

Hubungan Sifat-Sifat Fisik Tanah dan Aktivitas Tanah Terhadap Nilai Koefisien Permeabilitas yang Dipengaruhi Campuran Semen Berdasarkan Uji Laboratorium

S Indira Adhi Ariana¹⁾

Iswan²⁾

Aminudin Syah²⁾

Abstract

Soil is the materials that has a very important role to support the construction on it. Soil permeability value for every construction is different. Such differences affect the strength of a civil construction to be built. The problem that is caused by settlement as seen in Palembang, Umbul Ligo, the soil is soft in the rainy season and its bearing capacity becomes low, so it makes a lot of construction problems. Therefore it is necessary to attempt to manipulate the soil permeability value by adding cement as an additive ingredients with the percentage of 0%, 4%, 8% and 12% to a soil permeability values obtained in order to meet the standard of civil construction to be built. Cement has very fine particles so that it can fill the soil pores and has a function as a strong binder. In testing physical properties, the soil includes the classification of A-7-6 soil or poorly categorized soil types. Due to cement addition into soft clay, compaction with the standard proctor experienced a decrease the optimum moisture content (OMC) and an increase in the weight of maximum dry volume, then in the permeability test, the permeability coefficient decreased 2,52%. The composition of the cement mixture affects the value of soil permeability. The lower permeability value follows the amount of cement mixture on the soil. The most change on permeability coefficient was recorded by the sample mixed with 12% of cement.

Keywords: Soft clay, Soil stabilization, Cement, Permeability.

Abstrak

Tanah merupakan material yang memegang peranan sangat penting dalam mendukung suatu konstruksi di atasnya. Kebutuhan nilai permeabilitas tanah untuk suatu konstruksi berbeda-beda. Perbedaan tersebut mempengaruhi kekuatan dari suatu konstruksi sipil yang akan dibangun. Permasalahan di daerah Palembang yang terlihat pada saat musim hujan tanah bersifat lembek dan daya dukung menjadi rendah, sehingga menyebabkan berbagai masalah konstruksi. Oleh karena itu, perlu adanya usaha dalam merekayasa nilai permeabilitas tanah dengan menambahkan zat *additive* semen dengan persentase 4%, 8% dan 12% pada suatu tanah agar nilai permeabilitas yang didapat memenuhi standar konstruksi sipil yang akan dibangun. Semen memiliki partikel yang sangat halus sehingga dapat mengisi pori-pori tanah dan berfungsi sebagai bahan pengikat yang kuat. Pada pengujian sifat fisik, tanah termasuk kedalam klasifikasi A-7-6 atau jenis tanah kategori buruk. Seiring bertambahnya semen, pemadatan dengan *standard proctor* mengalami penurunan nilai kadar air optimum (KAO) dan kenaikan berat volume kering maksimum, lalu pada pengujian permeabilitas didapatkan nilai koefisien permeabilitas mengalami penurunan sebesar rata-rata 2,52%. Komposisi campuran semen berpengaruh terhadap nilai permeabilitas tanah. Nilai permeabilitas semakin rendah mengikuti banyaknya campuran semen terhadap tanah. Perubahan nilai koefisien permeabilitas terbesar dicapai pada campuran 12%.

Kata Kunci: Tanah Lempung, Stabilisasi Tanah, Semen, Permeabilitas

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: indiraadhis21@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Tanah adalah salah satu material yang memegang peranan sangat penting dalam mendukung suatu konstruksi, oleh sebab itu tanah harus memiliki struktur yang baik. Tanah yang mengandung lebih banyak air bahkan melebihi berat partikel padatnya tidak terlalu baik. Studi mengenai aliran air melalui pori-pori tanah diperlukan dan sangat berguna di dalam memperkirakan jumlah rembesan air di dalam tanah. Pengujian permeabilitas dilakukan untuk menentukan koefisien permeabilitas, sehingga dapat mengkorelasikan sifat-sifat fisik tanah dan aktivitas tanah terhadap nilai koefisien permeabilitas.

Pada setiap lokasi konstruksi tidak selalu terdapat tanah yang memenuhi persyaratan teknis dan berkualitas baik, seperti tanah pada Desa Palembang pada saat musim hujan tanah bersifat lembek dan daya dukung menjadi rendah, sehingga menyebabkan retak-retak pada dinding rumah dan jalan bergelombang. Bila suatu konstruksi dibangun diatas tanah yang buruk maka akan menimbulkan berbagai masalah salah satunya adalah keruntuhan pada bendungan. Keruntuhan itu dapat diakibatkan karena rembesan atau bocoran.

Menurut Wesley (1973), permeabilitas atau daya rembesan adalah kemampuan tanah untuk dapat melewatkan air. Air yang dapat melewati tanah hampir selalu linier. Besarnya rembesan sangat dipengaruhi oleh kemampuan tanah pada bendungan untuk melewatkan air (sifat permeabilitas tanah). Oleh karena itu, perlu adanya usaha dalam merekayasa nilai permeabilitas tanah dengan menambahkan zat *additive* yang dimana diharapkan dapat menambah tingkat kepadatan dan kekuatan tanah dalam menahan laju rembesan air pada suatu tanah agar nilai permeabilitas yang didapat memenuhi standar konstruksi sipil yang akan dibangun. Penggunaan semen sebagai bahan stabilisasi tanah karena memiliki partikel halus sehingga dapat mengisi pori-pori tanah dan berfungsi sebagai bahan pengikat yang kuat maka dapat mengurangi penyerapan air.

Penelitian ini dilakukan pengujian permeabilitas di laboratorium. Nilai permeabilitas yang didapat dengan campuran semen tersebut digunakan sebagai pembandingan dari nilai permeabilitas tanah asli. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi optimum dalam variasi penambahan zat *additive* semen terhadap sifat mekanik tanah.

2. DASAR TEORI

2.1 Tanah

Tanah merupakan bagian lapisan bumi yang terdiri dari mineral serta bahan organik. Proses pembentukan tanah secara fisik dapat dipengaruhi oleh erosi, angin dan air. Menurut Bowles (1991), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis seperti Berangkal (*boulders*), Kerikil (*gravel*), Pasir (*sand*), Lanau (*silt*), dan Lempung (*clay*).

Tanah Lempung

Definisi tanah lempung menurut Das (1985), merupakan tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi basah. Menurut Bowles (1984) besarnya kohesi pada tanah lempung tergantung pada ukuran relatif dan jumlah berbagai butiran tanah dan mineral lempungnya. Mineral lempung berukuran sangat kecil (kurang dari μm) dan merupakan partikel yang sangat aktif secara elektrokimiawi. Menurut Terzaghi dalam keadaan kering sangat keras dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas tanah lempung sangat rendah (Das, 1995a).

Partikel-partikel mineral dari lempung merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif (Bowles, 1991). Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Das, 1995b). Menurut Chen (1975), mineral lempung terdiri dari 3 komponen utama yaitu *montmorillonite*, *illite* dan *kaolinite*.

Lempung *expansive* merupakan jenis tanah lempung yang diklasifikasikan ke dalam jenis tanah kurang baik yang memiliki nilai pengembangan dan nilai penyusutan yang besar, pengembangan (*swelling*) adalah pembesaran volume tanah *expansive* akibat bertambahnya kadar air, sedangkan penyusutan (*shrinkage*) adalah pengecilan volume tanah *expansive* akibat berkurangnya kadar air.

Salah satu sifat umum mineral lempung yaitu Aktivitas Tanah (*A*). (Hardiyatmo, 2006) mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (*IP*) dengan presentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm yang dinotasikan dengan huruf *C*.

2.2 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fregmen-fregmen mineral menjadi satu masa yang padat. Silikat dan aluminat yang terkandung dalam semen portland jika bereaksi dengan air akan menjadi perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Reaksi membentuk media perekat ini disebut dengan hidrasi (Neville, 1977: 10).

Semen hidrolis ialah yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis (dapat mengeras jika bereaksi dengan air) dengan gips sebagai bahan tambahan (SK SNI S-04-1989, 1989:1). Semen merupakan bahan pengikat yang paling terkenal dan paling banyak digunakan dalam proses konstruksi beton. Semen yang umum dipakai adalah semen *portland* tipe I.

2.3 Pengujian Pemadatan Tanah (*Standard Proctor*)

Menurut Bowles (1996) pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan penempatan partikel. Pemadatan yang digunakan pada penelitian ini adalah pemadatan *Standard Proctor*, dalam uji pemadatan ini tanah pada mulanya dikeringkan dahulu kemudian diberi air

dengan bahan stabilitas lainnya. Uji pemadatan *Proctor* ini menggunakan energi mekanis yang dilakukan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum.

Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemadatan ini adalah memperkecil pengaruh air terhadap tanah, bertambahnya kekuatan tanah, mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan memperkecil pemampatan dan daya rembes air. Selain itu, menurut Hardiyatmo (2002) pemadatan tanah bertujuan antara lain mempertinggi kuat geser tanah, mengurangi sifat mudah mampat (kompreibilitas), mengurangi permeabilitas dan mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan lainnya.

2.4 Pengujian Permeabilitas

Kemampuan fluida untuk mengalir melalui medium yang berpori adalah suatu sifat teknis yang disebut permeabilitas (Bowles, 1991). Permeabilitas juga dapat didefinisikan sebagai sifat bahan yang memungkinkan aliran rembesan zat cair mengalir melalui rongga pori (Hardiyatmo, 2001).

Tabel 1. Harga-harga koefisien permeabilitas tanah pada umumnya

Jenis Tanah	K	
	cm/det	Ft/menit
Kerikil bersih	1,0 – 100	2,0 - 200
Pasir kasar	1,0 – 0,01	2,0 – 0,02
Pasir halus	0,01 – 0,001	0,02 – 0,002
Lanau	0,001 – 0,00001	0,002 – 0,00002
Lempung	< 0,000001	< 0,000002

Uji permeabilitas *Falling Head* cocok digunakan untuk mengukur permeabilitas tanah berbutir halus. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Falling Head*, karena contoh tanah yang digunakan adalah tanah lempung. Pada pengujian ini, air dari dalam pipa tegak yang dipasang di atas contoh tanah mengalir melalui contoh tanah. Ketinggian air pada awal pengujian h_1 pada saat waktu $t_1 = 0$ dicatat, kemudian air dibiarkan mengalir melalui contoh tanah hingga perbedaan tinggi air pada waktu t_2 adalah h_2 .

Jumlah air yang mengalir melalui contoh tanah pada suatu waktu (t) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q = k \times \frac{h}{L} \times A = -a \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (1)$$

2.5 Stabilisasi Tanah

Menurut Bowles (1984), stabilitas dapat terdiri dari salah satu tindakan sebagai berikut:

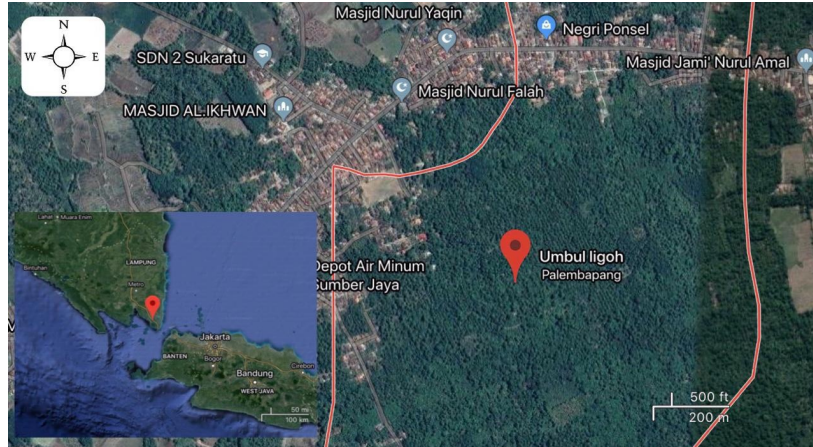
1. Menambah kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi atau tekanan geser.
3. Menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah.
4. Menurunkan muka air tanah (*dewatering*).
5. Mengganti tanah-tanah yang buruk.

Stabilisasi Tanah dengan Semen

Ketika semen dicampur dengan tanah, reaksi utama yang terjadi adalah reaksi semen dengan air dalam tanah yang mengarah pada pembentukan material yang bersifat semen (*cementitious material*). Selain itu, dalam prosesnya reaksi pozzolan terjadi dengan berlalunya waktu yang mana silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang terkandung dalam tanah lempung akan bereaksi dengan adanya semen, yang mana diuraikan sebagai berikut:



3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel tanah

Bahan yang digunakan berupa sampel tanah diambil dari daerah Palembang, Umbul Ligoh, Kec. Kalianda, Kab. Lampung Selatan dengan kondisi tanah terganggu (*disturbed sample*). Pengambilan dengan cara dicangkul, selanjutnya sampel dikeringkan sampai kondisi kering lapangan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental di Laboratorium Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Pengumpulan Data

Data primer pada penelitian ini yaitu data yang diperoleh melalui penelitian di laboratorium. Hasil dari penelitian ini berupa nilai koefisien permeabilitas (*K*). Semen yang digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah dengan variasi campuran 0%, 4%, 8% dan 12% dari berat kering tanah. Pengujian penurunan tanah dilakukan dengan uji konsolidasi satu dimensi. Sampel uji konsolidasi menggunakan kadar air optimum dari hasil pengujian pemadatan *standard proctor*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian indeks propertis tanah lempung memperoleh kadar air (ω) sebesar 46,12%, *specific gravity* (G_s) sebesar 2,5900 gr/cm³ dan berat isi tanah basah (γ_b) sebesar 1,6912. Distribusi ukuran butiran tanah termasuk jenis berbutir halus yang terdiri dari lanau dan lempung sebesar 95,69%. Pengujian batas-batas konsistensi tanah (*atterberg limit*) memperoleh batas cair (LL) 71,22% serta indeks plastisitas (PI) sebesar 48,4%. Berdasarkan diagram plastisitas, tanah termasuk dalam kelompok CH yaitu golongan lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk.

Selain itu, hasil pengujian sampel tanah yang di campurkan dengan bahan *additive* semen dengan presentase 0%, 4%, 8% dan 12% didapatkan hasil berat jenis, batas *atterberg* dan analisa saringan diuraikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil dan Klasifikasi pada Tanah

Penambahan Semen	<i>Specific Gravity</i> (gr/cm ³)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	<i>finer # 200</i> (%)	Klasifikasi Tanah	
						AASHTO	USCS
0%	2,5900	71,22	22,80	48,4	95,69	A-7-6	CH
4%	2,7304	56,08	35,27	20,8	94,09	A-7-5	OH
8%	2,8055	50,86	37,05	17,3	93,29	A-7-5	OH
12%	2,8938	49,86	38,02	16,7	92,99	A-7-5	OH

Hasil penambahan semen menaikkan nilai berat jenis tanah rata-rata sebesar 0,91%, disebabkan oleh proses flokulasi yaitu pertukaran kation alkali (Na⁺ dan K⁺) dari tanah digantikan oleh kation dari semen sehingga ukuran butiran lempung bertambah besar. Dari hasil pengujian nilai batas plastisitas mengalami peningkatan, hal ini disebabkan semen dapat membuat kadar air yang dibutuhkan oleh tanah lebih banyak. Semakin besar persentase penambahan semen maka semakin tinggi nilai batas plastis (Iswan, dkk. 2019). Sedangkan pada uji analisa saringan, penambahan semen menurunkan persentase lolos saringan no. 200 rata-rata sebesar 0,69% disebabkan oleh semen mengandung *Calcium Oksida* (CaO) yang tinggi menyebabkan perubahan komposisi lolos saringan.

Pengujian Pemadatan *Standard Proctor*

Pengujian pemadatan *standard proctor* dan analisis yang dilakukan terhadap seluruh sampel pada persentase penambahan semen dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian Pematatan *Standard Proctor*

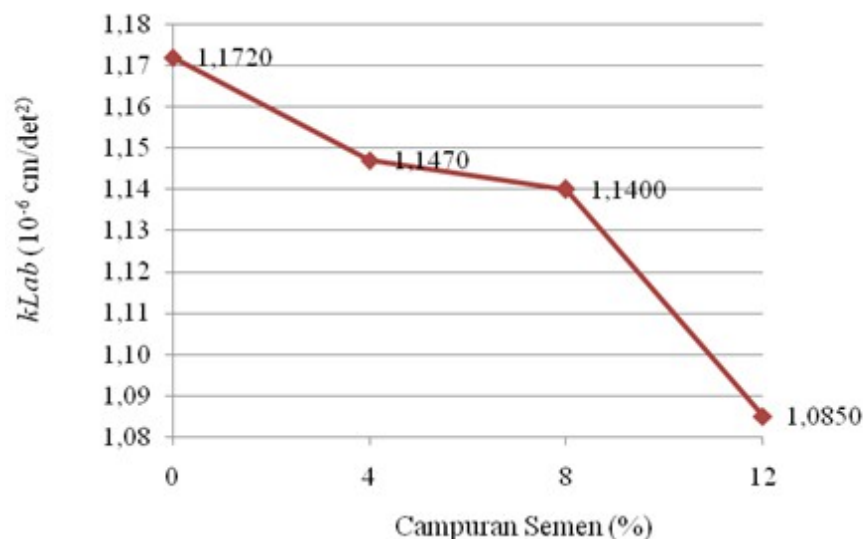
Penambahan Semen	Kadar Air Optimum KAO (%)	Berat Volume Kering Maksimum $\gamma_d \text{ max (gr/cm}^3\text{)}$
0%	27,2	1,382
4%	26,7	1,392
8%	25,5	1,405
12%	24,5	1,412

Penambahan semen akan mengurangi kadar air optimum. Air yang dibutuhkan untuk tanah untuk mencapai kepadatan optimum berkurang, karena rongga-rongga yang sebelumnya terisi oleh air sebagian akan terisi oleh semen. Hal ini menaikkan kepadatan karena mengurangi air yang diserap tanah diganti oleh butiran semen. Selain itu, penambahan semen akan meningkatkan berat isi kering maksimum ($\gamma_d \text{ maks}$), semakin besar nilai γ_d maka kepadatan tanah semakin tinggi karena rongga-rongga pori akan terisi oleh semen yang sebelumnya terisi oleh udara.

Adanya butiran semen yang mengisi rongga pori tanah akan mengurangi jarak antar butiran tanah sehingga susunan butiran menjadi semakin rapat dan berperan terhadap peningkatan kepadatan tanah.

Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas di laboratorium menggunakan metode *Falling Head* dengan menggunakan sampel tanah dari Desa Palembang, Umbul Ligoh, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan. Pengujian laboratorium pada sampel dilakukan 1 kali pengujian, kemudian hasilnya didapatkan nilai k skala laboratorium.



Gambar 2. Grafik kesimpulan Koefisien Permeabilitas dari tiap campuran

Koefisien permeabilitas tanah bergantung pada beberapa faktor antara lain viskositas cairan, distribusi ukuran pori, distribusi ukuran butiran, rasio kekosongan (void), penguapan, partikel mineral dan derajat kejenuhan tanah, serta bahan substitusinya. Dari Gambar 2. Pengujian permeabilitas laboratorium dapat dilihat bahwa komposisi campuran semen berpengaruh terhadap nilai permeabilitas tanah. Nilai permeabilitas semakin rendah mengikuti banyaknya campuran semen terhadap tanah.

Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak campuran semen maka nilai permeabilitas yang diperoleh semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh semen yang membuat butiran-butiran semakin rapat sehingga membuat pori semakin kecil, sehingga air sulit untuk mengalir.

Nilai Aktivitas Tanah

Dalam perhitungan nilai aktivitas tanah (*A*) didapat nilai perbandingan antara indeks plastisitas (*PI*) dengan persen fraksi ukuran lempung (yaitu persen dari berat butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm atau 2 μ m).

Hubungan Berat Jenis dengan Aktivitas Tanah

Tabel 4. Hubungan berat jenis dengan nilai aktivitas tanah

Variasi	Aktivitas Tanah	Berat Jenis
Tanah Asli	0,6788	2,5900
4%	0,2976	2,7304
8%	0,2396	2,8055
12%	0,2341	2,8938

perbandingan tanah asli dan tanah yang sudah distabilisasi oleh semen mengalami perbedaan yang signifikan. Tiap kenaikan penambahan semen mengakibatkan berat jenis tanah mengalami kenaikan yang stabil. Kenaikan berat jenis tanah tersebut membuat aktivitas tanahnya berkurang. Semakin tinggi berat jenis tanah maka semakin rendah aktivitas tanah tersebut. Hal ini terjadi karena kerapatan yang semakin besar dari partikel padat secara keseluruhan akan menyebabkan kemampuan mengembang tanah berkurang.

Hubungan Batas-Batas *Atterberg* dengan Nilai Aktivitas Tanah

Tabel 5. Hubungan batas-batas *Atterberg* dengan nilai aktivitas tanah

Variasi	Aktivitas Tanah	LL	PL	PI
Tanah Asli	0,6788	71,22	22,8	48,4
4%	0,2976	56,08	35,27	20,8
8%	0,2396	50,86	37,05	17,3
12%	0,2341	49,86	38,02	16,7

semakin tinggi batas cair dan semakin rendah batas plastis menyebabkan semakin tinggi indeks plastisitasnya sehingga didapat nilai aktivitas tanah yang semakin tinggi. Pada konsep *Atterberg*, jumlah air yang tertarik oleh permukaan partikel tanah akan bergantung pada jumlah partikel lempung yang ada di dalam tanah. Oleh karena itu, Skempton (1953) mendefinisikan aktivitas tanah berbanding lurus dengan indeks plastisitas tanah dan berbanding terbalik dengan persen fraksi ukuran lempung (yaitu persen dari berat butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm).

Hubungan Analisis Saringan dengan Nilai Aktivitas Tanah

Tabel 6. Hubungan analisis saringan dengan nilai aktivitas tanah

Variasi	Aktivitas Tanah	Lolos Saringan No. 200 (%)
Tanah Asli	0,6788	95,69
4%	0,2976	94,09
8%	0,2396	93,29
12%	0,2341	92,99

Hubungan antara persen lolos saringan No. 200 dengan nilai aktivitas tanah. Bila ukuran butiran semakin kecil maka luas permukaan butiran semakin besar. Dengan demikian, kemampuan mengembang tanah semakin besar apabila persentase lolos saringan No. 200 juga semakin besar.

Hubungan Permeabilitas dengan Nilai Aktivitas Tanah

Tabel 7. Hubungan nilai permeabilitas dengan nilai aktivitas tanah

Variasi	Aktivitas Tanah	Nilai Permeabilitas (Kt20) (cm/det ²)
Tanah Asli	0,6788	1,172 x 10 ⁻⁶
4 %	0,2976	1,147 x 10 ⁻⁶
8 %	0,2396	1,140 x 10 ⁻⁶
12 %	0,2341	1,085 x 10 ⁻⁶

Penambahan semen dengan persentase yang variatif membuat butiran-butiran semakin rapat sehingga membuat pori semakin kecil. Penyempitan pori ini akan menyebabkan air sulit mengalir sehingga menyebabkan penurunan koefisien permeabilitas. Pada kondisi dimana air yang merembes melalui sampel sangatlah kecil maka dapat dikatakan sampel tanah bersifat kedap air (*impermeable*).

Mineral lempung menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur air mineral lempung mengalami dispersi (menyebar) didalam air. Butiran lempung pada awalnya terdispersi di dalam air, kemudian ketika adanya penambahan semen, dimana semen memiliki sifat yang adhesif dan kohesif sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan yang kompak, posisi tanah dan semen berubah menjadi

berdekatan satu sama lain karena gerakan acak didalam larutan dimana butiran-butiran cenderung akan mengumpul di dalam gumpalan yang besar.

Oleh karena itu, hubungan nilai aktivitas tanah semakin kecil seiring dengan menurunnya nilai koefisien permeabilitas. Hal ini disebabkan karena pengaruh bahan campuran semen terhadap sampel tanah yang menandakan semen merupakan bahan stabilisasi yang cukup baik dalam perbaikan tanah lempung.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian dari pengujian sifat fisik dan mekanik tanah lempung menunjukkan bahwa penambahan semen berpengaruh pada perubahan klasifikasi tanah, menaikkan berat jenis dan menurunkan kadar persentase lolos saringan no. 200. Selain itu menurunkan nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum dari pengujian pemadatan tanah oleh *standard proctor*. Hasil pengujian nilai koefisien permeabilitas sampel tanah pertama sampai dengan sampel keempat berturut-turut adalah $1,171 \times 10^{-6}$ cm/det², $1,147 \times 10^{-6}$ cm/det², $1,140 \times 10^{-6}$ cm/det², dan $1,085 \times 10^{-6}$ cm/det², sedangkan nilai aktivitas pada sampel tanah pertama sampai dengan sampel keempat berturut-turut adalah 0,6788, 0,2976, 0,2396, dan 0,2341 menunjukkan bahwa hubungan nilai aktivitas tanah semakin menurun seiring dengan mengecilnya nilai koefisien permeabilitas. Hal ini disebabkan karena pengaruh bahan campuran semen terhadap sampel tanah yang menandakan semen merupakan bahan stabilisasi yang cukup baik dalam perbaikan tanah lempung.

Rekomendasi

Penambahan semen memperoleh hasil paling tinggi pada variasi 12%. Hal ini memungkinkan nilai optimum lebih tinggi dari 12%, maka untuk pengujian konsolidasi pada tanah lempung selanjutnya menambah variasi persentase semen di atas 12%.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1984. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). (Alih Bahasa Haiim, J.K., 1991). Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.
- Bowles, Joseph E. 1996. Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Chen, F. H. 1975, Foundation on Expansive Soil. Development in Geotechnical Engineering12, Esvier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Das, B. M. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). (Alih Bahasa Mochtar, N.E. dan Mochtar, I.B., 1995). Jilid 1. Erlangga. Jakarta.
- Das, B. M. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2001. Prinsip-prinsip Mekanika Tanah. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2002. Mekanika Tanah I. Jilid 1, Edisi Ketiga. PT. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2006. Teknik Fondasi 1. Beta Offset. Yogyakarta.
- Iswan, Zakaria, Ahmad. Yandriguna, Medi. 2018. Perilaku Subgrade Akibat Potensi Pengembangan Pada Studi Kasus Perkerasan Yang Disubstitusi Menggunakan Semen. Jurnal Rekayasa Volume 6, Nomor 4, Desember 2018.
- Neville, A. M. 1977. Properties of Concrete. Pitman Publishing Limited. London.
- Skempton, A. W. 1953. The Colloid Activity of Clays, Proccedings, 3rd International Convergence of Soil Mechanic and Foundations Engineering London Vol. 1 : pp 57-61
- Wesley, L. D. 1973. Mekanika Tanah. Jakarta: Badan Penerbit Pustaka Umum.

