

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK *GYP SUM* DENGAN LAMANYA WAKTU Pengeraman (*CURING*) TERHADAP KARAKTERISTIK TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI BOJONEGORO

Vemmy Kurniawan, Yulvi Zaika, Harimurti
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang
Jalan MT Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email: cesc_vemmy@yahoo.co.id

ABSTRAK

Tanah di daerah Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur sebagian besar merupakan tanah berbutir halus, yaitu merupakan jenis tanah lempung ekspansif. Lempung ekspansif ini mempunyai sifat yang khas yakni kandungan mineral *ekspansif* mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi, mengakibatkan lempung *ekspansif* memiliki potensi kembang susut tinggi apabila terjadi perubahan kadar air. Salah satu usaha perbaikan tanah lempung ekspansif dengan cara mencampur serbuk *gypsum* sebagai zat *additive*. Penelitian ini digunakan 4 variasi campuran yaitu 4% serbuk *gypsum*, 6% serbuk *gypsum*, 8% serbuk *gypsum* dan 10% serbuk *gypsum* dari berat kering tanah. Dari hasil penelitian didapatkan nilai CBR terbesar didapatkan pada kondisi penambahan 6% serbuk *gypsum* dengan lama waktu *curing* 14 hari yaitu 20,159% (*Unsoaked*) dan 4,492% (*Soaked*). Untuk nilai pengembangan dengan *curing*, *curing* selama 14 hari merupakan batas pengikatan antar partikel tanah dengan serbuk *gypsum*. Nilai pengembangan terkecil didapatkan pada penambahan 8% serbuk *gypsum* dengan lama waktu *curing* 14 hari yaitu 1,460%. Selisih nilai pengembangan antara tanah campuran 6% serbuk *gypsum* dengan tanah campuran 8% serbuk *gypsum* semakin lama semakin kecil dengan semakin lamanya waktu *curing* tersebut. Selisih nilai pengembangan pada *curing* 14 hari yaitu 0,142%.

Kata kunci: Lempung Ekspansif, Serbuk *gypsum*, CBR, *Swelling*, *curing*

PENDAHULUAN

Tanah di daerah Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur sebagian besar merupakan tanah berbutir halus, yaitu tanah lempung. Tanah tersebut akan menjadi gumpalan-gumpalan sangat keras saat musim kemarau dan akan menjadi sangat liat, basah, dan lengket di musim penghujan. Ketika kondisi lingkungan sangat kering, tanah mudah mengalami keretakan. Kondisi fisik tersebut mewakili sifat tanah lempung ekspansif. Tanah tersebut mempunyai sifat fisik dan teknis yang kurang memenuhi persyaratan untuk pekerjaan bangunan.

Tanah lempung *ekspansif* memiliki nilai CBR yang kecil dan potensi kembang susut tinggi apabila

terjadi perubahan kadar air sehingga diperlukan usaha stabilisasi tanah. Dalam penelitian ini dilakukan stabilisasi kimiawi dengan zat aditif yaitu serbuk *gypsum*.

Agar pelaksanaan penelitian dapat berjalan lancar dan memperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan yang akan dicapai, yaitu: mengetahui besar pengaruh penambahan serbuk *gypsum* pada tanah lempung ekspansif terhadap nilai karakteristik tanah, nilai CBR dan nilai pengembangan (*swelling*) dengan lamanya waktu pengeraman (*curing*). Penelitian dilakukan dengan menggunakan tanah asli dari Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai serbuk *gypsum* sebagai bahan stabilisator tanah.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Lempung

Lempung (*clay*) adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain (Braja M. Das, 1985).

Sifat-sifat tanah lempung pada umumnya terdiri dari (Hardiyatmo, 1999):

1. Ukuran butir halus (kurang dari 0,002 mm)
2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sifat-sifat tanah lempung ekspansif secara umum dibedakan menjadi dua yaitu: faktor komposisi tanah dan faktor pengaruh lingkungan. Faktor yang pertama dapat diketahui dengan mengadakan percobaan di laboratorium pada contoh tanah terusik. Hal-hal yang perlu didalam percobaan antara lain: tipe dan jumlah mineral, tipe kation didalam tanah, luas permukaan, distribusi ukuran partikel, dan air pori. Faktor pengaruh lingkungan dapat diketahui melalui pengujian laboratorium pada contoh tanah asli. (Suhardjito, 1989).

Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif dapat diidentifikasi dengan tiga cara yaitu:

1. Identifikasi Mineralogi,
2. Cara tidak langsung (single index method),
3. Cara langsung,

Dalam penelitian ini termasuk cara tidak langsung untuk mengidentifikasi tanah lempung ekspansif. Hasil uji sejumlah indeks dasar tanah dapat digunakan untuk evaluasi berpotensi ekspansif atau tidak pada suatu contoh

tanah. Uji indeks dasar adalah uji batas-batas *Atterberg* dan uji mengembang bebas.

Dalam Kriteria Raman, penggolongan tanah ekspansif berdasarkan batas-batas *Atterberg* dapat menggunakan dua parameter yaitu PI (*Plasticity Index*) dan SI (*Shrinkage Index*).

Tabel 1 Parameter Tanah Ekspansif Berdasarkan IP dan SI

Plasticity Index (%)	Shrinkage Index (%)	Degree Of Expansion
< 12	< 15	Low
12 – 23	15 – 30	Medium
23 - 30	30 – 40	High
> 30	> 40	Very High

Dalam kriteria Altmeyer tanah ekspansif dapat digolongkan dengan menggunakan *linear shrinkage* dan *shrinkage limit* (SL).

Stabilisasi Tanah

Dalam suatu pekerjaan konstruksi terdapat kondisi tanah yang tidak memenuhi kualitas persyaratan fisik maupun teknis. Karena itu perlu dilakukan usaha perbaikan sifat-sifat tanah untuk memenuhi persyaratan yang ditentukan. Usaha perbaikan sifat-sifat tanah ini disebut stabilisasi tanah (Bowles, 1986). Stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada, sehingga memenuhi syarat untuk lokasi suatu proyek. Stabilisasi tanah dapat berupa tindakan-tindakan seperti meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimia dan atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), atau mengganti tanah yang buruk.

Stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu kombinasi dari pekerjaan berikut (Ingel dan Metcalf, 1977):

1. Stabilisasi Mekanik
2. Stabilisasi Fisik
3. Stabilisasi Kimiawi

Pada penelitian ini, usaha stabilisasi tanah yang digunakan adalah stabilisasi kimia dengan penambahan zat aditif. Zat aditif yang digunakan yaitu serbuk gypsum. Zat aditif tersebut diharapkan akan mampu memperbaiki karakteristik tanah lempung ekspansif di daerah Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur.

Gypsum Sebagai Bahan Stabilisator Tanah

Dalam ilmu kimia, gypsum disebut sebagai Kalsium Sulfat Hidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), yaitu suatu material yang termasuk kedalam mineral sulfat yang berada di bumi dan nilainya sangat menguntungkan. Sekarang ini gypsum banyak digunakan pada hiasan bangunan, bahan dasar pembuat semen, pengisi (*filler*) cat, bahan pembuat pupuk (*fertilizer*) dan berbagai macam keperluan lainnya. Keuntungan penggunaan gypsum dalam pekerjaan teknik sipil yaitu:

- a. Gypsum yang dicampur lempung dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah tergantikan oleh kalsium pada gypsum sehingga pengembangannya lebih kecil.
- b. Gypsum dapat meningkatkan stabilitas tanah organik karena mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung yang memberikan stabilitas terhadap agregat tanah.
- c. Gypsum meningkatkan kecepatan rembesan air, dikarenakan gypsum lebih menyerap banyak air. (Sumber : www.minerals.net, opened at December,1,2005)

Uji Laboratorium

Menurut Shirley (1994), jenis percobaan di laboratorium dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Sifat fisik tanah (*Index Properties*): yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang digunakan untuk menentukan jenis tanah.

2. Sifat mekanis tanah (*Engineering Properties*): yaitu perilaku tanah akibat diberikannya beban terhadap tanah dan digunakan sebagai parameter dalam perencanaan pondasi.

Sifat fisik tanah meliputi pemeriksaan kadar air tanah, berat jenis tanah, batas *atterberg*, analisa saringan, analisa hidrometer, dan berat isi tanah. Sedangkan sifat mekanis tanah meliputi beberapa pemeriksaan, namun dalam penelitian ini hanya difokuskan pada pemadatan standar, uji CBR dan uji pengembangan (*Swelling*).

METODOLOGI PENELITIAN

Komposisi Campuran Untuk Benda Uji

Benda uji untuk masing-masing perlakuan terdiri atas tanah asli di daerah Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur, serta campuran serbuk gypsum. Prosentase gypsum yang digunakan adalah 4%, 6%, 8% dan 10% dari berat kering tanah.

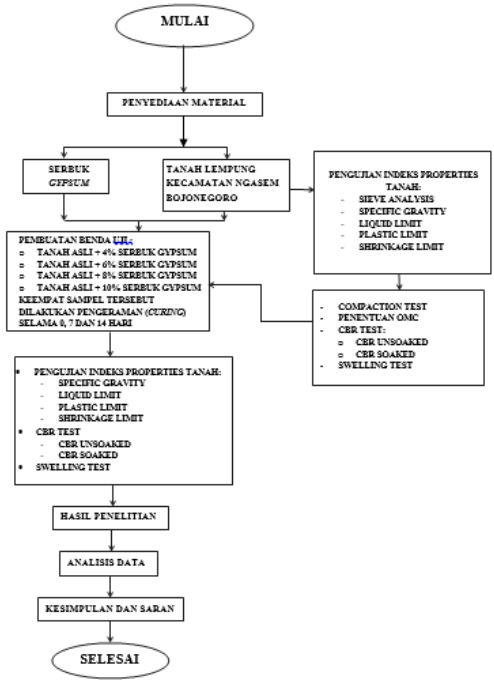
Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada lima sampel benda uji. Benda uji pertama dilakukan pada tanah asli dalam keadaan terganggu (*disturbed*) dan empat benda uji lainnya menggunakan pencampuran tanah asli dengan serbuk gypsum. Prosentase serbuk gypsum yang digunakan adalah 4%, 6%, 8% dan 10% dari berat kering tanah.

Lima sampel benda uji tersebut dilakukan pengujian *index properties* tanah, *compaction test*, uji CBR (*California Bearing Ratio*) dan uji pengembangan (*swelling*). *Index properties* tanah ini terdiri dari analisa saringan, batas-batas limit (*atterberg limit*) dan *specific gravity*. Untuk empat benda uji tanah campuran diberi perlakuan *curing* selama 0, 7 dan 14 hari sebelum dilakukan pengujian CBR dan *swelling*. Pengujian *compaction test* dilakukan untuk mengetahui nilai kadar air optimum tanah asli dan tanah campuran. Nilai kadar air optimum

tersebut akan digunakan untuk percobaan CBR dan uji pengembangan (*swelling*). Pengujian CBR dilakukan dengan dua perlakuan yaitu CBR *soaked* dan CBR *unsoaked*. CBR *soaked* dilakukan dengan cara sampel tanah yang dipadatkan dengan kadar penambahan air optimum yang sudah didapatkan dari *compaction test* direndam dalam air selama 2 hari lalu diuji. Sedangkan CBR *unsoaked* tidak direndam akan tetapi langsung dilakukan pengujian. Uji *swelling* dilakukan bersamaan dengan perendaman sampel tanah untuk pengujian CBR *soaked*.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Tanah Bojonegoro

Sampel diambil dari Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur. Untuk menentukan klasifikasi tanah tersebut maka dilakukan pengujian karaktersistik sifat fisik tanah di laboratorium yang meliputi pengujian batas plastis (PL), batas cair (LL), specivic gravity (SG), dan analisis saringan. Hasil pengujian terhadap sampel tanah tersebut disajikan pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Sifat Fisik Tanah Asli

Macam-macam Uji	Tanah Asli
Liquid Limit	92,51%
Plastic Limit	40,92%
Shrinkage Limit	8,74%
Indeks Plastisitas	51,59%
Specivic Gravity	2,512
Swell	6,186%
Lolos saringan no. 200	95,302%
Tertahan saringan no. 200	4,698%

Berdasarkan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa tanah di daerah Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur dapat dikelompokkan dalam klasifikasi USCS sebagai OH (lempung organik dengan plastisitas tinggi).

Pemeriksaan Specific Gravity

Specific Gravity adalah nilai perbandingan antara berat butir tanah dan berat air dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Uji *Specific Gravity* adalah jenis pengujian yang bertujuan untuk menentukan *Specific Gravity* suatu contoh tanah yang digunakan sebagai bahan uji.

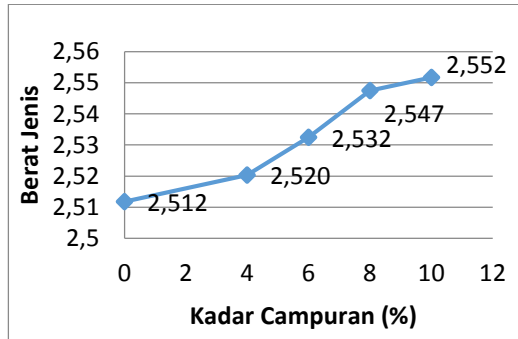
Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian *Specific Gravity* tersebut adalah tanah asli, serbuk *gypsum* serta tanah asli yang diberi bahan campuran. Tanah asli yang diberi bahan campuran terdapat 4 variasi yaitu: variasi I terdiri dari tanah asli + 4% serbuk *gypsum*, variasi II terdiri dari tanah asli + 6% serbuk *gypsum*, variasi III terdiri dari tanah asli + 8% serbuk *gypsum* dan variasi IV terdiri dari tanah asli + 10% serbuk *gypsum*. Hasil pengujian *specivic gravity* disajikan pada Tabel 3:

Tabel 3 Hasil Pengujian *Specific Gravity*

BAHAN	SPECIVIC GRAVITY
Tanah Asli	2,512
Serbuk Gypsum	2,730
Tanah Asli + 4% Serbuk Gypsum	2,520
Tanah Asli + 6% Serbuk Gypsum	2,532
Tanah Asli + 8% Serbuk Gypsum	2,548
Tanah Asli + 10% Serbuk Gypsum	2,552

Dari hasil percobaan yang ditampilkan pada Tabel 3 didapatkan nilai *Specific Gravity* untuk tanah asli adalah sebesar 2,512. *Specific Gravity* mengalami peningkatan ketika tanah asli

ditambahkan dengan bahan campuran serbuk *Gypsum*. Pengaruh penambahan campuran pada tanah asli terhadap peningkatan *specific gravity*-nya dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 2 Pengaruh Penambahan Bahan Campuran terhadap *Specific Gravity*

Berdasarkan hasil pengujian yang telah diketahui dapat diambil kesimpulan bahwa dengan bertambahnya prosentase bahan campuran berupa serbuk *gypsum* yang ditambahkan pada tanah asli mengakibatkan kenaikan terhadap *Specific Gravity* tanah. Kenaikan *Specific Gravity* tanah campuran serbuk *gypsum* terhadap tanah asli sebesar 1,592%. Hal ini disebabkan serbuk *gypsum* tersebut memiliki *Specific Gravity* yang lebih besar dari tanah asli, sehingga apabila bahan tersebut dicampur dengan tanah asli akan memiliki nilai *specific gravity* yang lebih besar seiring dengan penambahan campuran tersebut.

Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg

Pengujian batas atterberg meliputi pengujian batas susut (*shrinkage limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas cair (*liquid limit*). Di dalam penelitian ini, pengujian batas atterberg dilakukan pada tanah asli dan juga pada tanah asli yang telah diberi bahan campuran untuk stabilisasi berupa serbuk *gypsum* sesuai dengan komposisi yang ditentukan. Berikut ini hasil dari pengujian batas atterberg:

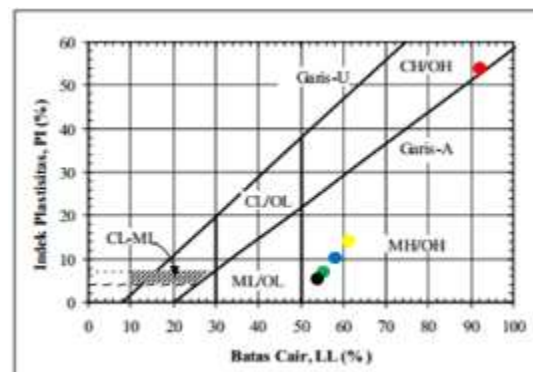
Tabel 4. Hasil pemeriksaan batas-batas atterberg

KOMPOSISI BAHAN	LL(%)	PL(%)	SL(%)	PI(%)
Tanah Asli	92,51	40,92	8,74	51,59
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	60,59	46,42	9,62	14,17
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	57,99	47,63	10,88	10,36
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	55,59	48,03	11,21	7,56
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	54,03	48,80	12,45	5,23

Pada tabel diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan campuran berupa serbuk *gypsum* pada tanah asli menyebabkan nilai indeks plastisitas mengalami penurunan. Selain itu penambahan bahan campuran dapat menaikkan nilai batas plastis tanah diikuti dengan penurunan nilai batas cairnya. Menurunnya batas cair sejalan dengan berkurangnya ikatan antar butiran akibat peningkatan prosentase bahan campuran pada tanah, maka tanah perlu tambahan air untuk mempertahankan sifat plastisnya. Akibatnya PL tanah meningkat. Pengaruh serbuk *gypsum* mengakibatkan peningkatan tanah campuran terhadap tanah asli berdasarkan PL sebesar 19,257% dan SL sebesar 42,448%. Untuk penurunan tanah campuran serbuk *gypsum* terhadap tanah asli berdasarkan PI sebesar 89,862% dan LL sebesar 41,595%. Klasifikasi tanah campuran serbuk *gypsum* disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 3 berikut ini:

Tabel 5. Klasifikasi Tanah Campuran

KOMPOSISI BAHAN	LL (%)	PL (%)	PI (%)	KET.
Tanah Asli	92,51	40,92	51,59	CH/OH
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	60,59	46,42	14,17	MH/OH
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	57,99	47,63	10,36	MH/OH
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	55,59	48,03	7,56	MH/OH
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	54,03	48,80	5,23	MH/OH



Gambar 3. Sistem Klasifikasi Tanah Sistem Unified

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa tanah asli yang sudah diberi campuran serbuk *gypsum* dengan masing-masing variasi, semua tergolong sebagai tanah lanau anorganik (lanau yang elastis) atau lempung organik dengan plastisitas tinggi.

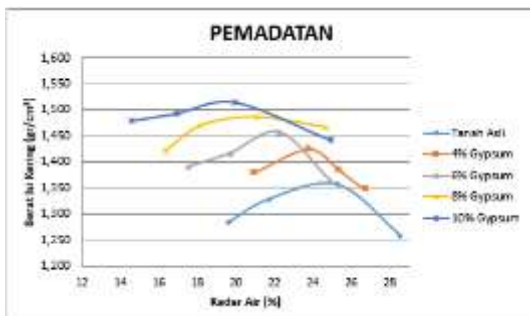
Pengujian Pemadatan Standar

Uji pemadatan dilakukan terhadap tanah asli dan tanah asli yang telah ditambahkan dengan bahan campuran sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan dan variasi kadar air dicoba-coba sampai menemukan kadar air puncaknya. Pengujian pemadatan yang dilakukan tersebut menurut cara B dengan diameter cetakan 152 mm (6") dengan tanah lolos saringan 4,75 mm (no.4), tinggi cetakan 116,33 mm (4,58") dan berat alat pemukul 2,5 kg (5,5 lbs) dengan tinggi jatuh 30,48 cm (12").

Berikut adalah hasil pengujian pemadatan standar pada tanah asli serta tanah yang telah dicampur serbuk *gypsum*:

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Pemadatan Standar

KOMPOSISI BAHAN	KADAR AIR OPTIMUM (%)	BERAT ISI KERING MAKSIMUM (gr/cm ³)
Tanah Asli	25,26	1,357
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	23,79	1,383
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	22,26	1,457
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	21,11	1,486
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	19,98	1,513



Gambar 4. Kurva Hasil Pemadatan Tiap Variasi Bahan

Dari tabel dan gambar di atas diperoleh nilai kadar air optimum (OMC) untuk tanah asli sebesar 25,26% dengan berat isi kering maksimum sebesar 1,357 gr/cm³. Seiring dengan penambahan

bahan campuran pada tanah asli, berat isi kering maksimum mengalami peningkatan. Sedangkan untuk kadar air optimum mengalami penurunan. Hal tersebut disebabkan karena penambahan bahan campuran dapat mengisi ruang pori tanah dan karena sifat dari bahan campuran yang dapat mengeras apabila dicampur dengan air maka menjadikan tanah menjadi keras sehingga akan menurunkan nilai kadar air optimum dan menaikkan berat isi kering tanah.

Pengujian CBR Laboratorium Tak Terendam (*Unsoaked*)

Pada pengujian CBR *unsoaked* ini diberi 2 perlakuan yaitu perlakuan pertama tanpa *curing* dan yang kedua diberi perlakuan *curing* selama 7 hari dan 14 hari. Dan berikut adalah hasil pengujian CBR *Unsoaked* tanpa *curing* dan dengan *curing* selama 7 hari serta 14 hari:

Tabel 7. Hasil Pengujian CBR *Unsoaked* Tanpa *Curing* (0 Hari)

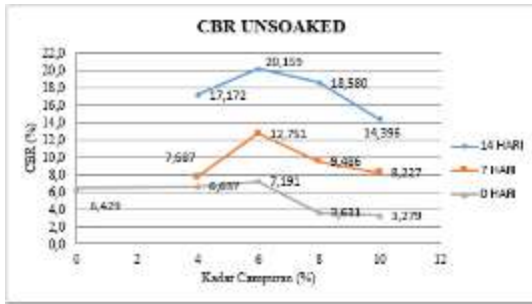
KOMPOSISI BAHAN	CBR (UNSOAKED) (%)
Tanah Asli	6,429
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	6,755
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	7,077
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,538
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,377

Tabel 8. Hasil Pengujian CBR *Unsoaked* Dengan *Curing* 7 Hari

KOMPOSISI BAHAN	CBR (UNSOAKED) (%)
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	7,687
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	12,751
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	9,486
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	8,227

Tabel 9. Hasil Pengujian CBR *Unsoaked* Dengan *Curing* 14 Hari

KOMPOSISI BAHAN	CBR (UNSOAKED) (%)
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	17,172
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	20,159
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	18,580
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	14,396



Gambar 5. Perbandingan Nilai CBR Tak Terendam Tanpa Curing Dan Dengan Curing 7 Serta 14 Hari Pada Tiap Variasi Bahan Stabilisasi

Pada grafik di atas menunjukkan hasil CBR tak terendam tanpa *curing* dan dengan *curing* 7 serta 14 hari pada kondisi OMC tiap-tiap variasi campuran diperoleh hasil tertinggi pada CBR *curing* 14 hari dengan penambahan 6% serbuk *gypsum* yaitu 20,159%. Peningkatan terbesar nilai CBR *unsoaked* tanah asli terhadap tanah campuran serbuk *gypsum* terjadi pada penambahan 6% serbuk *gypsum* pada *curing* 0 hari yaitu 11,852%. Sedangkan peningkatan terbesar tanah campuran penambahan 6% serbuk *gypsum* terhadap lamanya waktu *curing* terjadi pada *curing* 14 hari yaitu 180,336%. Namun ada waktunya nilai CBR mengalami penurunan. Dalam penelitian ini mulai terjadi penurunan nilai CBR pada penambahan bahan campuran 8% serbuk *gypsum*

Pengujian CBR Laboratorium Terendam (*Soaked*)

Pengujian CBR *Soaked* ini dilakukan melalui proses perendaman selama 48 jam atau 2 hari dimana tanah mengalami pengembangan yang maksimum. Selama perendaman sebelum dilakukan uji CBR *soaked*, benda uji dilakukan pengujian *swelling* untuk mengetahui nilai pengembangan di dalam keadaan jenuh akan air. Sama halnya dengan CBR *unsoaked*, pengujian CBR *soaked* ini diberi 2 perlakuan yaitu perlakuan tanpa *curing* dan perlakuan dengan *curing* selama 7 dan 14 hari.

Perlakuan dengan *curing* selama 7 dan 14 hari dilakukan sebelum perendaman.

Pada pengujian ini dilakukan terhadap variasi berdasarkan hasil yang didapatkan dari CBR tidak terendam yang memiliki nilai terbesar di setiap waktu *curing*-nya. Variasi tersebut dipilih berdasarkan hasil uji CBR *unsoaked* karena keterbatasan waktu dan banyaknya sampel. Kadar air yang digunakan untuk masing-masing variasi campuran bahan stabilisasi tanah adalah kadar air optimum dari masing-masing variasi campuran tersebut.

Tabel 10. Hasil Pengujian CBR *Soaked* Tanpa *Curing* (0 Hari)

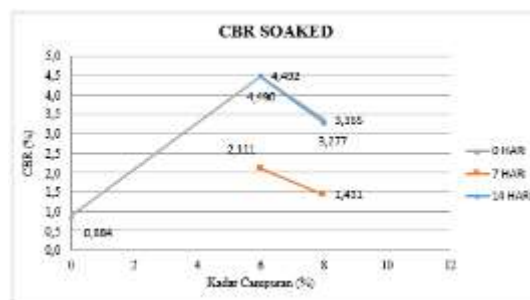
KOMPOSISI BAHAN	CBR (SOAKED) (%)
Tanah Asli	0,884
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	4,490
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,365

Tabel 11. Hasil Pengujian CBR *Soaked* Dengan *Curing* 7 Hari

KOMPOSISI BAHAN	CBR (SOAKED) (%)
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	2,111
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	1,431

Tabel 12. Hasil Pengujian CBR *Soaked* Dengan *Curing* 14 Hari

KOMPOSISI BAHAN	CBR (SOAKED) (%)
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	4,492
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,277



Gambar 6. Perbandingan Nilai CBR Terendam Pada Variasi Tanah Asli + 6% Serbuk *Gypsum* dan Tanah Asli + 8% Serbuk *gypsum* Dengan *Curing* Dan Tanpa *Curing*

Dari grafik diatas, nilai CBR *soaked* terbesar yaitu pada CBR *soaked* dengan *curing* 14 hari dengan

penambahan 6% serbuk *gypsum* dengan nilai 4,492%. Peningkatan terbesar nilai CBR *unsoaked* tanah asli terhadap tanah campuran serbuk *gypsum* terjadi pada penambahan 6% serbuk *gypsum* pada *curing* 0 hari yaitu 407,918%. Sedangkan peningkatan terbesar tanah campuran penambahan 6% serbuk *gypsum* terhadap lamanya waktu *curing* terjadi pada *curing* 14 hari yaitu 0,044%.

Pada CBR *soaked*, hasil yang ditampilkan pada tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa nilai CBR pada kondisi terendam ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai CBR Tak Terendam dikarenakan perendaman atau penambahan air menyebabkan menurunnya kekuatan tanah. Namun demikian, CBR *soaked* tersebut adalah kondisi yang sering dialami di lapangan, sehingga di dalam perhitungan konstruksi bangunan, harga CBR *soaked* yang dipergunakan sebagai dasar perhitungan karena dalam kenyataannya air selalu mempengaruhi dan menjadi pertimbangan pada konstruksi bangunan. Berikut adalah grafik perbandingan Nilai CBR tak terendam dan CBR terendam pada kondisi OMC dari campuran tanah asli + 6% serbuk *gypsum* dengan *curing* dan tanpa *curing*:



Gambar 7. Perbandingan Nilai CBR *Unsoaked* dan CBR *Soaked* pada Kondisi OMC dari Campuran Tanah Asli + 6% Serbuk *Gypsum* Dengan *Curing* dan Tanpa *Curing*

Pengujian *Swelling* (Pengembangan)

Swelling adalah pembesaran volume tanah ekspansif akibat bertambahnya kadar air yang dinyatakan dalam prosentase (%). Potensi pembesaran volume ini tergantung pada komposisi mineral, peningkatan kadar air, indeks plastisitas, kadar lempung dan tekanan tanah penutup. Untuk pengujian *swelling* tanah dilakukan selama 48 jam hingga mendapatkan hasil pengembangan yang konstan. Dalam pengujian ini dilakukan pada tanah asli, tanah asli dicampur 6% serbuk *gypsum* dan tanah asli dicampur 8% serbuk *gypsum* dengan kadar air yang sudah didapatkan dari uji pemadatan. Pemilihan benda uji untuk *swelling* ini didasarkan pada hasil uji CBR *unsoaked*. Berikut adalah hasil yang didapatkan:

Tabel 13. Hasil Pengujian *Swelling* Tanpa *Curing* (0 Hari)

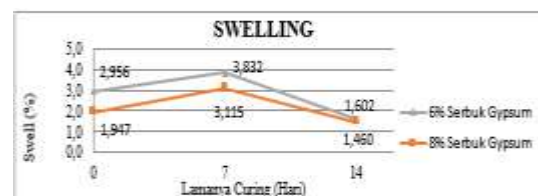
KOMOSISI BAHAN	SWELL (%)
Tanah Asli	6,186
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	2,956
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	1,947

Tabel 14. Hasil Pengujian *Swelling* Dengan *Curing* 7 Hari

KOMOSISI BAHAN	SWELL (%)
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,832
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,115

Tabel 15. Hasil Pengujian *Swelling* Dengan *Curing* 14 Hari

KOMOSISI BAHAN	SWELL (%)
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	1,602
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	1,460

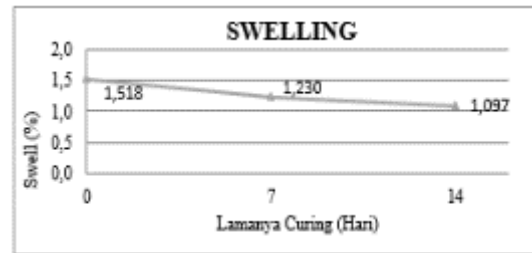


Gambar 8. Perbandingan Nilai *Swelling* pada Variasi Campuran 6% dan 8% Serbuk *Gypsum* Terhadap Lamanya Waktu *Curing*

Pada tabel dan grafik diatas, nilai *swelling* pada kedua variasi tersebut mengalami penurunan saat tanah dengan bahan campuran diberi perlakuan *curing* selama 14 hari yaitu 1,602% dan 1,460%. Pengaruh tanah campuran 6% serbuk *gypsum* terhadap penurunan nilai *swelling* tanah asli sebesar 17,72%. Penurunan nilai *swelling* pada tanah dengan bahan campuran yang diberi perlakuan *curing* selama 14 hari dibandingkan dengan tanah dengan bahan campuran yang diberi perlakuan tanpa *curing* maupun yang diberi perlakuan *curing* selama 7 hari disebabkan karena adanya proses sementasi antar butiran lempung, serbuk *gypsum* dan air selama proses *curing* sehingga meningkatkan butiran-butiran tanah semakin padat dan keras yang menyebabkan butiran tanah tidak mudah berubah bentuk dan nilai pengembangan juga menurun.

Pada tanah campuran serbuk *gypsum* dengan *curing* selama 7 hari, nilai pengembangannya mengalami peningkatan. Hal ini mungkin dapat disebabkan proses sementasi antar butiran lempung, serbuk *gypsum* dan air selama proses *curing* belum terjadi secara sempurna. Karena proses sementasi yang tidak sempurna tersebut, butiran-butiran lempung kembali lepas ketika uji *swelling*. Sehingga batas proses sementasi antar butiran lempung, serbuk *gypsum* dan air agar tanah tidak mudah berubah bentuk, butiran-butiran tanah tidak mudah lepas dan nilai pengembangannya turun yaitu ketika *curing* selama 14 hari.

Semakin lama *curing* pada benda uji, semakin kecil selisih persentase pengembangan antara tanah campuran 6% serbuk *gypsum* dengan tanah campuran 8% serbuk *gypsum*. Berikut grafik selisih persentase pengembangan antara tanah campuran 6% serbuk *gypsum* dengan tanah campuran serbuk *gypsum* 8% serbuk *gypsum*:



Gambar 9. Grafik selisih persentase pengembangan antara tanah campuran 6% serbuk *gypsum* dengan tanah campuran serbuk *gypsum* 8% serbuk *gypsum*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengolahan data serta pembahasan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan penambahan bahan campuran berupa serbuk *gypsum*, nilai *specific gravity*, nilai *plastic limit* dan nilai *shrinkage limit* mengalami peningkatan dibandingkan dengan tanah asli dengan nilai peningkatan masing-masing yaitu 1,592%, 19,257% dan 42,448%. Sedangkan untuk nilai *liquid limit* serta indeks plastisitas mengalami penurunan dibandingkan dengan tanah asli dengan nilai penurunan masing-masing yaitu 41,595% dan 89,862%.
2. Tanah asli tergolong sebagai tanah lempung dengan plastisitas tinggi (CH/OH), Sedangkan tanah yang diberi campuran serbuk *gypsum* merupakan tanah lanau yang elastis atau lempung dengan plastisitas tinggi (MH/OH) menurut klasifikasi tanah sistem *Unified*.
3. Semakin banyak campuran serbuk *gypsum* yang ditambahkan, maka semakin kecil nilai kadar air optimum yang dibutuhkan untuk mencapai berat isi kering maksimum.
4. Pengaruh *curing* terhadap nilai CBR *Unsoaked* mengalami peningkatan. Semakin lama waktu *curing* semakin naik nilai CBR *Unsoaked*. Nilai CBR

- Unsoaked* terbesar didapatkan pada penambahan 6% serbuk *gypsum* dengan lama waktu *curing* 14 hari. Peningkatan terbesar nilai CBR *Unsoaked* tanah campuran penambahan 6% serbuk *gypsum* terhadap lamanya waktu *curing* terjadi pada *curing* 14 hari yaitu 180,336%.
5. Pengaruh *curing* terhadap nilai CBR *Soaked* mengalami peningkatan pada *curing* 14 hari. Nilai CBR *Soaked* terbesar didapatkan pada penambahan 6% serbuk *gypsum* dengan lama waktu *curing* 14 hari. Peningkatan terbesar nilai CBR *Soaked* tanah campuran penambahan 6% serbuk *gypsum* terhadap lamanya waktu *curing* terjadi pada *curing* 14 hari yaitu 0,044%.
 6. Nilai CBR *Soaked* memiliki nilai CBR yang lebih kecil dibandingkan dengan CBR *Unsoaked*.
 7. Nilai pengembangan pada tanah campuran semakin banyak kadar campuran semakin kecil pengembangannya. Batas proses sementasi antar butiran-butiran lempung, serbuk *gypsum* dan air yaitu pada *curing* selama 14 hari. Semakin lama waktu *curing*, selisih nilai pengembangan semakin kecil antara tanah campuran 6% dengan 8% serbuk *gypsum*. Pengaruh tanah campuran 6% serbuk *gypsum* terhadap penurunan nilai *swelling* tanah asli sebesar 17,72%.
 8. Berdasarkan nilai CBR dan sifat *swelling* direkomendasikan digunakan penambahan campuran 6% serbuk *gypsum* dengan lama waktu *curing* selama 14 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1989, *Sifat-sifat Fisis dan Geotek Tanah (Mekanika Tanah)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Braja M. Das 1995. *Mekanika Tanah*. Cetakan Pertama. Erlangga, Jakarta.
- Hary Christady.H. 1992. *Mekanika Tanah I dan II*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 1992, *Mekanika Tanah*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Laboratorium Mekanika Tanah, *Prosedur Praktikum Laboratorium Mekanika Tanah*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Maizir, Henedi. 2006. *Penggunaan Abu Kapur (Quick Lime) untuk Stabilisasi Tanah Lempung pada Lapisan Perkerasan Jalan Raya*. Jurnal Terpublikasi. Pekanbaru: Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru.
- Metcalf, J.B., & Ingels, O.G., 1972, "Soil Stabilization", Butterworths.
- Prasetyo, Rendra. 2013. *Pengaruh Penambahan Campuran Slag Baja dan Fly Ash pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai CBR dan Swelling*. Skripsi Tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Shalahuddin, Muhammad. 2004. *Stabilisasi Tanah-Semen dan Tanah-Kapur dengan Variasi Indeks Plastisitas*. Jurnal Terpublikasi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sudarmadji, Ibnu. 2006, *Studi Eksperimen Pengaruh Pencampuran Serbuk Batu Bara dan Serbuk Gypsum terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung dengan Metode Meyerhof*. Jurnal terpublikasi. Jogjakarta: Universitas Islam Indonesia Jogjakarta
- Widodo, Teguh dan Rahmat Imron Qosari. 2011. *Efektifitas Penambahan Matos® pada Stabilisasi Semen Tanah Berbutir Halus*. Jurnal Terpublikasi. Yogyakarta: Universitas Janabadra.