

**PENGARUH WAKTU PERAWATAN (CURING) PADA TANAH CAMPURAN
SEMEN PORTLAND TIPE I TERHADAP KARAKTERISTIK TANAH LUNAK DI
PROYEK JALAN TOL GEMPOL – PASURUAN**

*(The Effect of Curing Time on Portland Cement Type I Soil Mixed
on The Characteristics of Soft Soil in Gempol – Pasuruan Freeway Project)*

Nisa Shafira, Yulvi Zaika, Eko Andi Suryo

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email : nisashafr@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu proyek pemerintah yang tengah digarap saat ini adalah proyek pembangunan jalan tol sepanjang Gempol-Pasuruan. Tanah di Desa Kedawung Kulon yang merupakan salah satu desa yang nantinya dilewati oleh jalan tol ini adalah tanah lunak. Tanah lunak adalah tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara berhati-hati dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir, tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi. Mencampur tanah dengan semen *portland* tipe I sebanyak 10% dari berat keseluruhan tanah kemudian diperam (*curing*) diharapkan bisa meningkatkan mutu tanah. Pada penelitian ini dilakukan pengujian laboratorium terhadap tanah campuran 10% semen *portland* tipe I yang diperam (*curing*) dengan waktu yang divariasikan. Waktu pemeraman yang diterapkan pada sampel adalah 0 hari, 4 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama sampel diperam (*curing*), maka nilai CBR (*California Bearing Ratio*), sudut geser (ϕ), dan qu semakin naik, sedangkan nilai kohesi (c) semakin turun.

Kata kunci : Waktu Pemeraman, Semen, CBR, Konsolidasi, Kuat Geser Tanah.

ABSTRACT

One of government's project that been worked on is a freeway development along Gempol – Pasuruan. Soil in Kedawung Kulon, one of the village that will be passed by this freeway is soft soil. Soft soil is the soil that will cause instability problem and long term settlement if not being recognized nor investigated carefully. This soil has low shear strength and high compressibility. Mixing soil with 10% total soil weight of portland cement type I is expected to increase soil quality. In this research, the laboratory tests is done to soil that mixed with 10% portland cement type I cured with varying time. The curing time that applied to the sample is 0 days, 4 days, 7 days, 14 days dan 28 days. From the test results, shows that the longer of the curing time applied to the sample, the value of CBR (California Bearing Ratio), internal friction angle (ϕ), and qu are continue to increase, while cohesion (c) value is continue to decrease.

Keywords : Curing Time, Cement, CBR, Consolidation, Soil Shear Strength.

1. PENDAHULUAN

Tanah di Desa Kedawung Kulon yang merupakan salah satu desa yang akan dilewati oleh proyek jalan tol Gempol – Pasuruan adalah tanah lunak. Sifat tanah lunak yang gaya gesernya kecil, kemampatannya besar, koefisien permeabilitas kecil dan mempunyai daya dukung rendah jika dibandingkan dengan tanah lainnya sehingga memerlukan perbaikan.

Salah satu metode perbaikan tanah yang bisa digunakan adalah dengan mencampur tanah tersebut dengan bahan aditif semen *portland* tipe I. Dari penelitian sebelumnya oleh Fahara A. dan Zaika (2018), didapatkan kadar optimum semen *portland* tipe I terhadap tanah lunak di Desa Kedawung Kulon yaitu 10% dari berat keseluruhan tanah. Kemudian akan dilanjutkan oleh penulis untuk pemeraman (*curing*) dari hasil penelitian sebelumnya.

Dalam penelitian ini penulis akan melakukan pengujian CBR (*California Bearing Ratio*), *Triaxial Unconsolidated Undrained*, *Unconfined*, dan konsolidasi pada sampel tanah lunak dari Desa Kedawung Kulon, Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur yang dicampur dengan 10% semen *portland* tipe I. Variasi waktu pemeraman (*curing*) yang diterapkan adalah 0 hari, 4 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Lunak

Menurut Soetjiono (2008) pada umumnya tipe dan jenis tanah lunak ditentukan oleh sifat dan karakteristik tanah, yang meliputi: perubahan volume, jumlah dan jenis kandungan mineral, berat isi asli, perubahan kadar air, kepadatan tanah, kondisi pembebanan, struktur tanah dan waktu. Das (1993) menyatakan nilai

hasil pengujian di lapangan dan di laboratorium, akan menunjukkan bahwa tanah tersebut lunak apabila: Koefisien rembesan (k) sangat rendah ≤ 0.0000001 cm/dt, Batas cair (LL) $\geq 50\%$, Angka pori (e) antara 2,5 – 3,2, Kadar air dalam keadaan jenuh antara 90% - 120%, dan Berat spesifik (G_s) berkisar antara 2,6 – 2,9.

2.2 Lanau

Lanau memiliki sifat plastisitas lebih rendah daripada lempung dan mudah ditembus air sehingga memperlihatkan sifat dilatasi yang tidak terdapat pada lempung. Lanau memiliki kekuatan geser undrained yang rendah yaitu sekitar 10-20 kPa untuk tanah lanau yang lunak dan 4-10 kPa untuk tanah lanau yang sangat lunak. Tingkat plastisitasnya rendah dan memiliki permeabilitas yang tinggi sehingga penurunan konsolidasi terjadi begitu cepat.

2.3 Lempung

Mitchell (1976) memberikan batasan bahwa yang dimaksud dengan ukuran butir lempung adalah partikel tanah yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm, sedangkan mineral lempung adalah kelompok – kelompok partikel kristal berukuran koloid ($< 0,002$ mm) yang terjadi akibat proses pelapukan dari batuan ditambah dengan sifatnya yang dijelaskan lebih lanjut.

2.4 Klasifikasi Tanah berdasarkan AASHTO

Dari beberapa sistem klasifikasi yang ada, salah satunya adalah American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Sistem klasifikasi tanah tersebut diawali oleh U.S Bureau of Public Roads. Sistem ini mengklasifikasikan tanah ke dalam delapan kelompok, A-1 sampai A-7.

Klasifikasi Umum	Material Berbutir Kasar (35% atau kurang lolos saringan No. 200)							Material Lanau -Lempung (lebih dari 35% lolos saringan No. 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Klasifikasi Group	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-7-5 A-7-6	
Analisa Tapis; persen lolos:												
No. 10	50 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
No. 40	30 max	50 max	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-	
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	
Karakteristik fraksi lolos saringan No. 40:												
Batas Cair			40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Indeks Plastisitas	6 max		N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min*	
Jenis Material Pokok	Fragmen batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan Pasir Kelanauan atau kelembungan				Tanah lanau		Tanah lempung		
Tingkat Kegunaan sebagai Subgrade	Sangat baik hingga baik							Cukup baik hingga buruk				

* Indeks Plastisitas untuk sub group A-7-5 sama dengan atau kurang dari batas cair dikurang 30. Indeks Plastisitas untuk sub group A-7-6 lebih besar dari batas cair dikurang 30.

Gambar 1. Klasifikasi tanah sistem AASHTO

2.5 Uji Laboratorium

a. Pematatan

Pematatan adalah cara sederhana untuk memperbaiki stabilitas dan daya dukung tanah. Pematatan didefinisikan sebagai proses menaikkan berat unit tanah dengan memaksa butiran-butiran tanah menjadi lebih rapat dan mengurangi pori-pori udara. Hal ini dilakukan dengan menggunakan beban statis atau dinamis pada tanah. Tujuan pematatan adalah untuk memperoleh tanah yang mempunyai sifat-sifat fisis yang sesuai bagi suatu pekerjaan tertentu.

b. CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR tanah atau campuran agregat yang didapatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan beban penetrasi suatu bahan (dapat berupa tanah atau material perkerasan jalan) dengan bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

c. Triaxial

Percobaan triaxial merupakan metode yang paling umum untuk mencari kekuatan geser tanah. Parameter kuat geser yang didapat dari percobaan ini adalah c

dan (ϕ). Pada percobaan ini dilakukan dengancara *Unconsolidated Undrained* (tanpa konsolidasi-tanpa drainase).

d. *Unconfined Compression Strength*

Untuk tanah, kuat geser tak terdrainase (S_u) diperlukan untuk penentuan daya dukung. Kuat geser tak terdrainase (S_u) lempung biasanya ditentukan uji tekan tak terkekang. Nilai kuat geser tak terdrainase (S_u) dari tanah yang kohesif sama dengan satu setengah dari kuat tekan tak terkekang (q_u) ketika tanah dibawah kondisi $\phi = 0$ ($\phi =$ sudut geser dalam).

e. Konsolidasi

Konsolidasi merupakan suatu proses pemampatan tanah, dan berkurangnya volume pori dalam tanah. Hal ini dapat menghasilkan bertambahnya daya dukung tanah. Parameter – parameter konsolidasi suatu tanah yaitu indeks kompresi (C_c) dan koefisien konsolidasi (C_v).

2.6 Semen

Semen merupakan bahan pozolanik yang sifatnya dapat mengikat serta dapat mengeras bila bereaksi dengan air. Reaksi semen dan air akan membentuk suatu material yang kuat dan keras yang sering disebut sebagai *hydraulic cement*. Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mencampurkan batu kapur yang mengandung kapur (CaO) dan lempung yang mengandung silika (SiO_2), oksida alumina (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3) dalam oven dengan suhu kira-kira $145^\circ C$ sampai menjadi klinker.

2.7 Stabilisasi Tanah dengan Semen

Secara umum, perbaikan atau stabilisasi tanah dapat diartikan sebagai proses yang dilakukan untuk mencapai peningkatan sifat geoteknik dari tanah pada suatu lokasi (Nicholson, 2015). Bila

cement Portland ditambahkan pada tanah, ion kalsium Ca^{++} dilepaskan melalui proses hidrolisa dan pertukaran ion berlanjut pada permukaan partikel-partikel lempung. Butiran lempung dalam kandungan tanah berbentuk halus dan bermuatan negatif. Ion positif seperti ion hidrogen (H^+), ion sodium (Na^+), ion kalsium (K^+), dan air yang berpolarisasi. Dari reaksi-reaksi kimia tersebut di atas, maka reaksi utama yang berkaitan dengan kekuatan ialah hidrasi dari A-lit ($3CaO.SiO_2$) dan B-lit ($2CaO.SiO_2$), sehingga membentuk kalsium silikat dan kalsium aluminat yang mengakibatkan kekuatan tanah meningkat.

2.8 Waktu Pemeraman (*Curing*)

Pemeraman berguna untuk meyakinkan campuran tanah-semen akan mencapai sifat-sifat final seperti yang diinginkan. Metode yang dilakukan pada prinsipnya seluruh tanah yang telah dipadatkan harus dilindungi agar semen tidak menjadi tidak reaktif. Waktu, temperatur, dan kadar air selama periode pemeraman perlu diperhatikan. Beberapa departemen menyarankan pemeraman pada kondisi temperature ruangan, dan ada yang lebih tinggi.

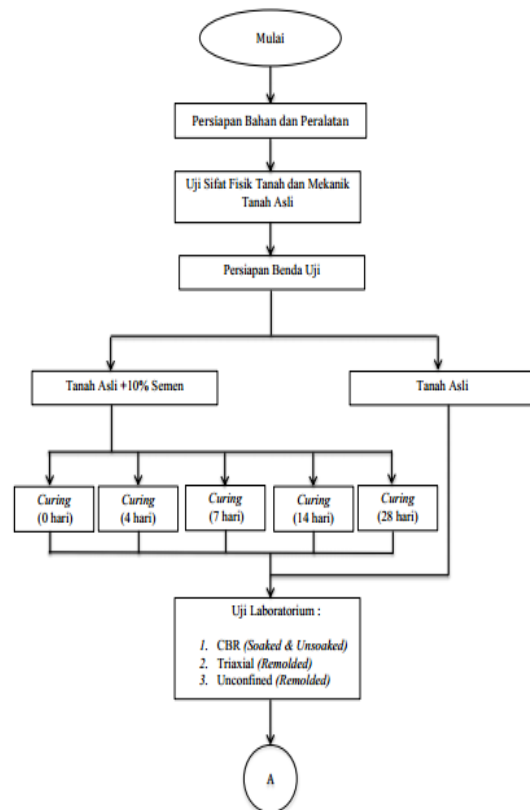
3. METODE PENELITIAN

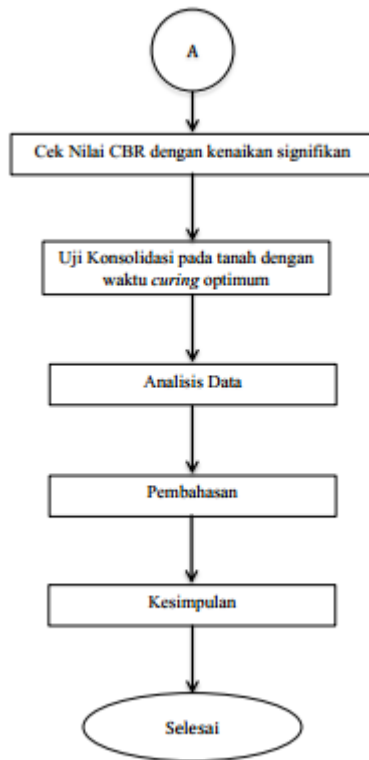
Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah lunak di desa Kedawung Kulon, Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Telah dilakukan uji fisik dan mekanik tanah asli sebelumnya oleh Putri A.R.D dan Zaika (2018). Kemudian dari penelitian Fahara A. dan Zaika (2018) didapatkan kadar optimum semen *portland* sebesar 10% dengan γ_{dmax} 1,846 gr/cm^3 .

Pengujian yang dilakukan adalah Uji CBR (*California Bearing Ratio*) *unsoaked*

dan *soaked*, uji konsolidasi, uji triaksial, dan uji *unconfined*. Benda uji diperam (*curing*) terlebih dahulu untuk menjaga kelembapan dan reaksi antara tanah dan semen lebih maksimal dengan 5 variasi waktu yaitu 0 hari, 4 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Bagan alir penelitian disajikan dalam gambar 2 :





Gambar 2. Bagan alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan telah dilakukan oleh Putri A.R.D dan Zaika (2018) untuk mengetahui sifat fisik tanah asli yang akan digunakan pada penelitian ini. Adapun salah satu pengujian pendahuluan tersebut adalah uji klasifikasi tanah yang menyatakan bahwa merupakan tanah berbutir halus lolos saringan no.200 sebanyak 92,15% yang didominasi oleh tanah lanau. Dari pengujian batas-batas Atterberg dari tanah asli didapat nilai LL = 56,12%, PL = 43,36%, SL = 11,863% , dan PI = 12,76%. Kemudian Fahara A. dan Zaika (2018) melakukan penelitian terhadap tanah lunak dengan semen *portland* untuk mencari kadar semen yang optimum dari variasi kadar semen 5%, 8%, 10%, 12%, dan 15%. Dari penelitian tersebut didapatkan kadar semen *portland* yang optimum

adalah 10% dengan OMC 22,017%. Untuk pengujian *atterberg limit* terhadap tanah campuran 10% semen *portland* tipe I didapatkan besarnya PL (*Plastic Limit*) 38,461%, LL (*Liquid Limit*) 51,055% SL (*Shrinkage Limit*) 25,826%, dan PI (Indeks Plastisitas) 12,594%.

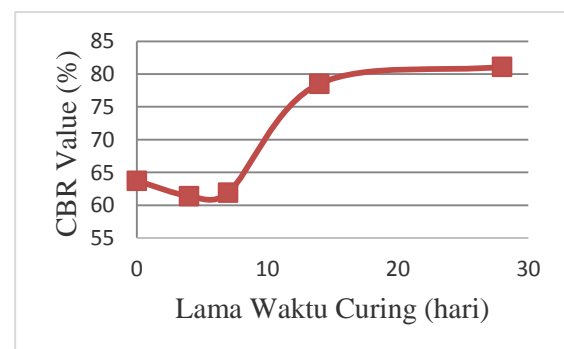
4.2 Pengujian Lanjutan

a. Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

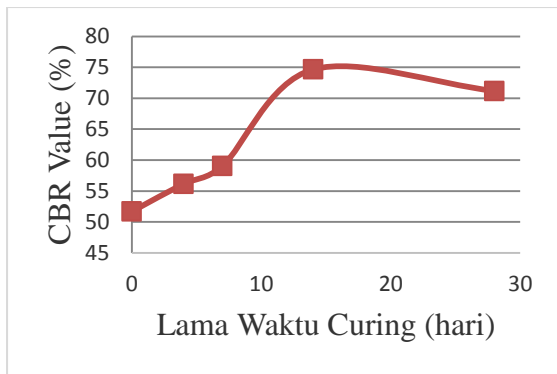
Pengujian CBR didahului dengan pemeraman (*curing*) terhadap benda uji dengan variasi waktu pemeraman 0 hari, 4 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pengujian CBR terdiri dari 2 yaitu *unsoaked* dan *soaked* dengan waktu perendaman 4 hari. Hasil dari pengujian CBR adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Jenis Sampel	Waktu Curing hari	Nilai CBR(%)	
		Soaked	Unsoaked
Tanah asli	-	5,243	11,6
Tanah + 10% semen	0	51,686	63,716
Tanah + 10% semen	4	56,173	61,392
Tanah + 10% semen	7	59,047	61,896
Tanah + 10% semen	14	74,653	78,533
Tanah + 10% semen	28	71,183	81,100



Gambar 3. Hubungan lama waktu curing dengan nilai CBR *unsoaked*



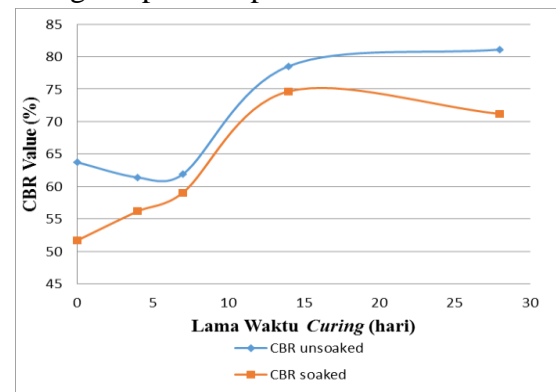
Gambar 4. Hubungan lama waktu curing dengan nilai CBR soaked

Pada **gambar 3** dapat dilihat pengaruh lama waktu *curing* terhadap nilai CBR. Semakin lama waktu *curing*, nilai CBR *unsoaked* cenderung naik. Kenaikan nilai CBR *unsoaked* paling signifikan terjadi pada sampel tanah yang diperam selama 14 hari dengan nilai CBR sebesar 78,533%. Pada sampel ini nilai CBR mengalami kenaikan yang paling signifikan yaitu sebesar 26,879%.

Pada sampel *soaked*, dilihat pada **gambar 4** lama waktu *curing* memiliki pengaruh yang sama dengan sampel *unsoaked*. Nilai CBR terus naik seiring bertambahnya lama waktu *curing*. Kenaikan signifikan nilai CBR *soaked* juga terjadi pada sampel yang diperam selama 14 hari. Dengan nilai CBR 74,653%, sampel ini mengalami kenaikan nilai CBR sebesar 26,430% dari sampel CBR *soaked* yang diperam selama 7 hari.

Seperti yang tercantum pada penelitian Andriani *et al*, 2012 semen yang bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali (Na^+ dan K^+) dari tanah digantikan oleh kation dari semen sehingga ukuran butiran lempung bertambah besar (flokulasi). Selain proses flokulasi yang terjadi pada stabilisasi tanah, terjadi pula proses pozzolan, proses hidrasi, dan proses sementasi. Proses pozzolan terjadi antara kalsium hidroksida dari tanah

bereaksi dengan silikat (SiO_2) dan aluminat (AlO_3) dari semen membentuk material pengikat yang terdiri dari kalsium silikat atau aluminat silikat. Reaksi dari ion Ca_2^+ dengan silikat dan aluminat dari permukaan partikel lempung membentuk pasta semen (*hydrated gel*) sehingga mengikat partikel-partikel tanah.

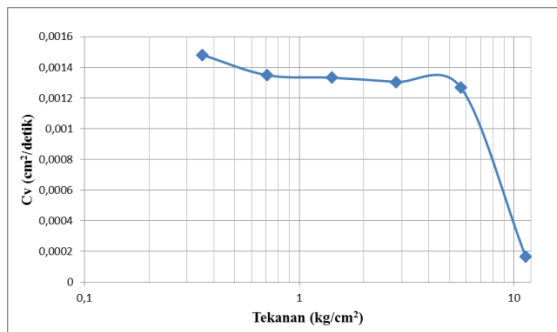


Gambar 5. Perbandingan nilai CBR unsoaked dan soaked

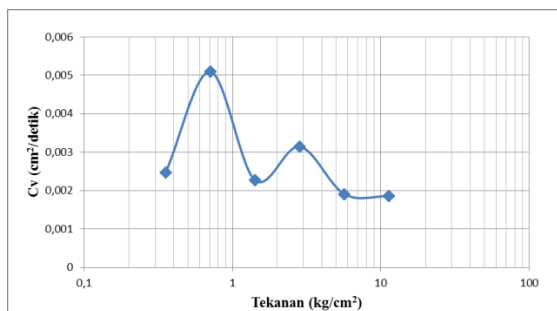
Bila dilihat dari **gambar 5** nilai CBR *soaked* selalu lebih kecil dibandingkan dengan nilai CBR *unsoaked* dengan waktu *curing* yang sama. Karena dengan perendaman, air akan masuk mengisi pori-pori tanah. Masuknya air menyebabkan tanah semakin lunak dan dapat terjadi *swelling* (pengembangan). Sebelum sampel direndam, tanah memiliki kadar air sesuai OMC. Setelah perendaman, kadar air akan lebih besar dari OMC sehingga dapat mengurangi daya dukung sampel tersebut.

b. Konsolidasi

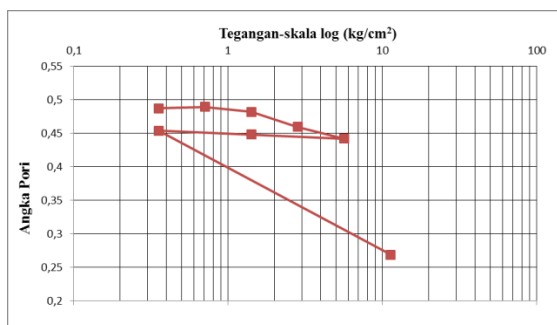
Setelah mendapatkan waktu curing yang optimum untuk tanah campuran 10% semen *portland* tipe 1 (14 hari) dari hasil pengujian CBR, maka disiapkan sampel untuk uji konsolidasi. Sampel yang telah dibuat diperam terlebih dahulu sesuai waktu pemeraman yang optimum (14 hari). Dari hasil pengujian konsolidasi didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 6. Hubungan antara tegangan dan nilai C_v (t_{50})



Gambar 7. Hubungan antara tegangan dan nilai C_v (t_{90})



Gambar 8. Hubungan antara tegangan dan angka pori

Konsolidasi dari tanah lunak yang campuran 10% semen *portland* tipe I dengan waktu pemeraman 14 hari menghasilkan penurunan sebesar 0,2588 m yang terjadi dalam waktu 8,85 tahun. Konsolidasi tanah asli (*undisturb*) yang telah dilakukan oleh Putri A.R.D dan Zaika (2018), yang juga diasumsikan aliran terdrainase 2 arah, didapat penurunan akibat konsolidasi sebesar 2,65 m yang terjadi dalam waktu 25,7 tahun. Jika dibandingkan, penurunan tanah campuran 10% semen yang diperam

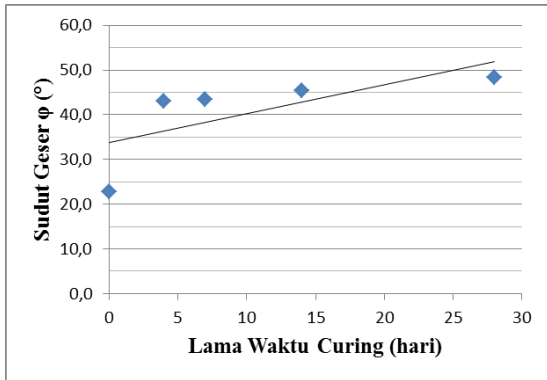
selama 14 hari berkurang sebesar 90,234%. Waktu konsolidasinya juga berkurang, sebesar 65,564% dari waktu konsolidasi tanah asli. Tanah yang dicampur 10% semen dan diperam selama 14 hari dapat mengurangi besarnya penurunan pada tanah dan mempersingkat waktu konsolidasi. Pada tanah yang telah diperbaiki dengan campuran 10% semen *portland* tipe I dan diperam selama 14 hari, sebenarnya tidak perlu menunggu selama 8,852 tahun agar penurunan konsolidasi sebesar 0,2588 m terjadi. Hal ini karena syarat penurunan konsolidasi 90% dari tanah asli telah dilalui. Sehingga penurunan konsolidasi sebesar 0,2588 m yang merupakan 9,766% dari penurunan konsolidasi tanah asli tidak perlu diperhitungkan.

c. Triaksial UU

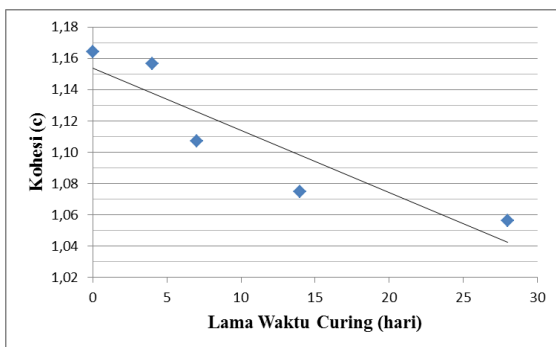
Pengujian Triaksial *Unconsolidated Undrained* dilakukan untuk mengetahui nilai sudut geser (ϕ) dan nilai kohesi (c) tanah. Sampel tanah merupakan tanah *remolded* campuran dari tanah asli dengan 10% semen. Tanah dicetak silinder dengan diameter 5 cm dan tinggi 10cm. Sampel tanah kemudian diperam selama 5 (lima) variasi waktu. Setelah diperam, sampel tanah diuji menggunakan alat *compression test load*.

Tabel 2. Hasil Pengujian Triaksial

No	Lama Waktu Curing (hari)	Φ (°)	c (kg/cm ²)
1	Tanah Asli	1,220	0,189
2	0	22,820	1,164
3	4	43,068	1,156
4	7	43,335	1,107
5	14	45,388	1,075
6	28	48,319	1,056



Gambar 9. Hubungan lama waktu curing dengan sudut geser tanah



Gambar 10. Hubungan lama waktu curing dengan kohesi

Gambar 9 dan **gambar 10** menunjukkan hubungan antara lama waktu curing dengan sudut geser (ϕ) dan kohesi (c). Pada percobaan terhadap sampel yang diperam selama 0, 4, 7, 14, dan 28 hari, nilai sudut geser (ϕ) cenderung naik sedangkan nilai kohesi cenderung turun seiring bertambahnya waktu pemeraman (curing). Sampel tanah yang diperam selama 14 hari memiliki sudut geser $45,388^\circ$ dan mengalami peningkatan sudut geser $44,168^\circ$ dari tanah asli. Sedangkan penurunan nilai kohesi sebesar $0,090 \text{ kg/cm}^2$ merupakan penurunan yang terjadi pada sampel tanah yang diperam selama 14 hari.

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel yang sejenis dan dipengaruhi oleh kerapatan serta jarak antarpartikel di dalam tanah. Seiring bertambahnya waktu perawatan, zat aditif semen mengikat butiran tanah tanpa

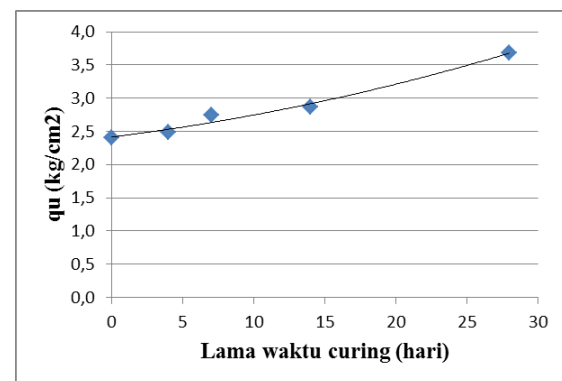
menimbulkan bertambahnya kerapatan antar molekul tanah sehingga ikatan yang terbentuk dari gradasi butirannya menjadi tidak seimbang. Salah satu sifat semen yaitu dapat mengisi pori tanah sehingga menyebabkan ikatan antar butiran tanah menjadi sedikit renggang yang kemudian menyebabkan nilai kohesi pada campuran tanah dan semen menjadi berkurang seiring bertambahnya waktu pemeraman.

d. Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Strength*)

Sampel tanah yang digunakan pada pengujian kuat tekan bebas merupakan tanah lunak dengan campuran semen 10% yang dibentuk secara remolded. Sebelum diuji, sampel tanah telah diperam dengan 5 (lima) variasi waktu pemeraman. Hasil yang diperoleh dari uji kuat tekan bebas sebagai berikut :

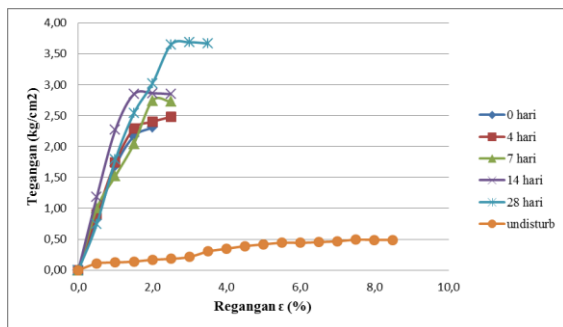
Tabel 3. Pengaruh Lama Waktu Curing terhadap nilai q_u

No	Lama waktu curing (hari)	q_u (kg/cm ²)
1	Tanah asli (<i>undisturbed</i>)	0,494
2	0	2,407
3	4	2,481
4	7	2,740
5	14	2,863
6	28	3,687



Gambar 11. Hubungan lama waktu curing dengan q_u

Pada **gambar 11** dapat dilihat bahwa semakin lama sampel tanah diperam, maka tegangan normal (q_u) semakin bertambah. Kenaikan tegangan normal signifikan (sebesar $0,824 \text{ kg/cm}^2$) terjadi pada tanah yang diperam selama 28 hari yang memiliki tegangan normal sebesar $3,687 \text{ kg/cm}^2$.



Gambar 12. Perbandingan pengaruh waktu curing terhadap tegangan dan regangan tanah

Gambar 12 memperlihatkan waktu pemeraman 28 hari memberikan hasil tegangan maksimum yang terbesar ($3,687 \text{ kg/cm}^2$) dibandingkan dengan waktu perawatan yang lain. Tanah yang diperam selama 14 hari mengalami kenaikan nilai q_u sebesar $2,369 \text{ kg/cm}^2$ dari tanah asli. Bila dibandingkan dengan sampel yang tidak diperam (*curing* 0 hari) yang memiliki tegangan maksimum $2,407 \text{ kg/cm}^2$, pemeraman selama 14 hari meningkatkan tegangan maksimum sebesar $18,927\%$.

Dengan dilakukannya pemeraman (*curing*) terhadap sampel tanah yang telah dicampur dengan 10% semen *portland* tipe I, proses hidrasi yang terjadi antara semen dan tanah semakin sempurna. Sehingga zat aditif semen dapat semakin mengikat butiran-butiran tanah. Hal ini membuat tegangan maksimum yang mampu ditahan oleh sampel tanah

mengalami kenaikan seiring bertambahnya waktu pemeraman (*curing*).

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Tanah lunak yang dicampur 10% semen *portland* tipe 1 mengalami kenaikan nilai CBR *unsoaked* dan *soaked* seiring bertambahnya waktu pemeraman (*curing*). Apabila dibandingkan, pada sampel yang diperam (*curing*) selama 14 hari mengalami kenaikan sebesar $23,255\%$ nilai CBR *unsoaked* dan $44,436\%$ nilai CBR *soaked* terhadap nilai CBR yang diperam (*curing*) selama 0 hari. Berdasarkan hasil percobaan CBR, waktu pemeraman (*curing*) yang optimum untuk tanah lunak campuran 10% semen *portland* tipe 1 adalah 14 hari.
2. Pemeraman (*curing*) selama 14 hari dapat memperkecil penurunan dan mempersingkat waktu tempuhnya. Beda penurunan konsolidasi yang terjadi bahkan telah melebihi 90% penurunan konsolidasi tanah asli.
3. Pengaruh waktu pemeraman (*curing*) terhadap parameter kuat geser tanah :
 - a. Nilai sudut geser (ϕ) semakin naik sedangkan nilai kohesi (c) semakin turun ketika waktu pemeraman (*curing*) bertambah. Nilai sudut geser (ϕ) pada sampel tanah dengan waktu pemeraman (*curing*) 14 hari mengalami kenaikan sebesar $98,893\%$ sedangkan nilai kohesi (c) mengalami penurunan sebesar $7,693\%$ dari sampel tanah yang diperam (*curing*) selama 0 hari.
 - b. Besarnya tegangan normal (q_u) dan C_u semakin bertambah seiring bertambahnya waktu pemeraman (*curing*). Pada sampel yang

diperam selama 28 hari, nilai q_u dan Cu mengalami kenaikan sebesar 53,178% dari sampel tanah yang diperam selama 0 hari.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jenis tanah yang berbeda dan bahan *additive* yang berbeda untuk mengetahui pengaruhnya terhadap berbagai jenis tanah.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai perbaikan tanah dengan metode yang berbeda agar bisa dibandingkan dan diketahui metode perbaikan tanah yang paling efektif dengan biaya yang paling efisien.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Andriani et al. 2012. **Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah.** 8(1) : 42.
- Bowles, Joseph E. 1992. **Analisa dan Desain Pondasi Jilid I (Edisi Keempat).** Jakarta : Erlangga.
- Bowles, Joseph E. 1993. **Sifat – sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah).** Jakarta : Erlangga.
- Coduto, DP. 1994. **Foundation Design : Principles and Practice.** New Jersey : Prentice Hall International.
- Craig, RF. 1991. **Mekanika Tanah Edisi Keempat.** Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja M. 1995. **Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1.** Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja M. 1995. **Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2.** Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta : Erlangga.
- Fahara, A. dan Zaika, Y. 2018. **Pengaruh Penambahan Kadar Semen terhadap Daya Dukung Tanah Lunak di Kecamatan Grati Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.** Naskah Terpublikasi Teknik Sipil FT-UB. Malang : Universitas Brawijaya.
- Kedzi, A. 1979. **Stabilization Earth Roads.** New York : Elvesier Scientific Publishing Company
- Putri, ARD. dan Zaika, Y. 2018. **Pengaruh Kadar Air terhadap Daya Dukung pada Tanah Lunak di Jalan Tol Gempol-Pasuruan.** Naskah Terpublikasi Teknik Sipil FT-UB. Malang : Universitas Brawijaya.
- Putra, TGS dan Budiman, INA. 2013. **Karakteristik Tanah Lempung yang Dicampur Semen Sebagai Bahan Subgrade Jalan.** 17(1). 107 – 108.
- Soehardi, F. Dan Putri LD. 2017. **Pengaruh Waktu Pemeraman Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur Terhadap Nilai CBR.** 3(1). 7 – 8.
- Subakti, Aman. 1994. **Teknologi Beton dalam Praktek.** Surabaya : Divisi Percetakan Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Terzaghi, Karl. 1987. **Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid I.** Jakarta : Erlangga.