

PENGARUH PENAMBAHAN GIPSUM TERHADAP KUAT TEKAN BEBAS TANAH LEMPUNG EKSPANSIF AKIBAT SIKLUS BASAH – KERING

Bunyamin Andreatama¹ dan Aniek Prihatiningsih²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: bunyaminandreatama@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: aniekp@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

Perubahan kedalaman muka air tanah merupakan masalah utama yang membuat tanah ekspansif memiliki sifat merusak. Kedalaman tanah dimana sering terjadi perubahan kedalaman muka air tanah inilah yang disebut *active zone* karena tanah ekspansif hanya aktif pada kedalaman tersebut. Salah satu cara yang sudah banyak diterapkan di lapangan untuk mengatasi tanah ekspansif ini adalah stabilisasi tanah menggunakan kapur. Namun saat ini dilakukan berbagai penelitian untuk mencari material lain yang lebih mudah diperoleh. Gypsum memiliki unsur kalsium yang juga terdapat di dalam kapur. Oleh karena itu gypsum dipertimbangkan sebagai pengganti kapur. Dalam penelitian sebelumnya diketahui bahwa gypsum dapat meningkatkan kuat geser tanah. Pada penelitian ini tanah yang dicampur gypsum diuji kuat tekan bebasnya terhadap siklus basah-kering sebagai gambaran *active zone*. Pengambilan sampel tanah dilakukan di Jl. Science Timur 2 Jayamukti, Cikarang Pusat, Bekasi, Jawa Barat. Penambahan gypsum yang digunakan adalah 0%, 4% dan 8% dengan waktu pemeraman sampel 0 hari, 3 hari dan 7 hari. Pemeraman sampel dilakukan dengan menaruh sampel pada desiccator selama waktu pemeraman. Jumlah siklus basah-kering yang dilakukan adalah tanpa siklus, 1 siklus dan 2 siklus dengan pengertian 1 siklus adalah sampel direndam hingga keadaan jenuh, lalu dikeringkan hingga kembali ke kadar air optimumnya. Dari penelitian ini diperoleh hasil sampel yang tidak melalui siklus basah-kering kuat tekan bebasnya meningkat pada pencampuran gypsum 8% namun menurun untuk kadar gypsum 4%. Tetapi setelah melalui siklus basah-kering tidak diperoleh suatu kecenderungan umum pada penambahan kadar gypsum terhadap kuat tekan bebas tanah.

Kata kunci: Tanah Ekspansif, Siklus Basah-Kering, Stabilisasi Tanah, Kuat Tekan Bebas, Gypsum

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kemajuan dalam bidang konstruksi membuat pembangunan berbagai infrastruktur dan bangunan lainnya berkembang dengan pesat. Tanah sebagai dasar berdirinya suatu konstruksi bangunan menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Salah satu masalah yang seringkali ditemukan pada tanah di Indonesia adalah tanah lempung yang bersifat ekspansif. Sejak disadari efek kerusakan yang disebabkan oleh tanah ekspansif, sejumlah kerugian mulai dirasakan oleh masyarakat. Kejadian ini menjadi salah satu persoalan besar yang harus segera diatasi karena sifat kerusakan yang ditimbulkan pada umumnya terjadi dalam jangka waktu yang relatif lama dan terjadi secara terus-menerus. Sifat tanah ekspansif yang berbahaya adalah kemampuan mengembangnya yang cukup besar pada keadaan basah dan sifat menyusut yang terjadi pada keadaan kering sehingga dapat menyebabkan terjadinya deformasi yang sulit dipikul oleh struktur bangunan di atasnya. Perilaku tanah ekspansif yang merusak terjadi secara signifikan pada lapisan yang sering mengalami perubahan ketinggian muka air tanah atau yang sering disebut sebagai *active zone*. Perubahan kadar air dalam tanah inilah yang dapat membuat tanah ekspansif mengembang pada keadaan basah dan menyusut pada keadaan kering.

Saat ini sebenarnya sudah ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mencegah atau mengurangi pengaruh kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh tanah ekspansif, seperti mengganti tanah ekspansif dengan tanah yang lebih baik, perkuatan struktur bawah, pemasangan drainase yang baik atau stabilisasi secara kimia. Salah satu metode perbaikan tanah ekspansif yang cukup dikenal adalah stabilisasi menggunakan kapur. Namun saat ini sudah dilakukan berbagai penelitian menggunakan bahan lain selain kapur untuk stabilisasi tanah ekspansif, salah satunya menggunakan gypsum. Bahan ini dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pengganti kapur karena sama-sama mengandung kalsium (Kapur CaO atau Ca(OH)₂ dan Gypsum CaSO₄.2H₂O). Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wibawa (2015), didapat hasil bahwa penambahan gypsum pada tanah lempung dapat meningkatkan

kekuatan geser tanah melalui pengujian geser langsung (*direct shear*). Namun penelitian tersebut belum menguji kemampuan gypsum sebagai stabilisasi tanah dalam kondisi perubahan kadar air yang terjadi secara berulang. Oleh karena itu pada penelitian ini akan diuji pengaruh penambahan gypsum terhadap kuat tekan bebas tanah lempung ekspansif akibat siklus basah-kering.

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lokasi yang beralamat di Jl. Science Timur 2 Jayamukti, Cikarang Pusat, Bekasi, Jawa Barat 17530, Indonesia, tepatnya di seberang PT. Ethica Industri Farmasi dengan koordinat titik 6°19'28.1"S 107°10'46.3"E.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh persentase kadar campuran gypsum pada tanah lempung ekspansif terhadap nilai kuat tekan bebas tanah?
2. Bagaimana nilai kuat tekan bebas tanah lempung ekspansif yang telah dicampur dengan gypsum dan yang tidak dicampur setelah melalui siklus basah-kering?
3. Bagaimana pengaruh durasi pemeraman sampel uji tanah lempung ekspansif yang dicampur dengan gypsum terhadap nilai kuat tekan bebas tanah sebelum dan sesudah melalui siklus basah-kering?
4. Bagaimana pengaruh jumlah siklus basah-kering yang dilakukan pada sampel uji terhadap nilai kuat tekan bebas tanah?

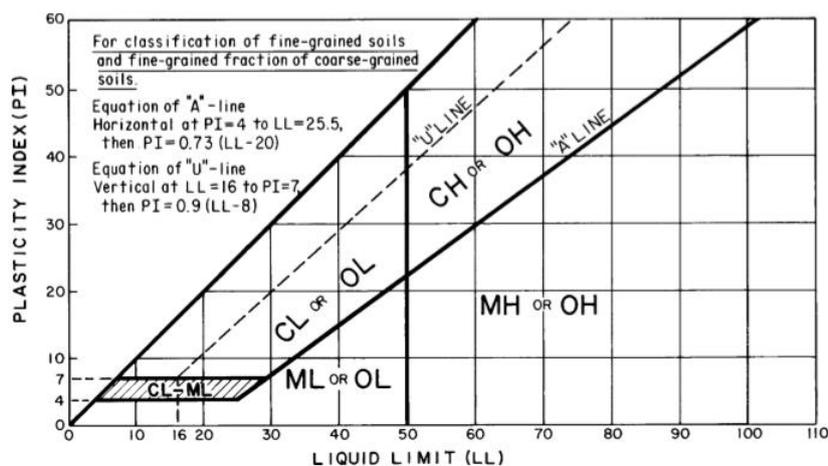
Tujuan Penelitian

1. Mengamati pengaruh persentasi kadar campuran gypsum pada tanah lempung ekspansif terhadap nilai kuat tekan.
2. Mengetahui nilai kuat tekan bebas tanah lempung ekspansif yang telah dicampur dengan gypsum dan yang tidak dicampur setelah melalui siklus basah-kering.
3. Mengetahui pengaruh durasi pemeraman sampel uji tanah lempung ekspansif yang dicampur dengan gypsum terhadap nilai kuat tekan bebas tanah sebelum dan sesudah melalui siklus basah-kering.
4. Mengamati pengaruh jumlah siklus basah-kering yang dilakukan pada sampel uji terhadap nilai kuat tekan bebas tanah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Klasifikasi dan Sifat-sifat Tanah Lempung Ekspansif

Klasifikasi tanah berbutir kasar umumnya hanya bergantung pada analisa saringan dan distribusi ukuran partikelnya. Namun untuk klasifikasi tanah berbutir halus juga dibutuhkan indeks plastisitas seperti yang ditunjukkan grafik pada Gambar 1.



Gambar 1. Klasifikasi Tanah Berbutir Halus dengan *Liquid Limit* dan *Plasticity Index* (ASTM D2487-10)

Untuk mengetahui sifat-sifat tanah, terutama tanah berbutir halus, dibutuhkan beberapa pengujian laboratorium. Beberapa pengujian laboratorium yang harus dilakukan antara lain *Index Properties* (Kadar air, berat jenis dan angka pori), *Specific Gravity Test*, *Atterberg Limits*, *Sieve Analysis*, *Hydrometer Analysis*.

Dengan melalui pengujian-pengujian tersebut maka akan didapat sifat-sifat dasar tanah yang penting untuk diperhatikan. Salah satu masalah yang sering terjadi dalam dunia teknik sipil adalah tanah lempung yang bersifat ekspansif (*expansive soil*). Tanah ini memiliki karakteristik yang cukup membahayakan karena dapat mengembang pada kondisi basah dan menyusut pada kondisi kering secara drastis. Biasanya sifat tanah ekspansif dapat diketahui melalui nilai *plasticity index* yang didapat dari uji *Atterberg Limits* seperti dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Relation of soil index properties to expansion potential of high-plasticity clay soils.* (USBR 1998:46)

<i>Colloid Content</i>	<i>Plasticity Index</i>	<i>Shrinkage Limit</i>	<i>Probable Expansion (% Total Vol. Change)</i>	<i>Degree of Expansion</i>
>28	>35	<11	>30	Very High
20 - 31	25 - 41	7 - 12	20 - 30	High
13 - 23	15 - 28	10 - 16	10 - 20	Medium
<15	<18	>15	<10	Low

Tiga buah mineral utama yaitu *montmorillonite*, *illite* dan *kaolinite* ada dalam kandungan tanah lempung. Tanah ekspansif sangat dipengaruhi oleh mineral *montmorillonite*, mineral ini terjadi sebagai hasil pelapukan mineral-mineral *ferromagnesian*, *calcic feldspar* dan mineral vulkanik (Makarim et al, 2017).

Menurut Wesley (2010:5), *Montmorillonite* memiliki sifat aktivitas tinggi; *illite* memiliki sifat aktivitas sedang, dan *kaolinite* memiliki sifat aktivitas rendah. Lempung yang mengandung *montmorillonite* memiliki sifat teknik yang buruk, khususnya sering menyebabkan kerusakan pada fondasi gedung akibat pengembangan dan penyusutan.

Menurut Skempton (1953) hubungan antara aktivitas tanah dan indeks plastisitas dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\text{Aktivitas } (Ac) = \frac{PI}{c-10} \quad (1)$$

Keterangan:

- PI : Plasticity Index
- c : persentase lempung lolos saringan 0.002mm
- n : 5 atau 10 (n untuk tanah asli = 5, sedangkan n remolded = 10)
- Ac>1.25 : Tanah bersifat aktif dan ekspansif
- 0.75>Ac>1.25 : Tanah digolongkan normal
- Ac<0.75 : Tanah digolongkan tidak aktif

Stabilisasi Tanah dengan Kapur

Stabilisasi tanah secara umum dapat dilakukan secara mekanis maupun kimiawi. Beberapa metode umum yang sering digunakan untuk stabilisasi tanah secara kimiawi adalah stabilisasi menggunakan semen atau menggunakan kapur. Semen biasanya digunakan untuk stabilisasi pada tanah yang berbutir kasar. Sebaliknya kapur lebih cocok untuk diaplikasikan pada tanah yang berbutir halus dibandingkan dengan tanah berbutir kasar. Kapur yang biasa digunakan untuk stabilisasi tanah adalah kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) atau kalsium oksida (CaO).

Kuat Tekan Bebas

Kuat tekan bebas atau *unconfined compressive strength* (q_u) adalah tegangan tekan dimana spesimen silinder tanah yang tidak dibatasi akan gagal dalam uji tekan sederhana; dalam metode uji ini, kuat tekan bebas diambil saat beban maksimum dicapai per satuan luas atau beban per satuan luas pada regangan aksial 15%, dimana harus dijamin terlebih dahulu sebelum pelaksanaan pengujian. (ASTM D2166/D2166M-13). Selain bisa mendapatkan kuat tekan bebas tanah, dari pengujian ini juga bisa didapatkan kuat geser tanah atau *shear strength* (S_u) yang dihitung sebesar ½ dari *unconfined compressive strength* (q_u).

Gipsum

Gipsum memiliki kandungan yang hampir mirip dengan kapur karena sama-sama mengandung kalsium. Namun gipsum merupakan garam kalsium karena susunan kimianya adalah kalsium sulfat hidrat (CaSO₄·2(H₂O)).

Material ini dapat digunakan sebagai alternatif pengganti kapur karena mudah didapat. Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan Wibawa (2015), didapatkan hasil bahwa penambahan gipsium dapat meningkatkan nilai kuat geser tanah pada tanah lempung. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian geser langsung atau direct shear test. Dari penelitiannya disimpulkan kenaikan nilai kuat geser terbesar adalah 116,34% dibanding dengan tanah aslinya. Kenaikan nilai maksimum kuat geser tanah ini juga terjadi pada waktu pemeraman 14 hari.

Namun menurut Ingles dan Metcalf (1972), ada dua kerugian yang dapat ditimbulkan, yaitu menimbulkan efek yang berlawanan pada pemadatan atau kompaksi, dan cenderung meningkatkan permeabilitas tanah sehingga lebih mudah larut atau tercuci aliran air.

Siklus Basah Kering

Sebagaimana telah diketahui bahwa efek kerusakan tanah lempung ekspansif sangat dipengaruhi oleh perubahan kadar air dalam tanah, sehingga apabila kadar air atau ketinggian muka air tanah pada kedalaman tertentu itu stabil, maka tanah ekspansif tidak memberikan dampak yang berarti. Namun fluktuasi atau perubahan muka air tanah yang sering terjadi pada kedalaman tanah tertentu, dapat membuat tanah ekspansif memberikan dampak merusak untuk struktur bangunan yang ada di atasnya. Kedalaman tanah dimana fluktuasi muka air tanah itu sering terjadi disebut sebagai zona aktif atau *active zone*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada tanah datar dengan kedalaman 0-0.5 meter dari permukaan tanah aslinya dan tanah yang diambil merupakan sampel tanah terganggu (*disturbed*). Selain itu juga diambil sampel tanah menggunakan *Ring Index Properties* dengan cara ditekan pada tanah tersebut lalu sampel dibungkus menggunakan plastic wrap sehingga sedapat mungkin didapat kondisi tanah mendekati keadaan asli untuk pengujian kadar air dan angka pori.

Pengujian Awal Sifat-sifat Tanah

Sampel tanah yang sudah diambil selanjutnya dibawa ke Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Tarumanagara untuk dilakukan pengujian awal sifat-sifat tanah. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat tanah dari sampel yang sudah diambil. Pengujian tersebut antara lain meliputi *Index Properties* (Kadar air, berat jenis dan angka pori), *Specific Gravity Test*, *Atterberg Limits*, *Sieve Analysis*, *Hydrometer Analysis*, dan Uji *X-Ray Diffraction*

Untuk pengujian *X-Ray Diffraction* dilakukan oleh Laboratorium PT. SUCOFINDO (Persero). Selain pengujian sifat-sifat tanah, dilakukan juga pengujian compaction atau kompaksi untuk menentukan kadar air optimum karena untuk pembuatan sampel pengujian kuat tekan bebas, campuran tanah dan serbuk gipsium akan dicampur dengan kadar air optimum. Seluruh pengujian yang dilakukan mengacu pada prosedur standar dari ASTM (*American Society for Testing and Materials*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

Uji Hubungan Plasticity Index dengan Temperatur Suhu Tinjauan

Karena penelitian ini akan berhubungan dengan siklus basah-kering, maka diperlukan peninjauan suhu yang akan digunakan untuk metode pengeringan sampel. Pengujian ini dilakukan dengan melihat pengaruh temperatur pengeringan sampel dengan indeks plastisitas sampel yang dikeringkan pada suhu-suhu tertentu. Pilihan metode pengeringan yang akan digunakan antara lain: kondisi kering udara, kering oven 50°C, 60°C dan 70°C

Nilai-nilai indeks plastisitas dari temperatur-temperatur tersebut akan dibandingkan dengan kondisi kering udara karena mendekati proses pengeringan asli. Apabila terjadi penyimpangan nilai indeks plastisitas yang cukup besar, maka akan digunakan temperatur yang nilai indeks plastisitasnya mendekati kondisi kering udara.

Persiapan Benda Uji (Tanah + Gipsium)

Pencampuran tanah dengan gipsium dilakukan dalam keadaan kering, lalu dicampur air dengan kadar air optimum. Gipsium yang digunakan adalah gipsium compound berbentuk bubuk merek Aplus. Tanah yang dalam keadaan kering tersebut harus lolos pada saringan No. 4. Persentase kadar gipsium yang akan digunakan antara lain 0% (tanpa gipsium), 4% dan 8%. Persentase tersebut merupakan perbandingan berat gipsium dengan berat kering tanah.

Pengujian Kuat Tekan Bebas (UCS)

Untuk membuat sampel uji kuat tekan bebas, dilakukan dengan pemadatan standard proctor dengan kadar air optimum. Selanjutnya sampel dicetak pada mold UCS dengan ukuran standar sesuai ASTM. Sampel tanah yang dicampur dengan gipsum juga akan divariasikan dengan waktu pemeramannya, yaitu selama 0 hari, 3 hari dan 7 hari, sehingga didapatkan 7 macam jenis sampel, sehingga didapatkan 7 macam jenis sampel dengan deskripsi sebagai berikut:

1. 0% - 0 Hari → Sampel tanpa campuran gipsum dan tanpa masa pemeraman
2. 4% - 0 Hari → Sampel dengan campuran gipsum 4% dan tanpa masa pemeraman
3. 4% - 3 Hari → Sampel dengan campuran gipsum 4% dan dengan masa pemeraman 3 hari
4. 4% - 7 Hari → Sampel dengan campuran gipsum 4% dan dengan masa pemeraman 7 hari
5. 8% - 0 Hari → Sampel dengan campuran gipsum 8% dan tanpa masa pemeraman
6. 8% - 3 Hari → Sampel dengan campuran gipsum 8% dan dengan masa pemeraman 3 hari
7. 8% - 7 Hari → Sampel dengan campuran gipsum 8% dan dengan masa pemeraman 7 hari

Ketujuh sampel tersebut masing-masing akan diuji melalui 0 siklus basah kering, 1 kali siklus basah kering dan 2 kali siklus basah kering sehingga totalnya didapatkan 21 jenis sampel. 21 jenis sampel tersebut akan dibuat sebanyak 3 buah benda uji sehingga total keseluruhan sampel yang akan dibuat adalah 63 sampel.

Siklus basah-kering untuk penelitian ini tidak memiliki standar metode pengujian yang spesifik untuk campuran gipsum maupun kapur. Namun standar metode pengujian yang paling mendekati adalah ASTM D559-03 (*Standard Test Methods for Wetting and Drying Compacted Soil-Cement Mixture*). Pengertian 1 siklus adalah sampel sudah mengalami perendaman hingga keadaan jenuh, lalu dikeringkan hingga kembali ke kadar air optimumnya. Untuk memastikan sampel sudah dalam keadaan jenuh air, maka sampel kembali direndam kemudian ditimbang lagi keesokan harinya. Apabila berat sampel tidak berubah, maka dapat diasumsikan sampel sudah jenuh air.

4. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Nilai *Specific Gravity*

Pengujian nilai *specific gravity* dilakukan dengan mengacu pada standar AASHTO T 100. Dari pengujian tersebut diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Nilai *Specific Gravity*

Keterangan	Sampel 1	Sampel 2
Gs (Tx = 24°C)	2.73	2.68
Gs (20°C)	2.72	2.68
Rata-rata Gs	2.70	

Uji *Index Properties* Tanah

Pengujian *Index Properties* tanah dilakukan menggunakan sampel *undisturbed* sehingga parameter yang diperoleh dapat mendekati keadaan tanah aslinya. Berikut adalah hasil pengujian tersebut yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji *Index Properties*

Ket.	Sampel 1		Sampel 2	
w (%)	45%		40%	
Gs	2.70		2.70	
γ_{wet}	1.76 (gr/cm ³)	17.23 (kN/m ³)	1.80 (gr/cm ³)	17.67 (kN/m ³)
γ_{dry}	1.21 (gr/cm ³)	11.8933 (kN/m ³)	1.29 (gr/cm ³)	12.63 (kN/m ³)
S (%)	98.71%		98.22%	
e	1.23		1.10	
n	0.55		0.52	
γ_{sat}	1.76 (gr/cm ³)	17.30 (kN/m ³)	1.81 (gr/cm ³)	17.76 (kN/m ³)

Uji Atterberg Limits

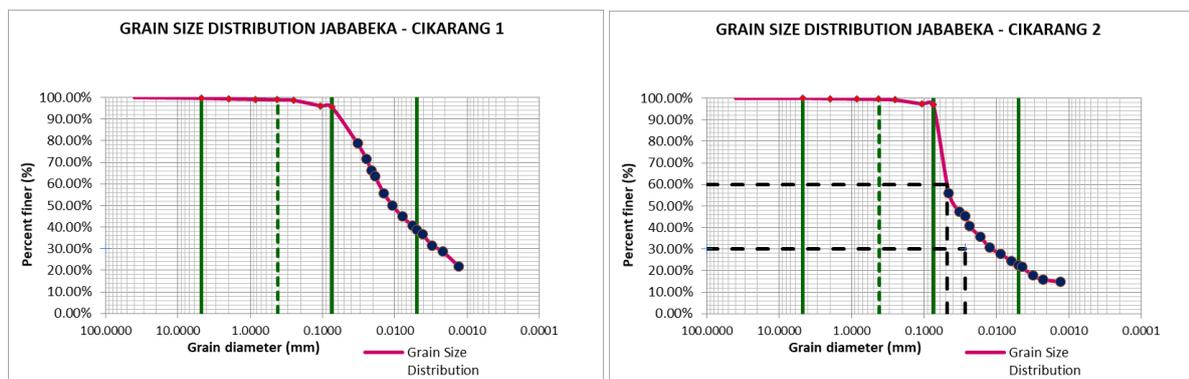
Pengujian *Atterberg Limits* ini dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D4318. Dari pengujian ini dapat diperoleh nilai batas cair / *Liquid Limit* (LL), batas plastis / *Plastic Limit* (PL), indeks plastisitas / *Plasticity Index* (PI), dan klasifikasi jenis tanah berbutir halus. Untuk hasil dari nilai *Liquid Limit* (LL), *Plastic Limit* (PL), dan *Plasticity Index* (PI) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Liquid Limit* (LL), *Plastic Limit* (PL), dan *Plasticity Index* (PI)

	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
<i>Liquid Limit</i> (LL) (%)	85.74	85.07	85.40
<i>Plastic Limit</i> (PL) (%)	39.23	39.59	39.41
<i>Plasticity Index</i> (PI) (%)	46.50	45.47	45.99

Uji Grain Size (*Sieve Analysis dan Hydrometer Analysis*)

Pengujian *Grain Size Analysis* dilakukan dengan mengacu pada standar pengujian ASTM D422, dimana pengujian ini dilakukan dalam 2 bagian, yaitu *Sieve Analysis* untuk butiran tanah yang tertahan pada saringan No. 200 dan *Hydrometer Analysis* untuk tanah yang lolos saringan No. 200. Grafik hasil dari pengujian *Sieve Analysis* dan *Hydrometer Analysis* dapat dilihat pada Gambar 3.



(a) Sampel 1

(b) Sampel 2

Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian *Sieve Analysis* dan *Hydrometer Analysis*

Untuk persentase komposisi distribusi butiran tanah pada kedua sampel dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Persentase Distribusi Komposisi Butiran Tanah

Jenis Tanah	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Persentase <i>Gravel</i>	0.36%	0.00%	0.18%
Persentase <i>Sand</i>	4.36%	2.98%	3.67%
Persentase <i>Silt</i>	56.79%	74.42%	65.61%
Persentase <i>Clay</i>	38.85%	22.60%	30.73%

Dengan mengetahui persentase *clay* dan nilai *Plasticity Index*, maka dapat dihitung aktivitas sampel tanah yang terjadi menggunakan rumus 2.1:

$$\text{Aktivitas } (Ac) = \frac{PI}{c-10} = \frac{45.99}{30.73-10} = 2.22$$

Karena nilai $Ac = 2.22 > 1.25$, maka sampel tanah yang diambil termasuk aktif.

Uji Mineral Tanah (*X-Ray Diffraction*)

Pengujian mineral menggunakan *X-Ray Diffraction* pada sampel tanah yang diambil dilakukan oleh PT. SUCOFINDO (Persero) dengan meninjau beberapa mineral, yaitu *Quartz*, *Montmorillonite*, *Kaolinite*, *Calcite* dan *Albite*. Persentase komposisi masing-masing mineral dapat dilihat pada Tabel 6.

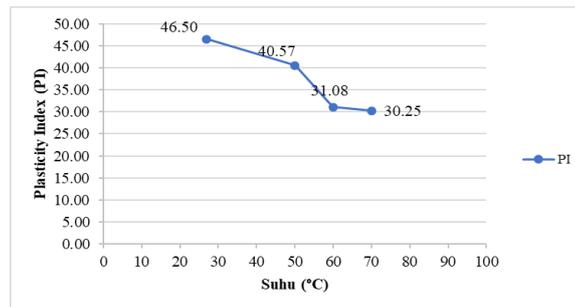
Tabel 6. Komposisi Mineral Tanah Melalui Uji X-Ray Diffraction

Sample Mark	Mineral/s or Phase/s Identified	Estimation by Normalized RIR Bulk XRD (%)
JABABEKA	Quartz SiO_2	80
	Montmorillonite $(Ca,Na)_{0.32}Al_2(Si_2,Al)_4O_{10}(OH)_xH_2O$	11
	Kaolinite $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	9
	Calcite $CaCO_3$	Trace
	Albite $Na_{0.685}Ca_{0.347}Al_{1.46}Si_{2.54}O_8$	Trace
	XXX	100%

Dari hasil pengujian tersebut ditemukan adanya kandungan mineral *Montmorillonite* sebesar 11%, sehingga sampel tanah yang diambil memiliki potensi sebagai tanah ekspansif.

Uji Hubungan *Plasticity Index* (PI) dengan Temperatur Suhu Tinjauan

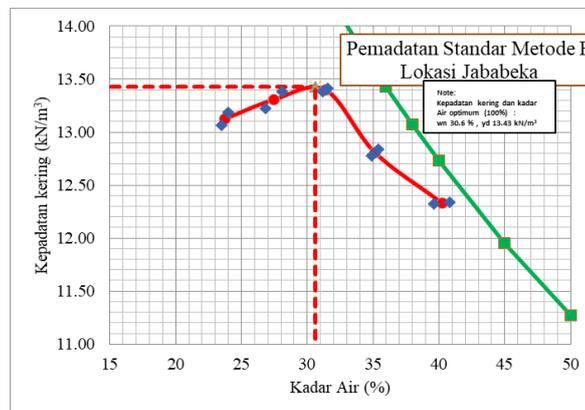
Pada penelitian ini sampel akan diuji melalui siklus pembasahan dan pengeringan. Oleh karena itu untuk proses pengeringan dibutuhkan peninjauan terhadap temperatur pengeringan yang akan dilakukan. Suhu pengeringan tanah untuk pemanasan dengan oven dilakukan pada suhu 50°C, 60°C dan 70°C. Pengujian juga dilakukan untuk tanah yang dikeringkan pada temperatur ruangan atau kering udara dengan suhu udara berkisar 27°C. Grafik hasil dari pengujian hubungan *Plasticity Index* dengan temperatur suhu tinjauan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan *Plasticity Index* dengan Temperatur Suhu Tinjauan

Uji Pemadatan *Standard Proctor* (Penentuan Kadar Air Optimum)

Dalam pembuatan sampel untuk uji kuat tekan bebas, dibutuhkan kadar air optimum untuk dicampur dengan tanah kering yang lolos saringan No. 4 karena sampel yang dibuat merupakan sampel *remolded / disturbed*. Pengujian ini dilakukan dengan mengacu pada standar AASHTO T99-10 Metode B, dimana jumlah lapisan yang dipukul ada 3 lapis dan jumlah pukulan tiap lapisannya adalah 56 pukulan. Besar kadar air Optimum yang diperoleh dari hasil pengujian adalah 30.60% dan kepadatan kering tanah yang diperoleh adalah 13.43 kN/m³, seperti terlihat pada grafik dalam Gambar 5.



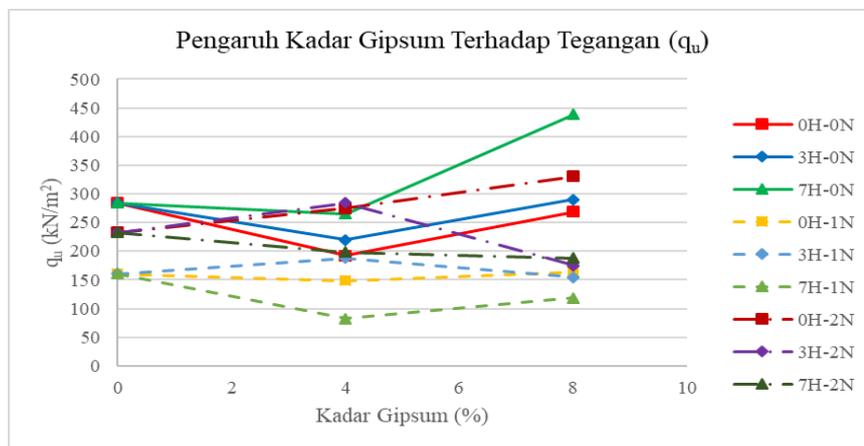
Gambar 5. Kadar Air Optimum dari Uji Pemadatan *Standard Proctor*

Pengaruh Kadar Gypsum Terhadap Tegangan Pada Tiap Kondisi Pemeraman dan Jumlah Siklus

Rangkuman rata-rata nilai q_u dari 2 sampel pada setiap kondisi dapat dilihat pada Tabel 7 dan grafik nilai q_u terhadap jumlah siklus dapat dilihat pada Gambar 6

Tabel 7 Rangkuman Rata-rata Nilai q_u untuk Analisis Kadar Gypsum

Kondisi	q_u (kN/m ²) untuk Kadar Gypsum (%)		
	0	4	8
0H-0N	284.27	192.19	268.88
3H-0N	284.27	219.35	290.13
7H-0N	284.27	265.32	438.17
0H-1N	160.75	148.85	163.90
3H-1N	160.75	188.19	154.19
7H-1N	160.75	82.93	118.47
0H-2N	232.48	274.64	329.18
3H-2N	232.48	284.01	175.51
7H-2N	232.48	198.41	188.19



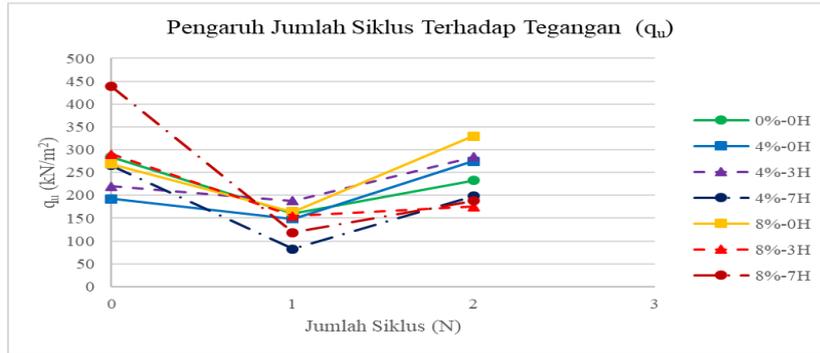
Gambar 6 Grafik Nilai q_u Terhadap Kadar Gypsum

Pengaruh Jumlah Siklus Terhadap Tegangan Pada Tiap Kondisi Kadar Gypsum dan Pemeraman

Rangkuman rata-rata nilai q_u dari 2 sampel pada setiap kondisi dapat dilihat pada Tabel 8 dan grafik nilai q_u terhadap jumlah siklus dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 8. Rangkuman Rata-rata Nilai q_u untuk Analisis Jumlah Siklus

Kondisi	q_u (kN/m ²) untuk Jumlah Siklus (N)		
	0	1	2
0%-0H	284.27	160.75	232.48
4%-0H	192.19	148.85	274.64
4%-3H	219.35	188.19	284.01
4%-7H	265.32	82.93	198.41
8%-0H	268.88	163.90	329.18
8%-3H	290.13	154.19	175.51
8%-7H	438.17	118.47	188.19



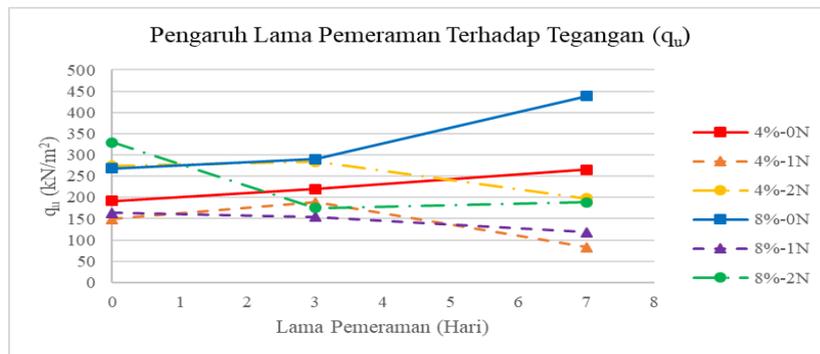
Gambar 7. Grafik Nilai q_u Terhadap Jumlah Siklus

Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Tegangan Pada Tiap Kondisi Kadar Gypsum dan Jumlah Siklus

Rangkuman rata-rata nilai q_u dari 2 sampel pada setiap kondisi dapat dilihat pada Tabel 9 dan grafik nilai q_u terhadap waktu pemeraman dapat dilihat pada Gambar 8

Tabel 9 Rangkuman Rata-rata Nilai q_u untuk Analisis Lama Pemeraman

Kondisi	q_u (kN/m ²) untuk Lama Pemeraman (Hari)		
	0	3	7
4%-0N	192.19	219.35	265.32
4%-1N	148.85	188.19	82.93
4%-2N	274.64	284.01	198.41
8%-0N	268.88	290.13	438.17
8%-1N	163.90	154.19	118.47
8%-2N	329.18	175.51	188.19



Gambar 8 Grafik Nilai q_u Terhadap Lama Pemeraman

5. KESIMPULAN

1. Sampel tanah yang diambil pada lokasi Jababeka, Cikarang, merupakan tanah lanau dengan plastisitas tinggi / *High Plasticity Silt* (MH), dengan persentase *Silt* 56.79% - 74.42%, nilai *Specific Gravity* rata-rata 2.70, kadar air 40% - 45%, Saturasi 98.22% - 98.71%, angka pori 1.10 - 1.23, dan porositas 0.52 - 0.55 pada kondisi tanah asli.
2. Dari hasil uji *Atterberg Limits* diperoleh nilai Indeks Plastisitas atau *Plasticity Index* (PI) sebesar 45.47% - 46.50% dan dari uji *Hydrometer* diperoleh *Colloid Content* sebesar 22.60% - 38.85%, maka menurut Tabel 2.3 *Relation of soil index properties to expansion potential of high-plasticity clay soils* (USBR 1998:46), sampel tanah yang diambil memiliki *Degree of Expansion very high*.
3. Dari hasil uji *X-Ray Diffraction* diperoleh kadar *Montmorillonite* sebesar 11%, sehingga sampel tanah yang diambil berpotensi ekspansif. Sampel tanah yang diuji juga termasuk tanah aktif karena nilai aktivitasnya (A_c) adalah $2.22 > 1.25$.
4. Pengujian hubungan *Plasticity Index* (PI) dengan Temperatur Suhu Tinjauan diperoleh hasil bahwa semakin tinggi suhu pengeringan tanah, maka nilai *Plasticity Index* sampel akan semakin menurun, sehingga untuk metode pengeringan pada siklus basah-kering digunakan pengeringan udara.

5. Dari hasil uji pemadatan *Standard Proctor* diperoleh hasil kadar air optimum sampel yang diuji adalah 30.60% dan kepadatan keringnya (γ_{dry}) adalah 13.43 kN/m³
6. Nilai kuat tekan bebas tertinggi diperoleh pada kondisi sampel dengan penambahan gypsum 8% dengan waktu pemeraman 7 hari dan tanpa siklus, yaitu sebesar 438.17 kN/m². Nilai kuat tekan bebas ini meningkat 54.14% dari sampel tanah yang tidak dicampur gypsum yang nilai kuat tekan bebasnya sebesar 284.27 kN/m².
7. Nilai kuat geser (S_u) yang didapat meningkat 54.14% karena rumus kuat geser adalah setengah dari kuat tekan bebas (q_u). Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan metode *direct shear*, peningkatan kuat geser yang didapat adalah 116.34% untuk penambahan gypsum 8% dengan waktu pemeraman 14 hari.
8. Dari pengamatan penambahan kadar gypsum terhadap kuat tekan bebas sampel, diperoleh hasil bahwa nilai kuat tekan bebas sampel yang tidak melalui siklus dapat meningkat pada penambahan gypsum sebesar 8% dengan waktu pemeraman 3 hari dan 7 hari. Namun untuk sampel yang tidak diperam pada penambahan gypsum 4% dan 8% keduanya memiliki nilai kuat tekan bebas lebih rendah dibanding sampel tanpa penambahan gypsum. Untuk sampel dengan penambahan gypsum 4%, nilai kuat tekan bebasnya selalu lebih rendah dibanding sampel tanpa penambahan gypsum.
9. Dari pengamatan jumlah siklus terhadap kuat tekan bebas sampel, diperoleh hasil bahwa setelah sampel mengalami siklus basah-kering sebanyak 1 kali, maka nilai kuat tekan bebas sampel menjadi turun. Namun untuk sampel yang melalui siklus basah-kering 2 kali, nilai kuat tekan bebas sampel cenderung naik.
10. Dari pengamatan lama pemeraman terhadap kuat tekan bebas sampel, diperoleh hasil bahwa untuk sampel yang tidak melalui siklus basah-kering, semakin lama waktu pemeraman yang dilakukan pada sampel yang ditambah gypsum, maka semakin besar nilai kuat tekan bebasnya. Namun setelah melalui siklus basah-kering, nilai kuat tekan bebas sampel cenderung turun dengan semakin lamanya waktu pemeraman.
11. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa gypsum tidak tepat digunakan untuk stabilisasi pada tanah ekspansif pada lokasi Jababeka, Cikarang.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D2166/D2166M-13. 2014. *Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*. United States: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D2487-10. 2014. *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*. United States: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D4318-10. 2014. *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. United States: American Society for Testing and Materials.
- Bowles, J. E. 1979. *Physical and Geotechnical Properties of Soils*. New York: McGraw-Hill.
- Coduto, Donald P., Kitch, William A., dan Yeung, Man-Chu R. 2016. *Foundation Design Principles and Practices. Third Edition*. California: Pearson.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Trans. Noor Endah Mochtar dan Indrasurya B. Mochtar. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyati, Siti. Studi Potensi Mengembang dan Kekuatan Tanah Lempung Ekspansif Dengan dan Tanpa Kapur Akibat Siklus Berulang Basah-Kering. *Tesis*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2003.
- Ingles, O. G. dan J. B. Metcalf. 1972. *Soil Stabilization Principles and Practice*. Melbourne: Butterworths.
- Makarim, Chaidir Anwar, Yudistira Yacobus Raynaldo, dan Alvin. 2017. *Pengantar Geologi dan Mekanika Tanah*. Jakarta: Chaidir Anwar Makarim.
- Seed, H.B., Woodward, R.J. dan Lundgren, R.. *Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays*. Journal ASCE. Soil Mechanics and Foundations Div.. Vol. 88. 1962
- Skempton, A. W. (1953). *The Colloidal Activity of Clays. Proceeding 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Volume 1 Number 57 – 61. London.
- Smith, M. J. 1984. *Mekanika Tanah*. Trans. Elly Madyayanti. Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- USBR. 1998. *Earth Manual Part 1. Third Edition*. Colorado: U.S. Bureau of Reclamation.
- Wesley, Laurence D. 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*. Trans. Laurence D. Wesley dan Satyawan Pranyoto. Yogyakarta: ANDI.
- Wibawa, Arif. 2015. Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Lempung. *Jurnal Fropil*. Universitas Bangkal Belitung, Bangka Belitung.