

PENGARUH WAKTU PERAWATAN (*CURING*) PADA STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN *FLY ASH*

Heni Pujiastuti

Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram

Email: pujiastutih@gmail.com

ABSTRAK

Sisa pembakaran batu bara kita kenal sebagai *fly ash* (abu terbang). Telah banyak penelitian yang memanfaatkan *fly ash* untuk memperbaiki tanah, karena mengandung bahan semen. Peningkatan kekuatan tanah yang distabilisasi *fly ash* tergantung pada beberapa faktor salah satunya adalah waktu curing. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lama perawatan (*time curing*) paling bagus yaitu mampu memberikan kontribusi terhadap peningkatan karakteristik fisik dan mekanik tanah lempung yang distabilisasi *fly ash* kelas C. Tahapan-tahapan penting pada penelitian ini antara lain: Pengambilan sampel lalu dilakukan pencampuran tanah asli-*fly ash* dengan prosentase optimum yaitu 15% (Prabowo dan Wiradharma, 2006), lalu dilakukan perawatan waktu (*time curing*) selama 7-28 hari (White, 2005) dengan variasi berturut-turut 0, 7, 14, 21 dan 28 hari. Melakukan uji sifat-sifat fisik dan mekanik tanah asli-*fly ash* optimum yang sudah di curing dengan variasi waktu diatas. Hasil penelitian menunjukkan Penambahan *fly ash* pada tanah lempung dengan waktu curing mampu menurunkan batas cair, batas susut dan indeks plastisitas, sedangkan batas plastis dan berat volume kering maksimum mengalami peningkatan dibandingkan dengan tanah lempung – *fly ash* tanpa waktu curing. Berat volume kering maksimum mencapai nilai maksimum sebesar 1.331gr/cm³ pada waktu curing 28 hari, sedangkan . Kadar air optimum mencapai nilai sebesar 26.650% pada waktu yang sama. Nilai CBR rendaman maksimum terjadi pada waktu curing 28 hari dengan nilai CBR rendaman sebesar 3.557%, sedangkan nilai pengembangan terendah terjadi pada waktu curing 28 hari sebesar 7.079%.

Kata kunci : tanah lempung, stabilisasi, *fly ash*, waktu perawatan (curing)

PENDAHULUAN

Jalan adalah urat nadi perekonomian daerah, sehingga kerusakan pada konstruksi jalan akan menimbulkan dampak buruk terhadap aktifitas perekonomian daerah yang bersangkutan. Kerusakan jalan yang ditimbulkan oleh sifat buruk tanah dasar yang berupa tanah lempung ekspansif lunak, dapat ditanggulangi dengan memperbaiki sifat-sifat tanah dasar tersebut maka dilakukan stabilisasi dengan *fly ash*. Pemakaian *fly ash* sebagai bahan stabilisasi akan memberikan kontribusi antara lain alternatif jalan keluar pembuangan limbah pembakaran batu bara selain itu adalah meningkatkan nilai ekonomis dari limbah tersebut.

Bahan stabilisasi *fly ash* (abu terbang) sesuai untuk tanah lempung lunak karena bersifat sebagai *drying agent* (bahan pengering) dan diharapkan akan meningkatkan karakteristik fisik dan mekanik yaitu kapasitas dukung *subgrade* dan kuat geser tanah, menurunkan potensi kembang susut, kompresibilitas, indeks plastisitas, kadar air dan kandungan fraksi lempung. Agar stabilisasi tanah dapat memberikan hasil seperti yang diharapkan maka perlu diberikan waktu perawatan (*time curing*) yang cukup agar proses hidrasi yaitu proses pembentukan senyawa utama komponen semen terjadi dengan sempurna.

TINJAUAN PUSTAKA

Jenis tanah *fine grained*, berdimensi koloidal yang susun dari bahan-bahan ekspansif biasa kita sebut sebagai lempung ekspansif. Karakteristik khusus dari lempung ini adalah mengandung bahan ekspansif, dimana terdapat kemampuan perpindahan ion yang besar memberikan dampak jika lempung ekspansif mengalami fluktuasi kadar air, maka akan mengalami kembang susut yang besar (Fathani dan Adi, 1999). Berkaitan dengan kadar air pada tanah lempung ekspansif Damoerin dan Virisdianto (1999) juga mengatakan daya dukung tanah lempung ekspansif pada keadaan tidak jenuh air cukup bagus, sedangkan dalam keadaan jenuh air (lunak) daya dukung tanah kurang bagus.

Sisa pembakaran batu bara antara lain untuk pembangkit tenaga listrik (*electric power plant*) kita kenal sebagai *fly ash* (abu terbang). *Fly ash* dibagi menjadi 3 (tiga) kelas didasarkan pada komposisi kimia yang menyusunnya didasarkan pada standart ASTM C 618-92a seperti terlihat di Tabel 1:

Tabel 1. Komposisi kimia *fly ash* (ASTM C 618-941)

Oksida	Komposisi (% berat)	Kelas campuran mineral		
		N	F	C
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	53,76 + 36,91 + 3,88 = 94,55	Min 70%	Min 70%	Min 50%
TiO ₂	2,42			
CaO	1,83		<10%	>10%
MgO	0,54			
K ₂ O	0,82			
Na ₂ O	0,09	Max 1,5%	Max 1,5%	Max 1,5%
P ₂ O ₅	0,13			
SO ₂	0,66	Max 4%	Max 4%	Max 4%
Mn ₃ O ₄	0,03			

Penelitian memakai *fly ash* (kelas C) telah dikerjakan oleh Ferguson (1993 dalam Senol et. al.,2002) tanpa campuran material yang lain sebagai material stabilisasi yang diaplikasikan pada pacuan memperlihatkan hasil yang menggembirakan.

Selanjutnya Mackiewicz dan Ferguson (2002) melakukan stabilisasi *self-cementing fly ash* pada tanah lempung dan shale untuk pacuan kuda Hertland di Topeka Kansas, menunjukkan bahwa potensi *swelling* tereduksi secara significant, sebanding dengan penambahan kapur(*lime*), meningkatkan nilai CBR sampai 20 kali dan nilai kuat tekan bebas 3 sampai 12 kali dibandingkan tanah tanpa penambahan *fly ash*.

Demikian juga penelitian mengenai stabilisasi tanah dengan *fly ash* pada *sub base* dengan bahan stabilisasi alternatif yang lain misalnya *foundry sand*, *foundry slag* dan *bottom ash* serta perkuatan dengan geosistetik, berdasarkan data *falling weight deflectometer* (FWD) *performence* dari *fly ash* sama atau lebih baik dari bahan stabilisasi alternatif yang lain, telah dikerjakan Edil et al. (2002 dalam Senol et. al., 2002).

Penggunaan abu terbang sebagai bahan stabilisasi tanah ditinjau terhadap kuat geser akibat siklus basah kering telah dilakukan oleh Sulistyowati dan Prabowo (2003). Sedangkan Muchtaranda dan Rawiyana (2004) melakukan penelitian terhadap sifat pengembangan tanah lempung dengan penambahan abu terbang.

Menurut White (2005) peningkatan kekuatan campuran tanah-*fly ash* tergantung pada waktu dan temperatur *curing*, energi pemadatan dan perlambatan pemadatan. Peningkatan kekuatan campuran tanah-*fly ash* dengan cepat terjadi pada waktu *curing* 7 hari sampai 28 hari dan pada reaksi pozzolan yang berlanjut dalam waktu yang lama terjadi peningkatan kekuatan campuran tanah-*fly ash* yang meragukan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Penelitian

- Tanah lempung
- Fly ash* (abu terbang)

Alat Penelitian

- Alat uji *specific gravity*, batas-batas *Atteberg*, dan klasifikasi butiran.
- Alat uji pemadatan standart Proctor.
- Alat uji CBR

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimental di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Prosedur Penelitian

Berikut tahapan-tahapan penting penelitian :

- Pengambilan contoh tanah serta *fly ash*, selanjutnya melakukan pengeringan, lalu melakukan pembauran tanah-*fly ash* pada prosentase penambahan *fly ash* optimum yaitu 15% (Prabowo dan Wiradharma, 2006), lalu dilakukan perawatan waktu (*time curing*) selama 7-28hari (White,2005) dengan variasi berturut-turut 0, 7, 14, 21 dan 28 hari.
- Melakukan uji karakteristik fisik dan mekanik tanah-*fly ash* dengan campuran optimum dari berat kering yang telah di curing pada waktu antara lain 0, 7, 14, 21 dan 28 hari. Uji sifat fisik meliputi : *specific gravity*, batas *Atteberg* (batas susut, batas plastis, batas cair) dan gradasi butiran tanah (uji hidrometer serta saringan ASTM) sedangkan uji karakteristik mekanik meliputi : pemadatan, CBR rendaman serta CBR non rendaman .

Rencana Komposit

Rencana komposit satu per satu dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. Rencana komposit

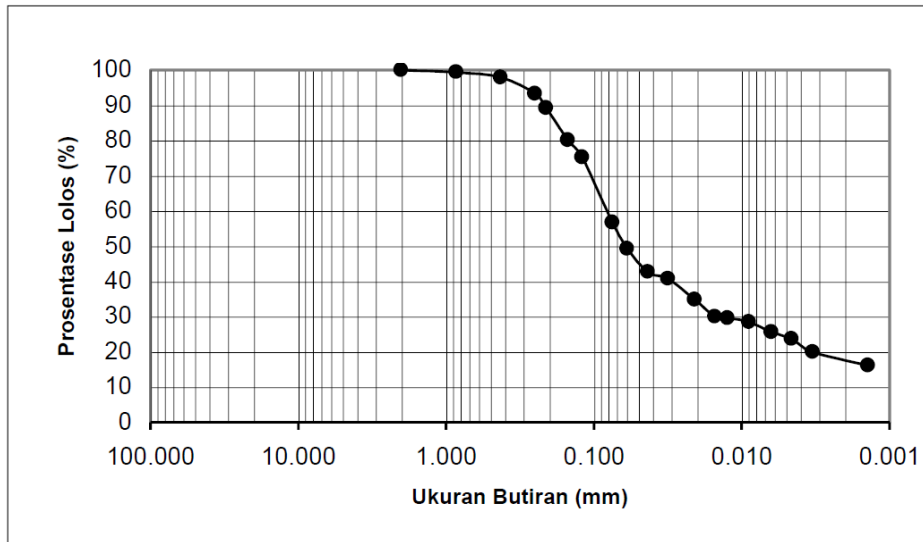
No. Komposit	Sampel		Waktu curing
1	Tanah lempung	15% <i>fly ash</i>	0 hari
2	Tanah lempung	15% <i>fly ash</i>	7 hari
3	Tanah lempung	15% <i>fly ash</i>	14 hari
4	Tanah lempung	15% <i>fly ash</i>	21 hari
5	Tanah lempung	15% <i>fly ash</i>	28 hari

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat Tanah Asli

Hasil pemeriksaan sifat-sifat tanah yaitu : kadar air 49,03%, *specific gravity* 2,356, berat volume 1,48 gr/cm³, batas cair 96,21%, batas plastis 45,22%, batas susut 20,68% dan indeks plastisitas 50,99 %. Dari pemeriksaan batas-batas konsistensi terlihat tanah memiliki indeks plastisitas lebih besar 20 dan batas susut rendah (relatif). Hasil tersebut menggambarkan tanah tersebut termasuk kohesif berplastisitas tinggi serta mampu berproses dalam perubahan volume, antara lain mudah *swelling* dan menyusut apabila terjadi fluktuasi kadar air (ekspansif). Selanjutnya memiliki batas cair sebesar 96,21% tanah menggambarkan tanah memiliki karakteristik teknis kurang baik antara lain kekuatan relatif kecil dan kompresibilitas tinggi.

Pengujian analisis *grain size* menghasilkan sebuah kurva distribusi ukuran butiran (Gambar 1). Analisis tersebut memerlukan perpaduan hasil uji saringan serta hidrometer. Berdasarkan hasil uji saringan dan hidrometer didapatkan prosentase butiran tanah sebagai berikut : pasir 43.3%, lanau serta lempung 56,70%. Berdasarkan sistem klasifikasi AASTHO tanah lolos saringan No. 200 yaitu lebih besar 35% serta karakteristik fraksi tanah lolos saringan No. 40 memiliki batas cair lebih dari 41% dan indeks plastisitas lebih besar 11, indeks Grup (GI) sebesar 17.228 dan $PL > 30\%$ tanah tersebut termasuk kelompok A-7-5(17) yaitu tanah berlempung, sebagai tanah dasar jalan raya yaitu kurang baik atau memerlukan perbaikan sifat-sifat fisik dan mekanik sebelum dibangun konstruksi diatasnya.



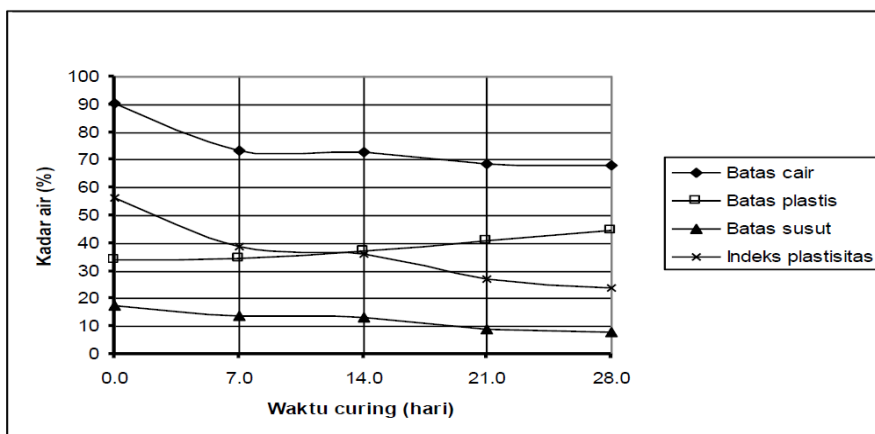
Gambar 1. Kurva Distribusi Ukuran Butiran

Pengaruh Waktu Curing terhadap Berat Jenis dan Indeks Plastisitas

Agar dapat diketahui pengaruh waktu curing 0 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari pada tanah lempung yang distabilisasi dengan 15% *fly ash* terhadap berat spesifik dan batasbatas konsistensi maka perlu pengujian-pengujian tersebut diamati. Hasil pemeriksaan berat jenis dan batas konsistensi pada tanah lempung yang terstabilisasi *fly ash* karena pengaruh waktu curing ditunjukkan pada Tabel 3 serta Gambar 2 – 3

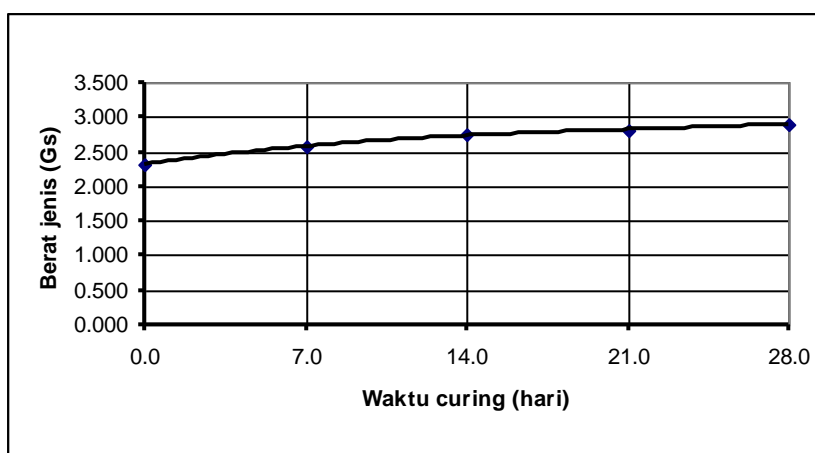
Tabel 3. Batas-batas konsistensi dan berat jenis (Gs) tanah asli dengan 15% *fly ash*

Pengujian	Waktu curing				
	0 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
Berat jenis (Gs)	2.319	2.566	2.754	2.807	2.903
Batas susut (SL) %	17.775	13.676	13.260	9.074	8.230
Batas cair (LL) %	90.448	73.263	72.933	68.422	68.300
Batas plastis (PL) %	34.248	34.404	36.995	41.131	44.497
Indeks Plastisitas (IP) %	56.200	38.859	35.938	27.291	23.803



Gambar 2. Hubungan waktu curing terhadap batas-batas konsistensi

Dari Gambar 2 memperlihatkan bahwa batas plastis tanah lempung ditambah 15 % *fly ash* cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pemeraman, sedangkan batas cair pada kondisi yang sebaliknya yaitu menurun demikian juga dengan batas susut. Indeks plastisitas cenderung turun seiring dengan bertambahnya waktu curing hal ini disebabkan karena penambahan *fly ash* pada tanah lempung menyebabkan adanya reaksi saling tarik yaitu partikel tanah dan *fly ash* untuk membentuk partikel baru. Semakin lama waktu curing menyebabkan reaksi saling tarik yaitu partikel tanah lempung dan *fly ash* semakin sempurna sehingga menyebabkan berkurangnya partikel lempung yang mempunyai sifat plastis.



Gambar 3 Hubungan waktu curing terhadap Berat jenis (Gs)

Gambar 3 memperlihatkan berat jenis (Gs) yang cenderung naik seiring dengan peningkatan lama curing, penyebabnya adalah semakin bertambah lama curing semakin banyak terbentuk partikel baru yaitu partikel *fly ash* dan partikel tanah lempung yang mempunyai berat jenis lebih tinggi dari tanah lempung.

Pengaruh Waktu Curing Terhadap Berat Volume Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum

Pengujian pemadatan menunjukkan kecenderungan terhadap bertambahnya nilai berat volume kering maksimum seiring peningkatan waktu curing. Berat volume kering maksimum mencapai nilai maksimum yaitu 1.331 gr/cm^3 pada lama pemeraman hari ke -28, keadaan tersebut terjadi karena bertambahnya *fly ash* pada tanah lempung menyebabkan adanya reaksi

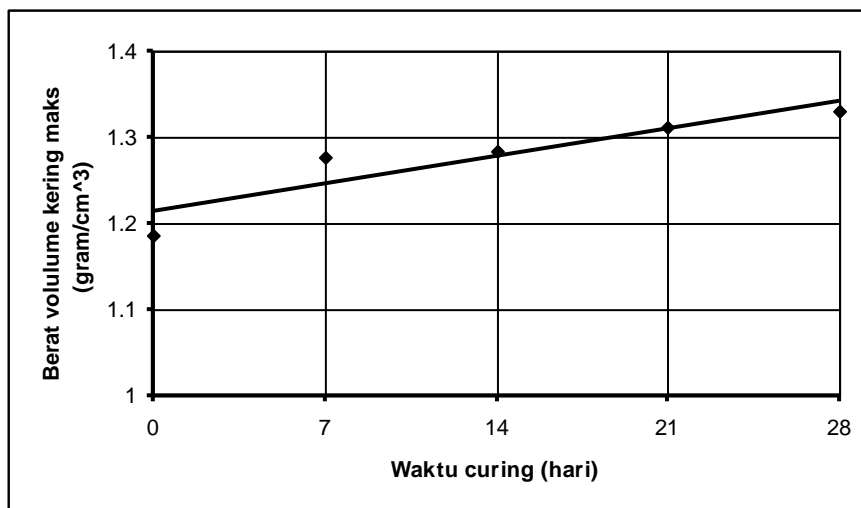
saling tarik dari partikel tanah dengan *fly ash* untuk berikatan membentuk partikel baru. Proses ikatan inilah yang disebut dengan proses sementasi yang menghasilkan partikel baru yaitu gabungan antara tanah lempung dengan *fly ash* dengan ikatan yang kuat dan kaku. Seiring dengan lama waktu curing mempengaruhi sempurna tidaknya ikatan sementasi tersebut. Semakin lama waktu curing makin sempurna ikatan sehingga tanah lempung dan *fly ash* menjadi lebih kuat dan kaku.

Kadar air optimum (w_{opt}) pada pengujian pemadatan menunjukkan kecenderungan kebalikan dari angka berat volume kering maksimum seiring peningkatan waktu curing yaitu menurun. Kadar air optimum mencapai nilai sebesar 26.650% pada waktu curing 28 hari. Hal ini disebabkan semakin lama waktu curing makin sempurna ikatan sehingga tanah lempung dan *fly ash* menjadi lebih kuat dan kaku serta padat. Pada tanah yang padat pori-pori tanah cenderung mengecil sehingga semakin padat lebih sedikit pori-pori tanah-*fly ash* mengisi air didalamnya.

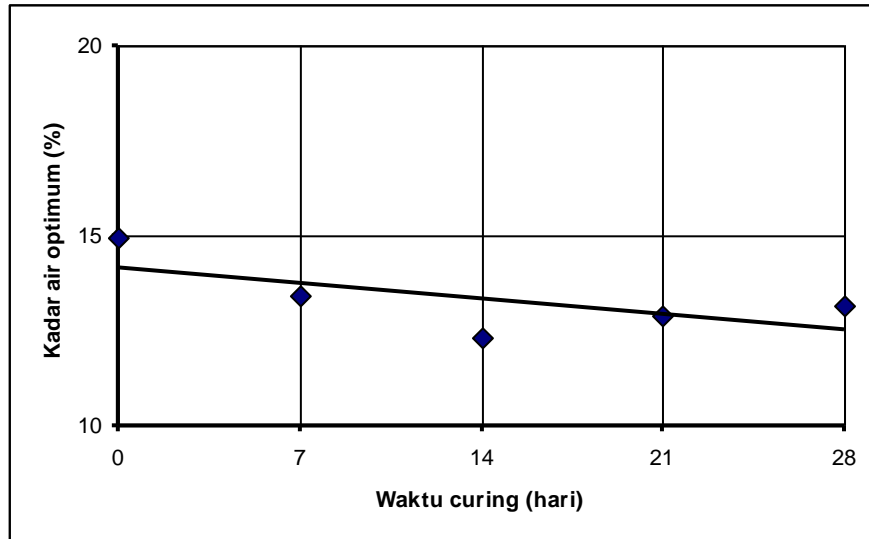
Selanjutnya pengujian pemadatan, hasilnya ditunjukkan di Lampiran D dan hasil pengujian seluruhnya dapat dilihat dalam Tabel 4 serta Gambar 4-5.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Pemadatan Tanah Asli dengan 15% Fly ash

Sampel Tanah lempung + 15% <i>Fly ash</i>	Berat Volume Kering Maksimum (gr/cm ³)	Kadar Air Optimum (%)
Curing 0 hari	1,187	41.707
Curing 7 hari	1.276	26.267
Curing 14 hari	1.284	29.757
Curing 21 hari	1.311	31.84
Curing 28 hari	1.331	26.650



Gambar 4. Hubungan waktu curing terhadap berat volume kering maksimum



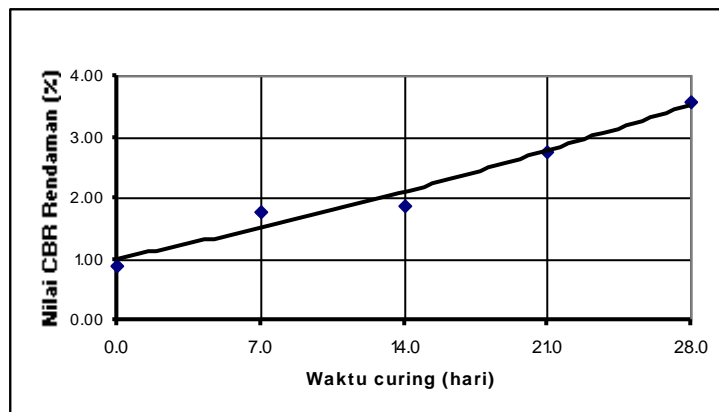
Gambar 5. Hubungan waktu curing terhadap kadar air optimum

Pengaruh Waktu Curing Terhadap Nilai CBR Rendaman dan Nilai Pengembangan

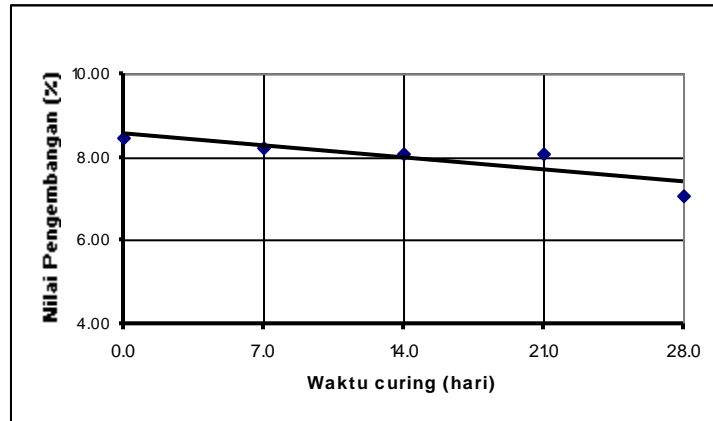
Untuk mewakili tanah lempung lunak maka pada kajian ini meneliti hasil pengujian CBR rendaman sekaligus dapat diketahui nilai pengembangan masing – masing campuran. Hasil pengujian CBR rendaman dan nilai pengembangan ditunjukkan di Tabel 5 serta Gambar 6-7

Tabel 5. Hasil uji CBR rendaman

Sampel Tanah Lempung +15% <i>Fly ash</i>	Nilai CBR rendaman (%)	Nilai pengembangan (%)
Curing 0 hari	0.889	8.445
Curing 7 hari	1.779	8.230
Curing 14 hari	1.878	8.093
Curing 21hari	2.767	8.084
Curing 28 hari	3.557	7.079



Gambar 6. Hubungan lama curing terhadap angka CBR rendaman



Gambar 7. Hubungan lama curing pada angka pengembangan

Pada campuran tanah lempung-*fly ash* menunjukkan kecenderungan peningkatan nilai CBR rendaman seiring meningkatnya waktu curing yang diberikan. Angka CBR rendaman maksimum terdapat di waktu curing 28 hari dengan nilai CBR rendaman sebesar 3.557%. Nilai pengembangan terjadi sebaliknya yaitu cenderung menurun seiring meningkatnya waktu curing. Angka pengembangan terkecil ada di waktu curing 28 hari yaitu 7.079%. Hal ini disebabkan karena di saat curing 28 hari, aksi ikatan pozolanik terjadi lebih sempurna sehingga tanah lempung - *fly ash* menjadi lebih kuat dan kaku.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari uraian di atas, kesimpulan yang dapat ditarik antara lain :

1. Tanah termasuk golongan A-7-5 (17) sistem klasifikasi AASTHO berarti tanah yang buruk untuk bahan tanah dasar perkerasan jalan dengan memiliki indeks plastisitas lebih dari 20, batas susut 20,682%, batas cair 94,713 %, batas plastis 43,99 %. Hasil tersebut mengindikasikan, tanah contoh adalah tanah kohesif memiliki plastisitas tinggi dan volume mampu berubah dengan nilai yang besar terutama mudah mengembang dan menyusut jika terjadi perubahan volume (ekspansif).
2. Penambahan *fly ash* pada tanah lempung dengan waktu curing mampu menurunkan batas cair dan susut serta indeks plastisitas, sedangkan batas plastis serta berat volume kering maksimum mengalami peningkatan dibandingkan dengan tanah lempung - *fly ash* tanpa waktu curing.
3. Berat volume kering maksimum mencapai nilai maksimum sebesar 1.331gr/cm³ pada waktu curing 28 hari, sedangkan . Kadar air optimum mencapai nilai sebesar 26.650% pada waktu yang sama.
4. Nilai CBR rendaman maksimum terjadi pada waktu curing 28 hari dan angka CBR rendaman yaitu 3.557%, sedangkan nilai pengembangan terendah terjadi pada waktu curing 28 hari sebesar 7.079%.

Saran

Penelitian ini masih perlu disempurnakan dengan :

1. Memperbanyak variasi waktu curing misalnya selisih 3 hari
2. Memperpanjang waktunya (lebih dari 28 hari)
3. Agar penelitian dapat benar-benar bermanfaat bagi masyarakat maka dicoba menggunakan *fly ash* sebagai bahan stabilisasi tanah lempung di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1992, *Annual Book of ASTM Standards section 4*, Volume 04 08, Philadelphia, USA.
- Damoerin, D. dan Virisdianto, |1999, Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dan Pasir dengan Penambahan Semen atau Kapur untuk Lapisan Badan Jalan, Prosiding Seminar Nasional Geoteknik'99 Hal. 1-5, Yogyakarta.
- Fathani, T.F. dan Adi, A.D., 1999, Perbaikan Sifat Lempung Ekspansif dengan Penambahan Kapur, Prosiding Seminar Nasional Geoteknik'99 Hal. 97-105, Yogyakarta.
- Mackiewicz S.M.dan Ferguson E.G., 2002, *Stabilization of Soil With Self-Cementing Coal Ashes*, Design Procedur for Soil Modification or Stabilization, Material and Test Divition Geotechnical Section 120 South Shortridge Road Indianapolis, Indiana 46219.
- Muchtaranda, I. H. Dan Rawiyana S., 2004, Pengaruh Penambahan Abu Terbang Terhadap Sifat-sifat Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif Praya, Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Fakultas Teknik, Unram, Mataram.
- Prabowo, A dan Wiradharma, 2006, Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Lunak dengan fly ash kelas C Untuk Lapisan Badan Jalan Daerah Praya Kopang Kab. Lombok Tengah, Laporan Penelitian Dosen Muda , Universitas Mataram, Mataram
- Senol, A., Bin-Shafique, Md.,S., Edil, T.B. dan Benson, C.H., (2002) , Use of Class C Fly ash for Stabilization of Soft Subgrade, Fifth International Congress on Advances in Civil Engineering, Istambul Technical University, Istambul, Turkey.
- Sulistyowati, T dan Prabowo, A., 2003, Pengaruh Siklus Pengeringan-Pembasahan Berulang Terhadap Kekuatan Geser Tanah Lempung Ekspansif yang di Stabilisasi dengan Fly ash, Skala Vol.1 No.2 Agustus Hal. 88-97, Fakultas Teknik UMM, Mataram.
- White, D.J., 2005, *Fly ash Soil Stabilization for Non-Uniform Subgrade Soils*, Department of Civil, Construction and Environmental Engineering Iowa State University.