

Uji Triaksial *Unconsolidated-Undrained* pada Campuran Tanah Lanau - Kapur - Abu Sekam Padi dan Serat Karung Plastik

(Unconsolidated-Undrained Triaxial Test on Mixture of Silty Soil – Lime – Rice Husk Ash and Plastic Fiber)

ANITA WIDIANTI, EDI HARTONO, AGUS SETYO MUNTOHAR, DELIYUDA ANDRI ROSYIDI

ABSTRACT

Geotechnical and mechanical behaviour of soil stabilized with lime-rice husk ash and strengthened by randomly placed plastic fiber depends on the portions of the added materials and curing time. This research investigates the effect of the waste plastic sack fibers portion and the curing time to the stress – strain relationship and to the shear strength parameters of the mixture. In this study the portions of lime and rice husk ash were set as constant to the value of 12% and 24% respectively. The effect of four waste plastic sack fibers portion variation from 0.1% to 0.8% was measured by unconsolidated-undrained triaxial test. The samples were tested at 7, 14 and 21 days after mixing. In general, according to the test result, the inclusion of randomly waste plastic sack fiber and curing time have enhanced the shear strength parameters, the peak stress and the strain before failure. With 0.2% fiber content, the cohesion and the internal friction angle values of the samples have increased 335% and 409% respectively compared with those of the samples having no added materials.

Keywords: unconsolidated -undrained triaxial test, shear strength, lime, rice husk ash, fiber

PENDAHULUAN

Perbaikan tanah dapat dilakukan secara kimia dan mekanis. Perbaikan tanah secara kimia biasanya menggunakan bahan tambah (*additive*) seperti kapur, semen atau bahan kimia lainnya. Bila bahan-bahan tersebut dicampur dengan tanah, maka sifat fisis dan geoteknis tanah dapat berubah sebagai akibat adanya reaksi kimia antara bahan tambah dan tanah. Penelitian yang telah dilakukan oleh Rahman (1986, 1987), Ali et al. (1992), Balasubramaniam et al. (1999), Muntohar dan Hashim (2002), Muntohar (2004) serta Basha et al. (2004) menunjukkan bahwa perbaikan tanah secara kimia telah mampu meningkatkan kuat geser tanah dan sifat-sifat geoteknis lainnya, namun cenderung berperilaku getas (*brittle*). Kuat geser masih relatif rendah pada umur awal stabilisasi (1-3 hari), kemudian kekuatan akan semakin meningkat seiring dengan

bertambahnya waktu. Perilaku getas banyak terjadi pada umur setelah 14 hari setelah proses stabilisasi. Keadaan ini kurang memuaskan bila digunakan sebagai bahan konstruksi yang lebih menginginkan bahan berkekuatan tinggi tetapi berperilaku *ductile*, misalnya sebagai perkuatan lereng *embankment*.

Perbaikan tanah secara mekanis biasanya dilakukan dengan cara penggantian tanah, pemadatan tanah, atau memberikan perkuatan pada tanah (*soil reinforcement*). Perkuatan tanah dengan menggunakan serat (*fiber*) didasarkan pada kekuatan geser antara serat dan butiran-butiran tanah. Serat merupakan material yang mempunyai regangan putus lebih tinggi dibandingkan dengan regangan runtuh tanah. Dengan demikian perkuatan akan bekerja dari regangan rendah sampai regangan runtuh tanah. Setelah regangan runtuh tanah dilampaui, perkuatan masih mampu memberikan tegangan tarik, sehingga dapat mencegah keruntuhan yang mendadak (McGown et al., 1978).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Alwahab dan Al-Qurna (1995), Kaniraj dan Havanagi (2001), Consoli et al. (2002) serta Muntohar (2000a, 2000b, 2003, 2005) menunjukkan bahwa secara umum dengan adanya inklusi serat sintetik secara tak beraturan / acak dalam tanah mampu meningkatkan kuat gesernya dan menjadi lebih *ductile*.

Berdasarkan uraian di atas, kombinasi dari teknik perbaikan tanah secara kimia dan secara mekanis diharapkan akan memberikan hasil yang lebih baik. Untuk itu dalam penelitian ini dilakukan kombinasi dari kedua teknik perbaikan tanah tersebut, yaitu dengan menggunakan kapur (*lime/L*) dan memanfaatkan limbah industri berupa serat-serat sampah karung plastik dan limbah pertanian berupa abu sekam padi (*rice husk ash/RHA*). Perilaku mekanis atau geoteknis campuran tersebut akan dipengaruhi oleh proporsi dari setiap bahan campuran dan lamanya waktu perawatan setelah pencampuran. Oleh karena itu perlu dilakukan pengkajian pengaruh berbagai variasi kadar serat karung plastik dan lama waktu perawatan terhadap parameter kuat geser campuran (nilai kohesi dan sudut gesek dalam), serta perilaku tegangan dan regangan dari campuran tersebut.

METODE PENELITIAN

1. Bahan

- a. Tanah lanau plastisitas tinggi (MH) dari Sentolo, Kulon Progo, DIY. Hasil uji awal dari tanah tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.
- b. Serat karung plastik bekas yang dilepas anyamannya dan dipotong-potong sepanjang ± 2 cm. Dari uji kuat tarik serat karung plastik yang dilakukan diperoleh nilai regangan rata-rata sebesar 20,04 % dan kuat tarik rata-rata sebesar 46,47 kN/m¹.
- c. Kapur padam (*hydrated lime, Ca (OH)₂*) berupa bubuk (*powder*) yang lolos saringan no. 40. Kapur jenis ini dijual bebas di pasaran sebagai salah satu bahan bangunan.
- d. Abu sekam padi, merupakan hasil pembakaran sekam padi dalam proses pembuatan batu bata di Piyungan, Bantul, DIY. Dalam penelitian ini digunakan abu sekam padi yang lolos saringan no. 40.

TABEL 1. Hasil uji awal sifat fisis dan mekanis tanah lanau

No.	Parameter	Hasil
1	Berat Jenis (G_s)	2,234
2	Kadar air kering udara	18,22 %
3	Batas-batas konsistensi	
	a. Batas cair (LL)	62,50 %
	b. Batas plastis (PL)	36,93 %
	c. Indeks plastisitas (PI)	25,57 %
4	Pemadatan standart Proctor	
	a. Berat volume kering maksimum (MDD)	11,87 kN/m ²
	b. Kadar air optimum (OMC)	37,45 %
5	Ukuran butiran	
	a. Lempung	16,00 %
	b. Lanau	59,49 %
	c. Pasir	24,51 %
6	Parameter geser tanah	
	a. Kohesi	1,12 kN/m ²
	b. Sudut gesek dalam	11,48 °

2. Alat uji

- a. Alat uji kadar air.
- b. Alat uji berat jenis.
- c. Alat uji batas-batas konsistensi.
- d. Alat uji distribusi ukuran butiran.
- e. Alat uji kuat tarik serat plastik,
- f. Alat uji pemadatan *standard proctor* yang digunakan untuk menyiapkan campuran pada kondisi kepadatan maksimum.
- g. Alat uji triaksial yang digunakan untuk menguji parameter kuat geser tanah dan mengetahui hubungan tegangan - regangan akibat pembebanan.
- h. Cetakan untuk membuat benda uji dalam pengujian triaksial. Cetakan berbentuk silinder dengan diameter 36 mm dan tinggi 72 mm.

3. Desain Campuran Benda Uji

Kadar kapur yang diperlukan untuk stabilisasi ditentukan dari uji *initial consumption of lime*

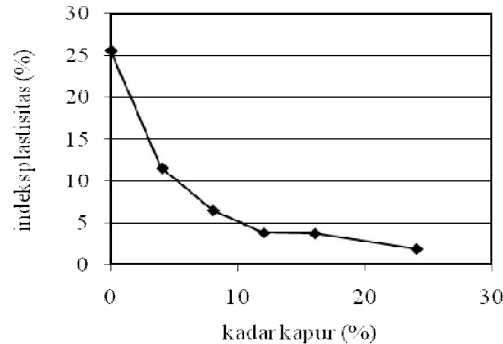
(ICL) sebagaimana disebutkan dalam ASTM D6276-99a. Sejumlah tanah dicampur dengan kadar kapur yang bervariasi yaitu 4%, 8%, 12%, 16%, 20%, dan 24%. Dari setiap campuran tersebut dilakukan uji batas cair dan batas plastis, sehingga diperoleh nilai indeks plastisitasnya (IP). Kadar kapur optimum ditentukan dari IP yang mulai menunjukkan nilai yang konstan. Dalam penelitian ini diperoleh nilai kadar kapur optimum sebesar 12%, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Kadar abu sekam padi ditentukan berdasarkan perbandingan 2:1 terhadap kadar kapur optimum, yaitu sebesar 24 %.

Kadar serat karung plastik yang akan dicampurkan bervariasi banyaknya, yaitu sebesar 0,1%; 0,2%; 0,4%; dan 0,8% terhadap berat kering total campuran pada kondisi kepadatan maksimum dan kadar air optimum.

4. Rancangan Benda Uji

Benda uji dibuat dalam enam variasi seperti yang dapat dilihat dalam Tabel 2.



GAMBAR 1. Hasil uji plastisitas campuran tanah dan kapur

TABEL 2. Variasi benda uji dan umur perawatan

No. variasi	Variasi benda uji	Umur perawatan (hari)		
		7	14	21
1	tanah	■	■	■
2	tanah + LRHA	■	■	■
3	tanah + LRHA + serat karung plastik 0,1%	■	■	■
4	tanah + LRHA + serat karung plastik 0,2 %	■	■	■
5	tanah + LRHA + serat karung plastik 0,4 %	■	■	■
6	tanah + LRHA + serat karung plastik 0,8 %	■	■	■

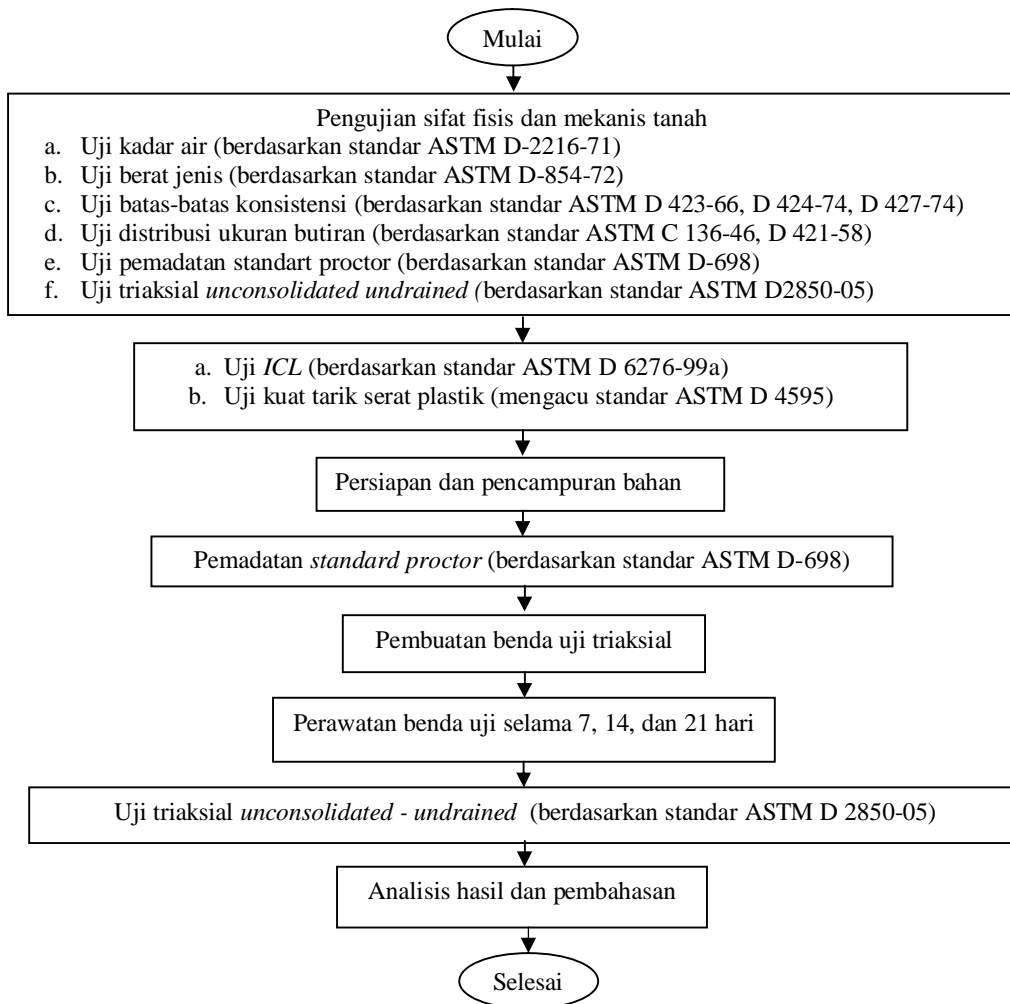
Keterangan : LRHA = Lime-Rice Husk Ash (kapur - abu sekam padi)
 ■ = tiga benda uji.

5. Tahapan pengujian di laboratorium

Tahapan pelaksanaan pengujian di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 2. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Pengujian utama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji triaksial pada kondisi tidak terkonsolidasi – tidak terdrainasi

(*unconsolidated – undrained*). Pada pengujian ini jumlah sampel yang dipakai untuk setiap variasi campuran adalah 3 buah dengan tekanan sel masing-masing 1 kg/cm^2 , 2 kg/cm^2 dan 3 kg/cm^2 . Kecepatan pembebanan aksial sebesar $0,65 \text{ mm/menit}$. Pembebanan diberikan sampai sampel pecah. Contoh benda uji untuk uji triaksial dapat dilihat pada Gambar 3, sedangkan pelaksanaan uji triaksial di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 4.



GAMBAR 2. Tahapan penelitian



GAMBAR 3. Contoh benda uji untuk uji triaksial



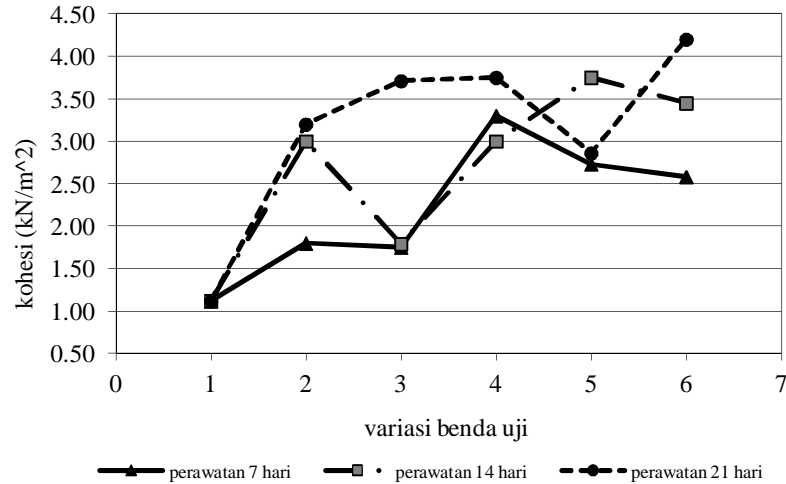
GAMBAR 4. Pelaksanaan uji triaksial di laboratorium

HASIL DAN PEMBAHASAN

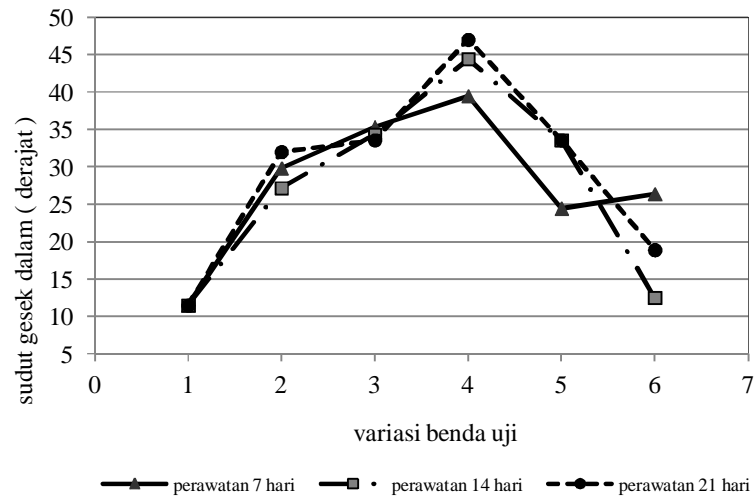
1. Hubungan antara variasi benda uji dengan nilai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ)

Dari hasil analisis didapat grafik hubungan antara variasi benda uji dengan nilai kohesi (c) dan nilai sudut gesek dalam (ϕ) campuran seperti yang ditampilkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Dari gambar tersebut tampak bahwa pada penambahan kadar serat sebesar 0,1% dan 0,2% di dalam campuran benda uji, nilai c dan ϕ cenderung mengalami peningkatan. Pada

kadar serat 0,2% terjadi peningkatan nilai c dan ϕ hingga 335% dan 409%. Dalam hal ini, adanya serat akan mengakibatkan bertambahnya bidang gesek dan lekatan antara serat dan tanah. Namun demikian penambahan serat tidak akan terus meningkatkan nilai c dan ϕ . Bila ditinjau dari kepadatan tanah, semakin banyak volume serat yang mengisi tanah akan semakin mengurangi kepadatan tanah (Muntohar, 2003). Hal ini ditunjukkan pada campuran tanah - LRHA dengan kadar serat 0,4% dan 0,8% yang cenderung mulai mengalami penurunan nilai parameter kuat geser tersebut.



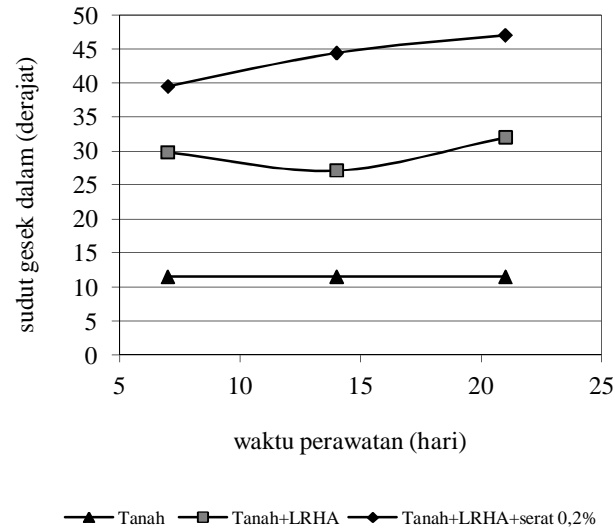
GAMBAR 5. Hubungan antara variasi benda uji dengan nilai kohesi (c)

GAMBAR 6. Hubungan antara variasi benda uji dengan nilai sudut gesek dalam (ϕ)

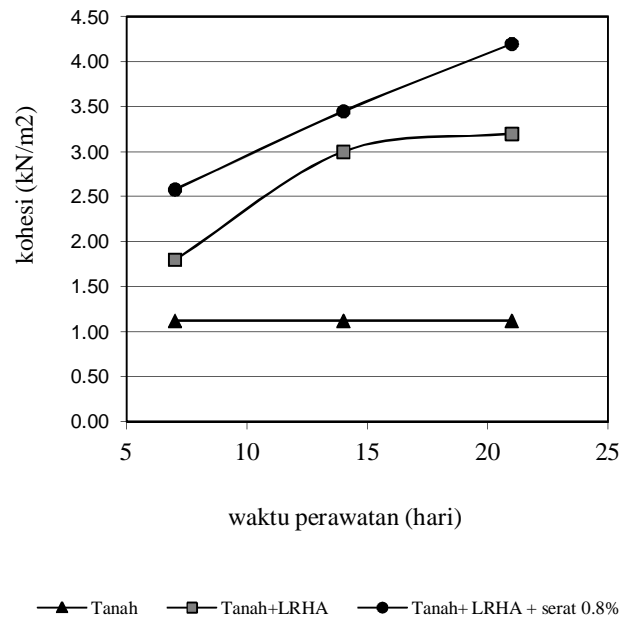
2. Pengaruh waktu perawatan terhadap nilai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ)

Grafik hubungan antara waktu perawatan dengan nilai c dan ϕ ditampilkan dalam Gambar 7. Dari gambar tersebut tampak bahwa pada tanah yang distabilisasi dengan LRHA dan diperkuat dengan serat karung plastik cenderung mengalami peningkatan nilai

c dan nilai ϕ seiring dengan meningkatnya waktu perawatan benda uji. Hal ini menunjukkan bahwa abu sekam padi sebagai bahan pozzolan yang banyak mengandung silika, bila dicampur dengan kapur dan air akan bereaksi membentuk gel silikat-aluminat hidrat untuk mengikat butiran-butiran tanah. Ikatan-ikatan tersebut akan menguat seiring dengan bertambahnya waktu perawatan benda uji.



(a) Nilai kohesi



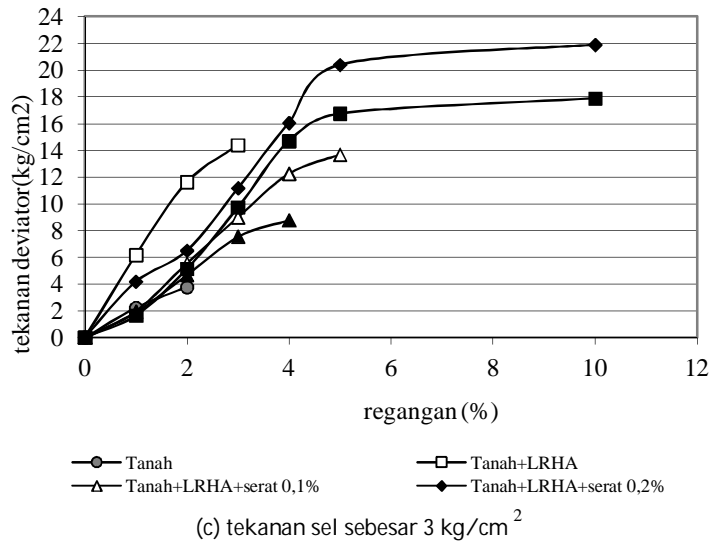
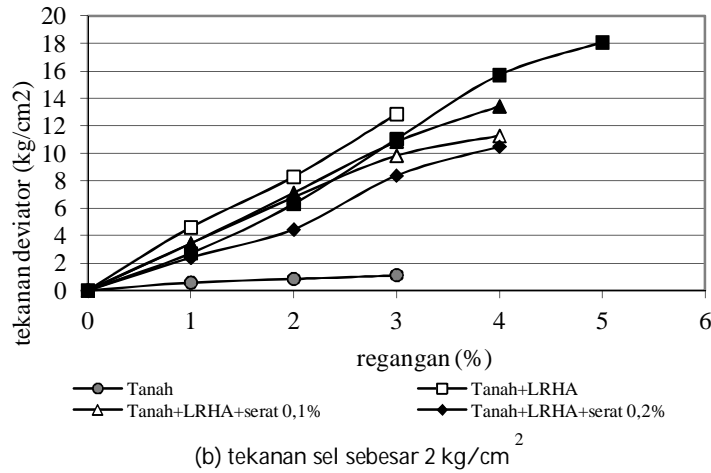
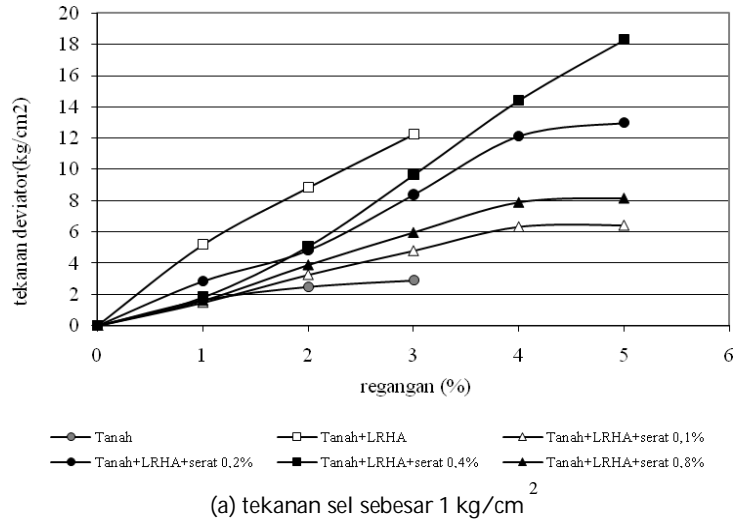
(b) nilai sudut gesek dalam

GAMBAR 7. Hubungan antara waktu perawatan dengan nilai parameter kuat geser tanah

3. Hubungan tegangan – regangan pada umur perawatan 14 hari

Pada pengujian triaksial dengan cara tanpa konsolidasi dan tanpa drainasi (*unconsolidated - undrained*) ini benda uji mula-mula dibebani dengan penerapan tekanan sel (tegangan

keliling), kemudian dibebani dengan beban normal melalui tekanan deviator sampai mengalami keruntuhan. Gambar 8 menunjukkan grafik hubungan antara tekanan deviator dan regangan dari setiap campuran pada umur perawatan 14 hari.



GAMBAR 8. Grafik hubungan antara regangan dan tekanan deviator dari setiap campuran pada umur perawatan 14 hari untuk beberapa variasi tekanan sel

Dari grafik tegangan-regangan yang ditunjukkan (Gambar 8), terlihat bahwa nilai tegangan runtuh (*peak stress*) dan regangan campuran tanah + LRHA cenderung semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar serat. Dalam hal ini, adanya serat akan memperkuat ikatan dalam matrik tanah dan memberikan kontribusi perlawanan geser melalui gesekan (*friction*) dan lekatan (*cohesion*) antara tanah dan serat terhadap keruntuhan. Oleh karena itu untuk membuat keruntuhan pada tanah tersebut diperlukan beban yang lebih besar.

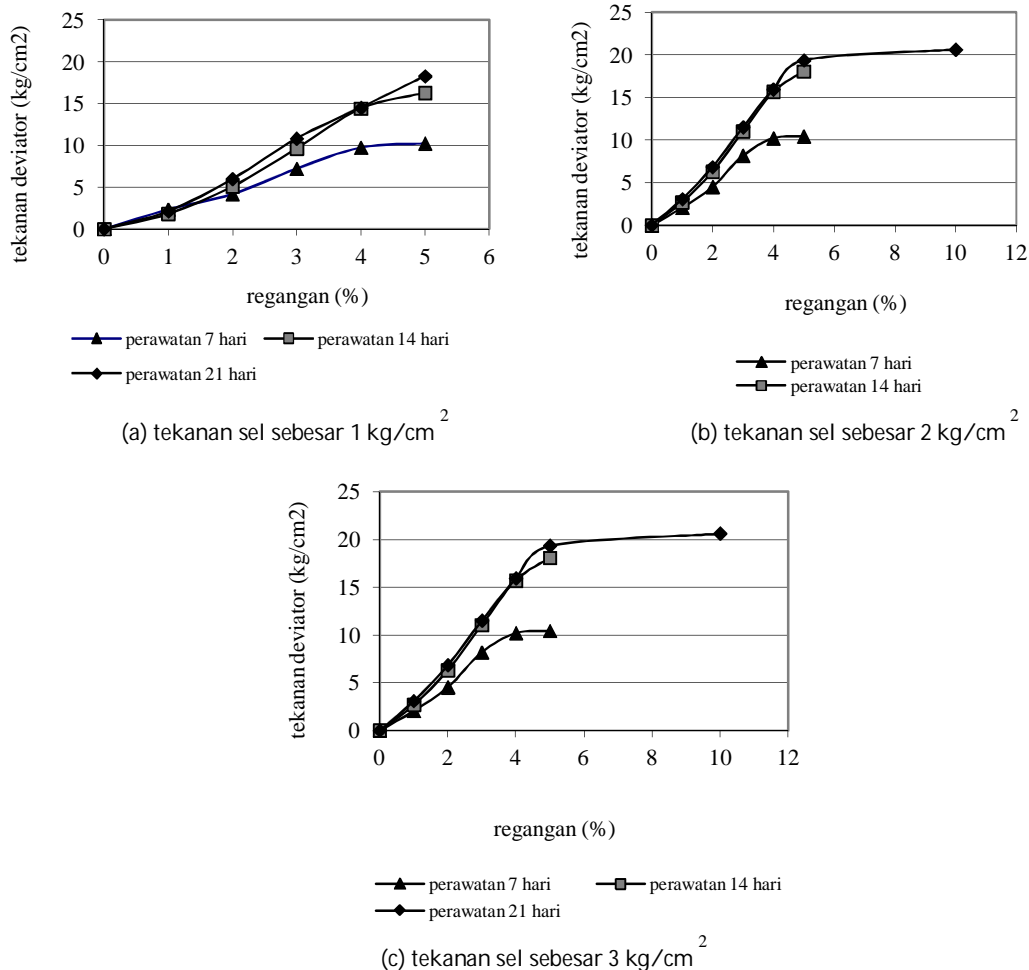
4. Hubungan tegangan – regangan pada kadar serat 0,4 %

Gambar 9 menunjukkan grafik hubungan antara tekanan deviator dan regangan untuk tanah + LRHA dengan penambahan serat sebesar 0,4%. Dari grafik tersebut tampak

adanya kecenderungan bahwa semakin bertambahnya waktu perawatan benda uji, *peak stress* dan regangan cenderung semakin meningkat. Dalam hal ini, seiring bertambahnya waktu perawatan, terjadi peningkatan kekuatan ikatan antara gel silika - aluminat hidrat dengan butiran-butiran tanah sehingga mampu memberikan kontribusi perlawanan terhadap keruntuhan.

KESIMPULAN

1. Tanah yang distabilisasi dengan kapur - abu sekam padi dan diperkuat dengan serat-serat karung plastik cenderung mengalami peningkatan nilai kohesi (c), sudut gesek dalam (ϕ), tegangan runtuh (*peak stress*) dan regangan seiring dengan bertambahnya waktu perawatan.



GAMBAR 9. Hubungan antara tekanan deviator dan regangan pada tanah+LRHA+serat 0,4 % untuk beberapa variasi tekanan sel

2. Nilai kohesi dan sudut gesek dalam campuran meningkat hingga 335% dan 409 % pada campuran tanah + LRHA dengan kadar serat 0,2 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, F.H., Adnan, A., & Choy, C.K. (1992). Use of rice husk ash to enhance lime treatment of soil. *Canadian Geotechnical Journal*, 29, 843 – 852.
- Alwahab, R.M. & Al-Qurna, H.H. (1995). Fiber reinforced cohesive soils for application in compacted earth structure, *Proceeding of Geosynthetics Conference*, Nashville, Tennessee, Vol. 2, (p.433-446).
- Balasubramaniam A.S., Lin D.G., Acharya S.S.S., Kamruzzaman, A.H.M., Uddin, K., & Bergado, D.T. (1999). Behaviour of soft Bangkok clay treated with additives, *Proceeding of 11th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Vol. 1, Seoul, (p.11 – 14).
- Basha, E.A., Hashim, R., & Muntohar, A.S., (2004). Stabilization of clay and residual soils using cement-rice husk ash mixtures. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 51-66.
- Consoli, N.C., Montardo, J.P., Prietto, P.D.M., & Pasa, G.S. (2002). Engineering behavior of sand reinforced with plastic waste. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 128(6), 462-472.
- Kaniraj, S.R. & Havanagi, V.G. (2001). Behavior of cement-stabilized fiber-reinforced fly ash-soil mixtures. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127(7), 574-584.
- McGown, A., Andrawes, K.Z. & Al Hasani, M.M. (1978). Effect of inclusion properties on the behavior of sand. *Geotechnique*, 28(3), 327-346.
- Muntohar, A.S. (2000a). Evaluation of the usage of plastic sack rubbish as fabric in expansive embankment stabilization. *Jurnal Semesta Teknik* 1(4), 1-10.
- Muntohar, A.S. (2000b). Inclusion of randomly rubbish-fibre (RRF) as temporary embankment reinforcement. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Jalan Ke-6*, Jakarta (dalam CD).
- Muntohar, A.S. & Hashim, R. (2002). Silica waste utilization in ground improvement: a study of expansive soil treated with LRHA. *Proceeding of 4th International Conference on Environmental Geotechnics*, Rio de Janeiro, Brazil (pp.515-519).
- Muntohar, A.S. (2003). Inclusion of randomly rubbish-fibre (RRF) as temporary embankment reinforcement. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Jalan Ke-6*, Jakarta (dalam CD).
- Muntohar, A.S. (2004). Uses of RHA to Enhanced Lime-Stabilized Clay Soil. *Proceeding of International Conference on Geotechnical Engineering*, Sharjah, United Arab Emirates (dalam CD).
- Muntohar, A.S. (2005). Perilaku mekanis perbaikan tanah dengan lrha dan serat karung plastik. *Jurnal Dimensi Teknik Sipil*, 7(1), 1-6.
- Rahman, M.A. (1986). Effect of rice husk ash mixtures on geotechnical properties of lateritic soils. *West Indian Journal of Engineering*, 11(2), 18-24.
- Rahman, M.A. (1987). Effect of cement-rice husk ash mixtures on geotechnical properties of lateritic soils. *Journal of Soils and Foundations*, 27(2), 61-65.

PENULIS:

Anita Widiyanti✉, Edi Hartono, Agus Setyo Muntohar

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Jalan Lingkar Selatan, Bantul, Yogyakarta, Indonesia.

✉ Email: anita_widiyanti@yahoo.com

Deliyuda Andri Rosyidi

Alumni, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Jalan Lingkar Selatan, Bantul, Yogyakarta, Indonesia.

Diskusi untuk makalah ini dibuka hingga 1 Oktober 2009 dan akan diterbitkan dalam jurnal edisi November 2009.

