

STUDI MODEL *EMBANKMENT* TANAH DENGAN CAMPURAN KAPUR-ABU SEKAM PADI DAN SERAT KARUNG PLASTIK

Study Of Embankment Model Made Of Soil Mixed With Lime, Rice Husk Ash and Plastic Sack Fibre

Anita Widiyanti, Edi Hartono, Agus Setyo Muntohar
Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
email: anita_widiyanti@yahoo.com

ABSTRACT

The previous research result has shown that soil stabilization that use lime, rice husk ash and plastic sack fiber is ductile and produces high strength. This research studies the bearing capacity and vertical displacement of embankment models to obtain the highest bearing capacity and the lowest displacement of various configuration of lime-rice husk ash-plastic fiber mixture are compares with that of natural soil embankment. The configuration tested are layered, columned, covered and mixed embankments. Two variations of the base of the embankment model are silt soil and soft clay soil. The study is limited for the case of static loading. The main apparatus is an adjustable displacement rate load cell. Loading is increased slowly such that the rate of displacement is about 1 mm/minute. The loading is ended by the occurrence of failure indicated by sudden drop of loading force. The vertical displacement is read from dial gauge indicator. The result of the study indicates that the best mixture in term of highest bearing capacity and lowest displacement is the mixed embankment. The measured ultimate bearing capacity of mixed embankment reach 3625 kPa that is 111 times that of the natural soil embankment. The failure of the natural soil embankment is at 7,0 kN loading. At this loading the measured vertical displacement of mixed embankment is 65 % less than that of the natural soil embankment.

keywords : embankment, lime, rice husk ash, plastic sack fiber

PENDAHULUAN

Limbah plastik merupakan bahan yang tidak dapat terdekomposisi oleh mikroorganisme pengurai (*non-biodegradable*), sehingga penumpukannya di alam dikhawatirkan menimbulkan masalah lingkungan. Sebagai alternatif penanganan masalah sampah plastik ini adalah dengan cara daur ulang (*recycle*), seperti menjadi bahan plastik dalam bentuk yang lain atau dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi. Di Indonesia, sebagian besar plastik daur ulang dimanfaatkan kembali sebagai produk semula dengan kualitas yang rendah, sedangkan pemanfaatan sebagai bahan konstruksi masih sangat jarang ditemui karena tidak adanya atau terbatasnya kajian lapangan dan petunjuk teknis pemanfaatannya. Salah satu kemungkinan pemanfaatannya dalam bidang konstruksi adalah sebagai bahan campuran untuk struktur timbunan (*embankment*) jalan raya.

Struktur *embankment* yang relatif ringan (*lightweight materials*) dapat mengurangi terjadinya penurunan pada tanah dasarnya. Plastik merupakan bahan yang ringan sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan timbunan. Berdasarkan hasil penelitian-penelitian sebelumnya diketahui

bahwa campuran abu sekam padi dengan kapur atau semen juga merupakan bahan timbunan yang ringan.

Banyak kajian di laboratorium telah menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi dan kapur dapat memperbaiki sifat-sifat fisis dan geoteknik tanah, diantaranya adalah Lazaro dan Moh (1970), Rahman (1986), Rahman (1987), Ali, dkk (1992a, 1992b), Balasubramaniam, dkk (1999), Muntohar dan Hashim (2002), Basha, dkk (2004). Namun, kuat geser yang sangat tinggi ini menunjukkan bahwa tanah yang distabilisasi dengan kapur dan abu sekam padi cenderung berperilaku getas (*brittle*) dan memiliki kuat tarik yang rendah. Keadaan ini kurang memuaskan bila digunakan sebagai bahan konstruksi yang lebih diinginkan berkekuatan tinggi tetapi berperilaku *ductile*. Untuk mengatasinya seringkali dicampur dengan bahan serat-serat sintetis (*synthetic fibers*) untuk meningkatkan kekuatannya dan agar bersifat lebih *ductile*. Perkuatan tanah dengan menggunakan serat ini didasarkan pada kekuatan geser antara fiber dan partikel-partikel tanah. Serat sintetis tersebut merupakan bahan yang mempunyai regangan putus lebih tinggi dibandingkan dengan regangan runtuh tanah. Dengan demikian perkuatan bekerja dari

regangan rendah sampai regangan runtuh tanah dan setelah regangan runtuh tanah dilampaui, perkuatan masih mampu memberikan tegangan tarik sehingga bisa mencegah keruntuhan yang mendadak (McGown, dkk, 1978). Plastik yang tersusun dari bahan-bahan berupa *polypropylene (PP)*, *polyethylene (PE)* dan *high-density polyethylene (HDPE)* mempunyai kekuatan yang cukup sebagai bahan campuran untuk perkuatan tanah.

Berdasarkan uraian di atas, maka sangatlah perlu untuk dilakukan kajian tentang pemanfaatan sampah plastik yang ditambah dengan kapur dan abu sekam padi untuk bahan *embankment* jalan raya, sehingga dampak bahan buangan dapat dimanfaatkan secara tepat untuk keperluan di bidang teknik sipil. Dalam penelitian ini akan dilakukan kajian tentang kuat dukung dan penurunan model *embankment* dengan berbagai konfigurasi pencampuran kapur-abu sekam padi dan serat karung plastik, baik yang dibangun di atas tanah dasar berupa tanah lanau maupun di atas tanah lempung sangat lunak.

METODE PENELITIAN

Bahan

1. Tanah

Untuk bahan *embankment* digunakan tanah lanau dari Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil uji sifat-sifat fisis dan mekanis tanah tersebut disajikan dalam Tabel 1.

Untuk tanah dasar digunakan dua variasi, yaitu tanah lanau (sama dengan bahan untuk *embankment*) dan tanah lempung sangat lunak yang diperoleh dari Wates, Kabupaten Kulon Progo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil uji awal sifat-sifat fisis dan mekanis tanah tersebut juga disajikan dalam Tabel 1.

2. Serat karung plastik

Serat sintesis yang digunakan merupakan sampah plastik jenis *polypropylene (PP)* dan *low density polyethylene (LDPE)* yang sering dijumpai sebagai karung plastik. Serat-serat selebar $\pm 2,5$ mm dari karung plastik tersebut dilepaskan dari anyamannya, kemudian dipotong-potong sepanjang ± 2 cm. Secara fisis, serat karung plastik yang dipilih adalah yang tidak rapuh atau lapuk bila ditarik dengan tangan, sehingga masih mampu memberikan perlawanan tarik.

Secara mekanis, hasil uji kuat tarik serat karung plastik dapat dilihat pada Tabel 2.

3. Kapur

Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur padam (*hydrated lime*) yang tergolong sebagai *calcium hydroxide* dan berupa bubuk.

4. Abu sekam padi

Abu sekam padi yang digunakan merupakan sisa dari pembakaran sekam padi untuk bahan bakar dalam proses pembuatan batu bata di daerah Piyungan, Kabupaten Bantul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara visual abu sekam padi yang digunakan adalah yang berwarna abu-abu (*grey colour-ash*) dimana secara teoritis mengandung unsur csilika yang baik.

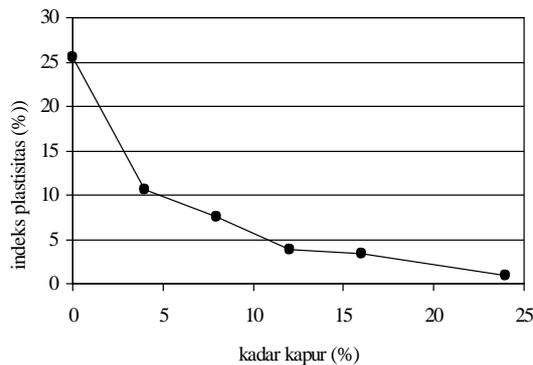
Tabel 1. Hasil uji awal sifat fisis dan mekanis tanah

No	Parameter	Hasil	
		Tanah lanau	Tanah lempung
1.	Berat Jenis, G_s	2,234	2,438
2.	Kadar air kering udara	25,91 %	13,56 %
3.	Batas-batas konsistensi		
	a. Batas cair, LL	62,50 %	76,80 %
	b. Batas plastis, PL	36,93 %	28,37 %
	c. Indeks plastisitas, PI	25,57 %	48,43 %
4.	Ukuran partikel		
	a) Lempung	16,00 %	58,50 %
	b) Lanau	59,49 %	35,56 %
	c) Pasir	24,51 %	5,94 %
5.	Pemadatan <i>Proctor Standart</i>		
	a. Berat volume kering maksimum, MDD	1,187 g/cm ³	1,232 g/cm ³
	b. Kadar air optimum, OMC	37,5 %	30,00 %
6.	Kuat tekan bebas pada kepadatan maksimal, q_{ult}	0,234 kg/cm ²	0,016 kg/cm ²
7.	Klasifikasi tanah menurut <i>USCS</i>	MH	CH
	Klasifikasi tanah menurut <i>AASHTO</i>	A - 7 - 5	A - 7 - 6

Desain Campuran Benda Uji

1. Campuran kapur dan abu sekam padi

Kadar kapur yang diperlukan untuk stabilisasi ditentukan dari uji *initial consumption of lime (ICL)* sebagaimana disebutkan dalam ASTM D6276-99a), yaitu dengan melakukan uji plastisitas tanah dengan tambahan kadar kapur yang bervariasi. Kadar kapur optimum ditentukan dari Indeks Plastisitas campuran yang menunjukkan nilainya mulai relatif konstan. Dari Gambar 1 didapatkan kadar kapur yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 12%.



Gambar 1. Grafik hasil uji *Initial Consumption of Lime (ICL)*

Hasil penelitian Muntohar (2004) menunjukkan bahwa proporsi campuran kapur – abu sekam padi dengan perbandingan 1 : 2 (pada kadar kapur optimum) memberikan peningkatan kekuatan dan durabilitas yang sangat baik. Oleh karena itu dalam penelitian ini kadar abu sekam padi ditentukan sebesar 24% dari berat total campuran.

2. Proporsi Serat

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, proporsi kadar serat yang memberikan peningkatan paling optimum terhadap sifat-sifat mekanis tanah adalah pada kadar serat sebesar 0,4% dari berat kering total campuran pada kepadatan maksimum dan kadar air optimum.

Alat

Alat yang digunakan untuk pengujian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kotak model (*model box*) yang terbuat dari pelat baja setebal 5 mm berukuran P = 100 cm, L = 20 cm, H = 20 cm sebagai tempat tanah dasar.
2. Cetakan dari *fiber glass* dengan ketebalan 5 mm untuk mencetak benda uji *embankment* dengan ukuran lebar puncak $b_1 = 20$ cm, lebar bagian bawah $b_2 = 40$ cm, tinggi $h = 10$ cm dan kemiringan lereng $m = 1$.
3. Alat uji beban yang terdiri dari mesin penekan dan *proving ring* yang memiliki kapasitas daya sebesar 5,5 ton, plat perata beban yang terbuat dari baja setebal 9 mm dan berat 3 kg, rangka beban (*loading frame*) yang setiap elemennya terbuat dari baja L.70.70.7 dan motor penggerak yang berfungsi membantu mesin penekan melakukan penekanan ke benda uji *embankment* dengan transformasi penurunan 1 mm/menit.
4. *Dial gauge indicator* untuk mengukur penurunan vertikal (*vertical displacement*) akibat beban pada *embankment* yang dalam pembacaannya dicatat tiap penurunan 1 mm.

Rancangan Benda Uji di Laboratorium

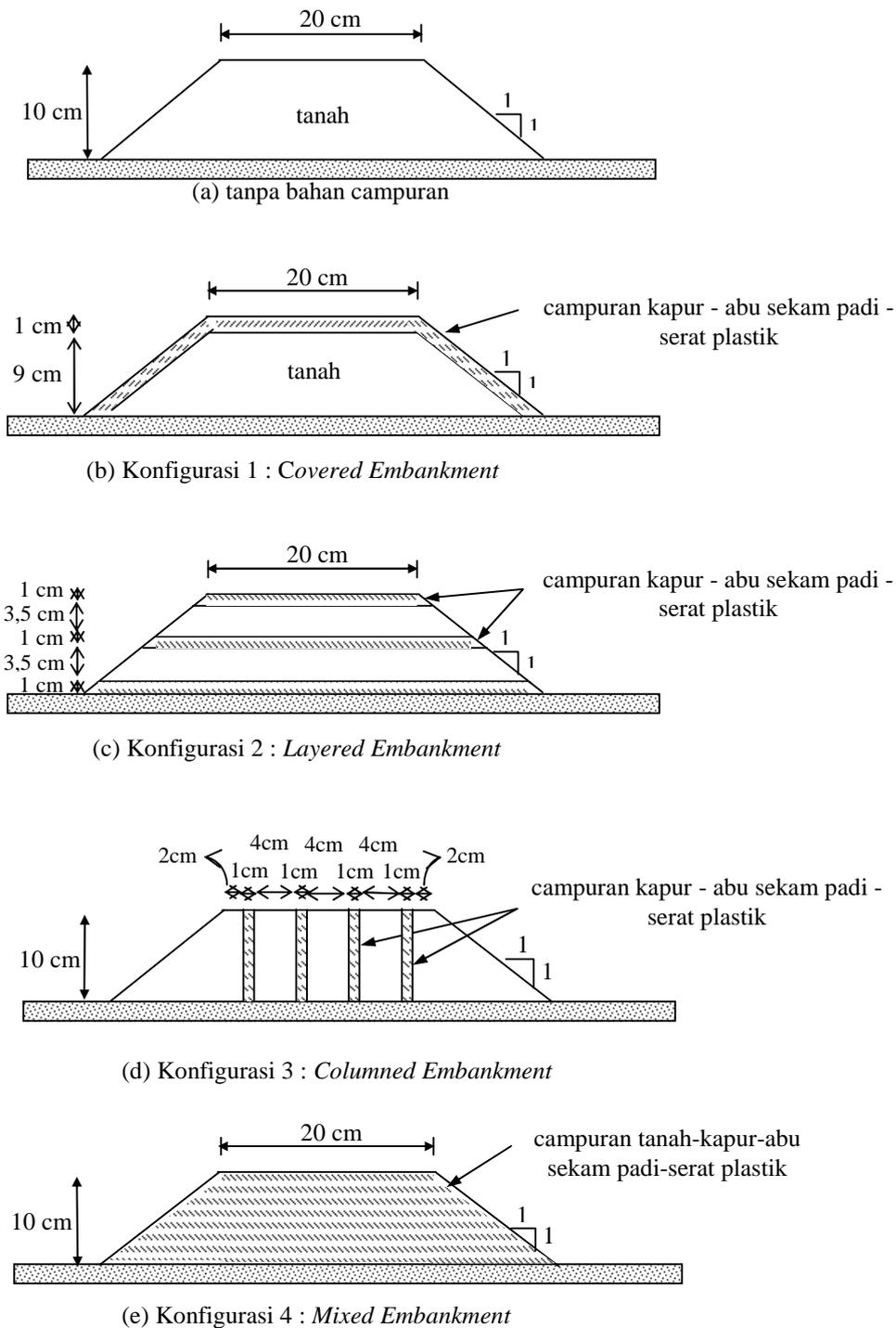
Rancangan benda uji *embankment* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 2.

Tabel 2. Hasil uji karung plastik

Sampel	1	2	3	Rata-rata
Kuat tarik maksimum (kN/m ¹)	48,40	46,00	45,00	46,47
Regangan maksimum (%)	16,74	19,10	24,28	20,04

Tabel 3. Rancangan Benda Uji *Embankment* di Laboratorium

No.	Model <i>Embankment</i>	Jenis tanah dasar	
		lanau	lempung sangat lunak
1	Tanpa bahan campuran		
2	<i>Covered embankment</i>		
3	<i>Layered embankment</i>		
4	<i>Columned embankment</i>		
5	<i>Mixed embankment</i>		



Gambar 2. Rencana konfigurasi pencampuran bahan *embankment* untuk uji model.

Tahapan Penelitian di Laboratorium

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Adapun urutan pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Tahap I : penentuan nilai *MDD* dan *OMC* campuran tanah, kapur-abu sekam padi dan serat karung plastik. Uji pemadatan standar yang

dilakukan mengacu pada ASTM D-698. Dari hasil uji diperoleh nilai *MDD* sebesar $0,9 \text{ g/cm}^3$ dan *OMC* sebesar 13,42 %.

2. Tahap II : persiapan bahan. Tanah untuk konstruksi *embankment* adalah tanah lanau yang lolos saringan No. # 4 pada kondisi kering oven. Proporsi setiap bahan ditentukan berdasarkan persentasi dari berat total campuran.
3. Tahap III : pembuatan benda uji. *Embankment* dan tanah dasar fondasi dibuat dengan cara

memadatkan sejumlah massa tanah yang diperlukan pada kondisi *MDD* dan *OMC*.

4. Tahap IV : uji beban model *embankment*.

Embankment yang dibangun dari tanah asli (tanpa stabilisasi) diuji sehari setelah pembuatan, sedangkan *embankment* yang distabilisasi diuji 14 hari setelah pembuatan. Hal ini dilakukan guna menunggu terjadinya proses modifikasi tanah (*soil modification*) akibat reaksi dari bahan tambah dan tanah. Disamping itu pada umur tersebut perilaku getas akan banyak terjadi setelah proses stabilisasi.

Model *embankment* yang akan diuji ditempatkan sedemikian rupa sehingga *proving ring* dari mesin penekan (*loading cell*) tepat di atasnya. Untuk menjamin agar beban yang diberikan menyebar secara merata, di bagian atas puncak *embankment* diberi pelat baja setebal 9 mm dengan ukuran luas sesuai dengan ukuran dimensi bagian atas puncak *embankment*. Dua penolok ukur (*dial gauge indicator*) dipasang pada bagian puncak *embankment* untuk membaca besarnya penurunan. Langkah selanjutnya adalah proses pembebanan statis dengan kecepatan pembebanan 1 mm/menit. Beban yang diberikan dibaca dari *proving ring* setiap perubahan penurunan 1 mm. Pembebanan dilakukan hingga *embankment* telah mencapai keruntuhan secara pengamatan visual atau bila tidak lagi terjadi penambahan beban seiring dengan penurunan. Skema rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Antara Beban dan Penurunan

Karakteristik penurunan *embankment* akibat beban yang bekerja di atasnya dapat dikaji dari hasil uji beban. Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan hubungan antara beban dan penurunan untuk *embankment* baik tanpa maupun dengan campuran kapur-abu sekam padi dan inklusi serat karung plastik dengan berbagai konfigurasi pencampuran di atas dua variasi tanah dasar. Secara umum dapat dilihat bahwa pada saat awal pembebanan akan terjadi penurunan vertikal yang relatif kecil. Jika beban ini berangsur-angsur ditambah, penurunanpun juga akan bertambah. Akhirnya pada suatu saat terjadi kondisi dimana pada beban yang tetap *embankment* mengalami penurunan yang sangat besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa keruntuhan *embankment* telah terjadi. Adanya stabilisasi tanah menggunakan kapur-abu sekam padi dan inklusi serat karung plastik dengan berbagai konfigurasi pencampuran terbukti dapat meningkatkan beban

maksimum serta mengurangi penurunan dari *embankment* tersebut.

Beban Maksimum

Besarnya beban maksimum pada saat *embankment* mengalami keruntuhan (P_{max}) untuk berbagai tipe *embankment* yang diuji disajikan pada Gambar 6.

Dari Gambar 6 terlihat bahwa *embankment* tanah yang distabilisasi menggunakan kapur-abu sekam padi dan diperkuat dengan serat karung plastik dengan beberapa konfigurasi pencampuran mampu menerima beban maksimum yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan *embankment* dari tanah asli, baik yang diletakkan di atas tanah dasar berupa tanah lanau maupun tanah lempung sangat lunak. Secara teori, penambahan kapur dan abu sekam padi dalam tanah akan menyebabkan terjadinya proses pozzolan atau dikenal dengan reaksi pozzolan. Hasil dari reaksi ini adalah suatu gel silikat – aluminat hidrat yang mampu meningkatkan kekuatan tanah terhadap gaya tekan. Disamping itu kapur juga terbukti mampu mempengaruhi tanah di sekitarnya sehingga kekuatannya meningkat, dimana peningkatan tersebut bervariasi tergantung pada jarak dari kapur tersebut. Pencampuran serat dalam tanah akan dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam menerima gaya tarik. Serat-serat tersebut akan memperkuat ikatan dalam matrik tanah serta memberikan perlawanan tarik melalui gesekan (*friction*) dan lekatan (*cohesion*) antara tanah dan serat terhadap keruntuhan.

Kuat Dukung Ultimit *Embankment*

Parameter lainnya yang dapat diperoleh dari pengujian ini adalah kuat dukung ultimit *embankment* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7. Dari Gambar 7 terlihat bahwa *embankment* tanpa stabilisasi, baik yang diletakkan di atas tanah dasar berupa tanah lanau maupun di atas tanah lempung sangat lunak memiliki kuat dukung ultimit yang rendah. Dengan adanya penambahan kapur-abu sekam padi dan serat karung plastik, kuat dukung ultimit *embankment* mengalami peningkatan yang cukup signifikan dalam menerima beban yang bekerja di atasnya, yaitu antara 2 kali sampai dengan 111 kali dari kuat dukung ultimit *embankment* tanah asli.

Dari beberapa konfigurasi pencampuran yang dilakukan, dapat dilihat bahwa model *mixed embankment* memiliki peningkatan kuat dukung ultimit yang paling tinggi dibandingkan dengan model-model yang lain.

Penurunan Vertikal *Embankment* Akibat Beban

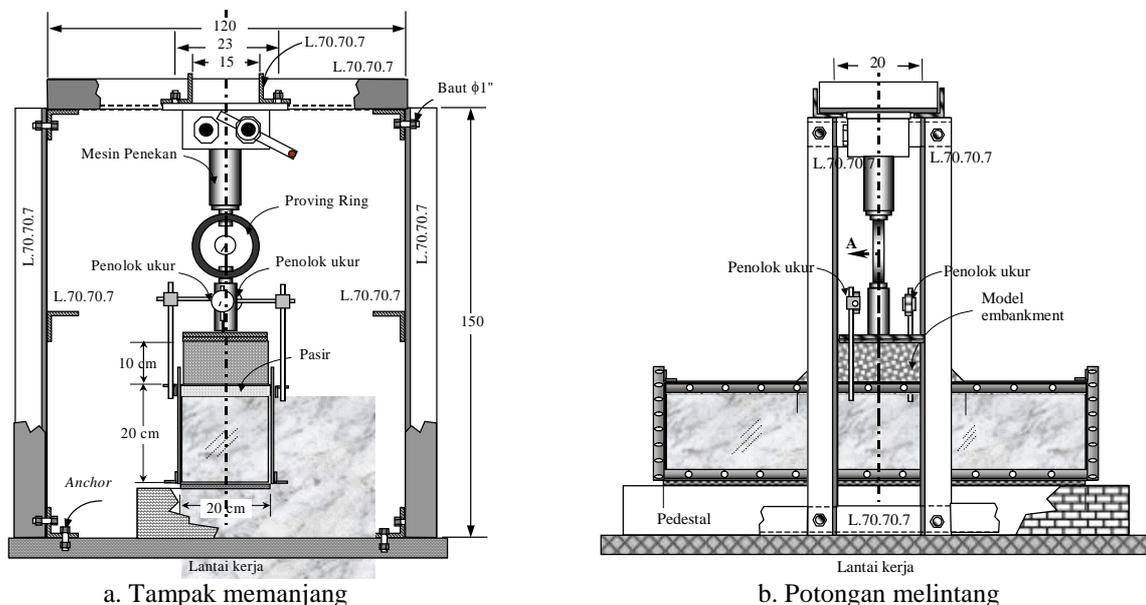
Besarnya penurunan vertikal pada berbagai model *embankment* akibat menerima beban 7,0 kN dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 8.

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa pada pemberian beban sebesar 7,0 kN, *embankment* tanah asli mengalami penurunan antara 10 sampai 12 mm dan telah mengalami keruntuhan. Setelah dicampur kapur-abu sekam padi dan inklusi serat karung plastik, *embankment* mengalami pengurangan penurunan antara 2,5 % sampai dengan 65 % dibandingkan dengan penurunan pada *embankment* tanah asli. Disamping karena kapur-abu sekam padi dan serat plastik memiliki berat volume yang lebih rendah dibandingkan berat volume tanah sehingga berat *embankment* menjadi lebih ringan, inklusi serat plastik juga akan membatasi pergerakan yang dapat menyebabkan terjadinya potensi keruntuhan

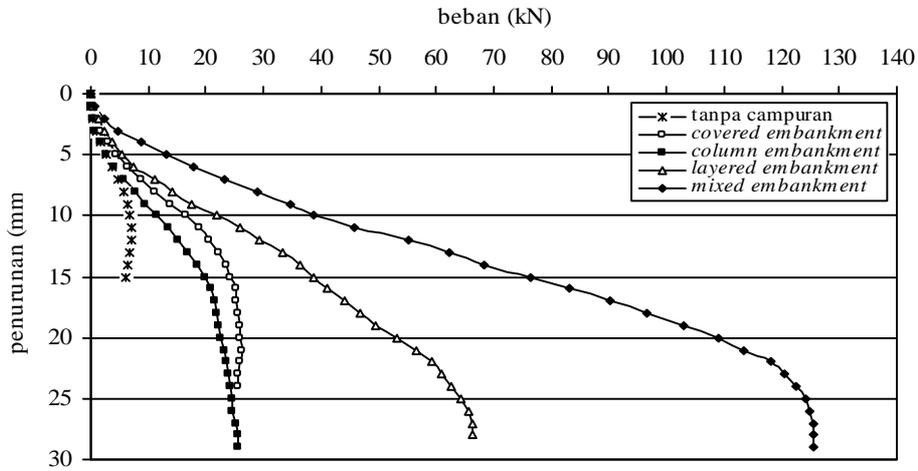
embankment. Hal ini disebabkan karena adanya kontribusi kekuatan/gaya tarik dari serat karung plastik untuk melawan gaya geser yang akan meningkatkan tegangan geser antara serat dan tanah.

Secara umum juga dapat dilihat bahwa *embankment* yang diletakkan di atas tanah lempung sangat lunak, mengalami penurunan yang relatif lebih besar dibandingkan penurunan pada *embankment* yang diletakkan di atas tanah lanau.

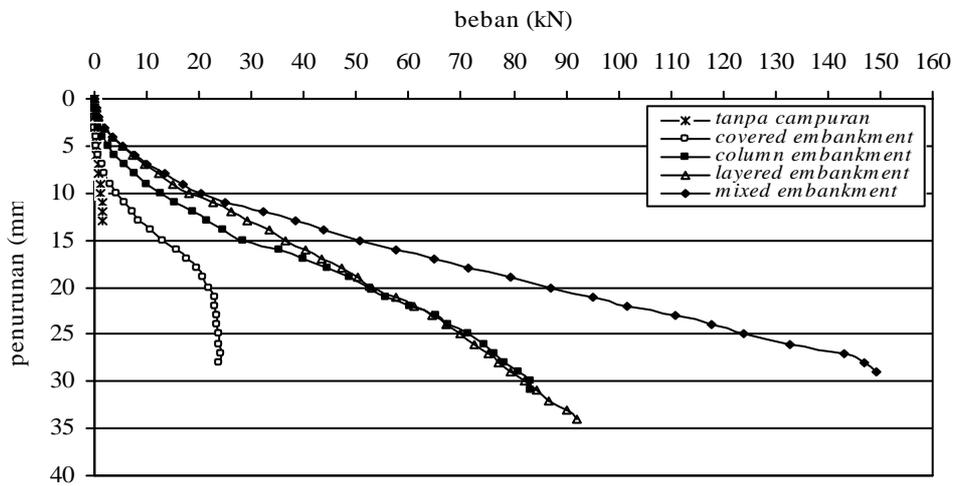
Dari berbagai konfigurasi pencampuran, tampak bahwa *embankment* yang dicampur kapur-abu sekam padi dan serat plastik secara homogen (model *mixed embankment*) memiliki kemampuan yang paling besar untuk mengurangi terjadinya penurunan vertikal. Penurunan vertikalnya (S_v) mengalami pengurangan dari S_v *embankment* tanah asli sebesar 65 % (di atas tanah lanau) dan 52,5 % (di atas tanah lempung).



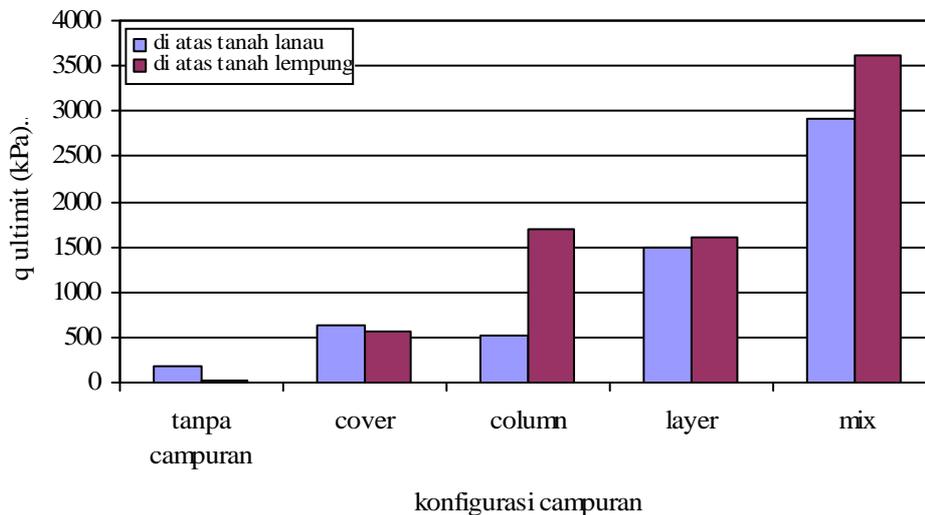
Gambar 3. Skema rangkaian alat uji di laboratorium.



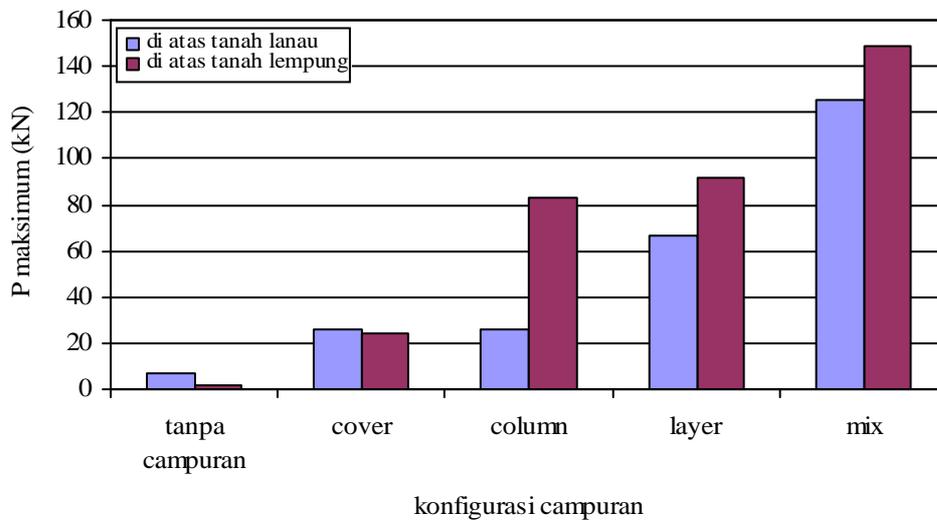
Gambar 4. Hubungan antara beban dan penurunan vertikal untuk *embankment* dengan berbagai konfigurasi pencampuran di atas tanah lanau.



Gambar 5. Hubungan antara beban dan penurunan vertikal untuk *embankment* dengan berbagai konfigurasi pencampuran di atas tanah lempung.



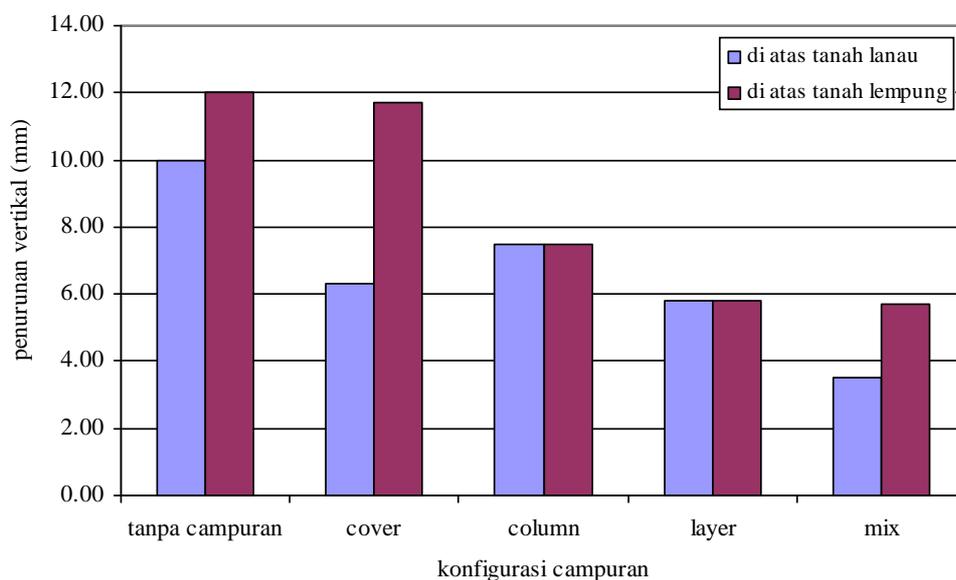
Gambar 6. Beban maksimum (P_{max}) pada berbagai model *embankment*.



Gambar 7. Kuat dukung ultimit (q_u) pada berbagai model *embankment*.

Tabel 4. Penurunan vertikal berbagai model *embankment* akibat beban 7 kN

No.	Model <i>Embankment</i>	Penurunan (mm)		Keterangan
		di atas tanah lanau	di atas tanah lempung sangat lunak	
1	Tanpa bahan campuran	10,0	12,0	Runtuh
2	<i>Covered embankment</i>	6,3	11,7	Belum runtuh
3	<i>Column embankment</i>	7,5	7,5	Belum runtuh
4	<i>Layered embankment</i>	5,8	5,8	Belum runtuh
5	<i>Mixed embankment</i>	3,5	5,7	Belum runtuh



Gambar 8. Penurunan vertikal berbagai model *embankment* akibat beban 7,0 kN

KESIMPULAN

1. *Embankment* tanah yang distabilisasi dengan kapur-abu sekam padi dan diperkuat dengan serat karung plastik dengan berbagai konfigurasi pencampuran terbukti mampu menerima beban maksimum yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan *embankment* tanah asli.
2. Kuat dukung ultimit (q_u) *embankment* setelah distabilisasi mengalami peningkatan sebesar 2 kali sampai dengan 111 kali dari kuat dukung ultimit *embankment* tanah asli.
3. Adanya campuran tanah menggunakan kapur-abu sekam padi dan inklusi serat karung plastik dapat mengurangi penurunan vertikal *embankment*. Pada pembebanan 7,0 kN penurunan berkurang sebesar 2,5 % sampai dengan 65 % dari penurunan vertikal pada *embankment* tanah asli.
4. *Embankment* yang dibuat dari tanah – kapur-abu sekam padi – serat plastik yang dicampur secara homogen (model *mixed embankment*) memiliki kuat dukung ultimit yang paling tinggi dan penurunan vertikal yang paling kecil dibandingkan pada *embankment* dengan konfigurasi pencampuran yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi yang telah memberikan bantuan dana melalui Hibah Bersaing XIV, serta Eko Riyanto, ST; Sukamdani, ST, Dian Eksana Putra, ST dan Rida, ST yang telah banyak membantu selama penelitian di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, F.H., Adnan, A., dan Choy, C.K., 1992a, "Geotechnical properties of a chemically stabilised soil from Malaysia with rice husk ash as an additive", *Geotechnical and Geological Engineering*, Vol. 10, pp. 117 – 134.
- Ali, F.H., Adnan, A., dan Choy, C.K., 1992b, "Use of rice husk ash to enhance lime treatment of soil", *Canadian*

Geotechnical Journal, Vol. 29, pp. 843 – 852.

- Balasubramaniam A.S., Lin D.G., Acharya S.S.S., Kamruzzaman, A.H.M., Uddin, K., dan 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, pp. 11 – 14.
- Basha, E.A., Hashim, R., dan Muntohar, A.S., 2004, "Stabilization of clay and residual soils using cement-rice husk ash mixtures", *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 5 No. 1, pp. 51-66.
- Lazaro, R.C., and Moh, Z.C., 1970, "Stabilisation of deltaic clays with lime-rice husk ash admixtures", *Proceeding Second Southeast Asian Conference on Soil Engineering*, Singapore, pp. 215 – 223.
- Mc. Gown, A., Andrawes, K.Z., Al Hasani, M.M., 1978, "Effect of Inclusion Properties on the Behavior of Sand", *Geotechnique*, Vol. 28, No.3.
- Muntohar, A.S., dan Hashim, R., 2002, *Silica waste utilization in ground improvement: A study of expansive soil treated with LRHA*, Naskah disajikan dalam 4th International Conference on Environmental Geotechnics, 12-14 August 2002, Rio de Janeiro, Brazil.
- Muntohar, A.S., 2004, *Uses of RHA to Enhanced Lime-Stabilized Clay Soil*, Naskah disajikan dalam International Conference on Geotechnical Engineering, 3-6 October 2004, Sharjah, United Arab Emirates.
- Rahman, M.A., 1986, "Effect of rice husk ash mixtures on geotechnical properties of lateritic soils", *West Indian Journal of Engineering*, Vol. 11 (2), pp. 18-24.
- Rahman, M.A., 1987, "Effect of cement-rice husk ash mixtures on geotechnical properties of lateritic soils", *Journal of Soils and Foundations*, JSSMF, Vol. 27 (2), pp. 61-65.