenai potensi mengembang tanah lempung di wilayah Kampung Cigintung, Desa Cimuncang, Kecamatan Malausma, Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat ini menggunakan metode klasifikasi Seed, William dan Skempton. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa tanah lempung yang ada di wilayah ini adalah tanah</p>

		<p>lempung yang mempunyai potensi mengembang tinggi sampai sangat tinggi. Tanah lempung jenis ini sangat berbahaya jika berada didaerah yang rentan terhadap gerakan tanah. Karena tanah lempung yang berada pada lapisan bagian bawah batuan vulkanik akan menjadi bidang gelincir dan menyebabkan tanah yang ada dibagian atasnya bergerak, pada saat kondisi air banyak atau musim penghujan. Berdasarkan hasil analisis nilai aktifitas yang didapatkan di daerah penelitian ini dengan menggunakan klasifikasi skempton adalah 0,62 sampai 1,35, dengan jenis mineral lempung Illite dan Monmorilonite (Ca), sedangkan berdasarkan klasifikasi Bowles nilai aktifitas sebesar 0,79 sampai 1,80, dengan jenis mineral lempung Illite dan Monmorilonite.</p>
--	--	---