

TINJAUAN SIFAT MEKANIK MATERIAL BAN UNTUK PERKUATAN TANAH LEMPUNG: KAJIAN AWAL LEMBARAN KARET BAN SEBAGAI ALTERNATIF PERKUATAN FONDASI PADA TANAH LEMPUNG

Heni Pujiastuti*, Abdul Radjak

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Mataram, pujiastutih@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 25-06-2020

Disetujui: 24-07-2020

Kata Kunci:

Perkuatan tanah
Tanah lempung
Ban bekas
geotekstil

ABSTRAK

Salah satu dampak dari peningkatan laju jumlah kendaraan adalah permasalahan sampah ban bekas. Salah satu alternatif penanganan limbah ban ini adalah dengan cara dibuat lembaran untuk perkuatan fondasi pada tanah lempung. Untuk mendapatkan sifat mekanis ban dan komposit tanah-ban dilakukan uji eksperimen di laboratorium. Uji Tarik spesimen ban dilakukan di laboratorium polimer Pusat Penelitian Fisika LIPI dan uji geser langsung dan uji tekan bebas komposit tanah-ban dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah UNDIP. Sebagai pembandingan terhadap parameter hasil pengujian geser langsung dan UCS komposit tanah-ban dilakukan uji yang sama terhadap komposit tanah-geotekstil tipe BW 150 (woven). Hasil penelitian menunjukkan tebal sambungan efektif untuk Lembaran ban adalah 4 cm. Hasil uji geser langsung komposit-tanah menyatakan terjadi perubahan pada parameter geser komposit-tanah, yaitu terjadi reduksi kohesi dan peningkatan sudut gesek dalam secara signifikan. Hasil uji UCS komposit tanah menyatakan tegangan aksial mengalami penurunan namun regangan aksial meningkat secara significant dengan demikian material komposit tanah-ban lebih daktail dibandingkan komposit tanah-geotekstil.

Abstract:

Amongst the increasing number impacts of vehicles is the problem of the waste tire. One alternative to handling this tire waste is by making sheets to strengthen the foundation on clay. To get the mechanical properties of waste tire and composite soil, an experimental test was conducted in the laboratory. Tensile specimens are carried out at the LIPI Physics Research Centre polymer laboratory and direct shear test and unconfined Compression Strength (UCS) of composite soil are carried out at the UNDIP Soil Mechanics Laboratory. In the comparison of the direct shear testing parameters results and UCS tire composite soil, the same just there carried out on BW 150 (woven) geotextile composite soil. The results showed the effective joint thickness for the tire sheet is 4 cm. The direct shear test results stated that there was a change in the composite soil shear parameters, i.e., there was a significant reduction in cohesion and friction angle enhancement. The UCS results showed that the axial stress decreased but axial strain increased significantly so that the soil-tire composite more ductile than soil-geotextile composite.

A. LATAR BELAKANG

Salah satu dampak dari peningkatan laju jumlah kendaraan adalah permasalahan sampah berupa ban bekas. Limbah ban bekas merupakan material sulit terurai oleh bakteri, tertimbun di tempat pembuangan semakin lama semakin banyak, dikhawatirkan akan menimbulkan masalah lingkungan antara lain sebagai tempat bersarangnya bibit penyakit dan terkesan kumuh. Salah satu alternatif penanganan limbah ban ini adalah dengan cara mendaur ulang (*recycle*), misalnya digunakan untuk material perkuatan tanah.

Perkiraan daya dukung ultimit fondasi dan estimasi penurunan fondasi akibat beban yang bekerja adalah

Kunci-kunci pengontrol pada perencanaan fondasi dangkal. Untuk memenuhi dua kata kunci diatas, ada persyaratan nilai tertentu. Kuat dukung fondasi yang dibangun diatas tanah lempung yang rendah, demikian juga penurunan fondasi yang melebihi nilai yang diijinkan menjadi permasalahan yang perlu dipecahkan. Usaha-usaha peningkatan daya dukung dan memperkecil penurunan fondasi dengan memberikan perkuatan tanah yang akan dibangun fondasi perlu dilakukan.

Terdapat tiga jenis perkuatan tanah antara lain skala makro, mikro dan meso. Memasukkan komponen

material yang kuat ke dalam massa tanah merupakan metode perkuatan tanah skala makro. Membaurkan atau memasukkan bahan kimia ke dalam massa suatu tanah agar kekuatan tanah bertambah disebabkan ikatan intergranular tanah meningkat yang pada akhirnya akan diikuti dengan mengecilnya daktilitas dan permeabilitas tanah, merupakan metode perkuatan skala mikro. Terakhir perkuatan tanah skala meso merupakan metode dengan memanfaatkan komponen-komponen yang relative kecil dan membaurkan pada tanah secara random [1].

Kerangka pikir perkuatan tanah skala makro, menurut [2] yaitu material tanah notabene sangat lemah dalam menghadapi beban tarik (*tensile force*). Untuk dapat menerima beban tarik tersebut tanah perlu diperkuat dengan komponen material yang mampu menahan beban tarik dengan cara menyelipkan ke dalam tanah. Dengan cara penyelipan material tertentu ke dalam tanah, diharapkan akan terjadi transfer beban tarik dari tanah ke material yang diselipkan ke dalam tanah, sehingga dapat dipastikan material komposit tersebut dapat bekerja dengan baik.

Macam-macam bahan untuk struktur yang dimanfaatkan untuk memperkuat tanah menurut skala makro yaitu tiang pancang, jangkar tanah, tanah bertulang, strip alumunium, serat alami berbentuk tali (*rope fibers*), batang metal (*metal bars*), dan geosintetik dalam bentuk lembaran (*geotextile* dan *geogrid*) [1][2]. Lembaran karet ban termasuk ke dalam jenis material perkuatan pada skala makro ini. Belum banyak penelitian yang meneliti lembaran karet untuk memperkuat tanah. Karena bentuknya lembaran, cara pemakaian yang sama, serta sifat-sifat materi yang hampir sama, sehingga penelitian yang menggunakan perkuatan tanah lempung dengan lembaran geosintetik akan menjadi acuan dalam penelitian ini.

Beberapa peneliti [3];[4];[2];[5];[6] dan [7] memperkuat tanah memakai lembaran geosintetik (*geotextile* dan *geogrid*) untuk diuji karakteristik mekanik komposit tanah. Hasil pengujian menyatakan tanah dengan lembaran geosintetik yang disisipkan pada tanah menghasilkan dampak pada bertambahnya daya dukung tanah.

Pemakaian material karet ban dalam bentuk *shredded tire* (dipotong-potong) termasuk perkuatan tanah secara meso. Aplikasi di lapangan metode meso ini dengan membaurkan komponen-komponen dengan ukuran kecil ke dalam tanah. Penelitian memakai cara meso untuk bangunan dinding penahan terutama pada bahan pengisi yang notabene memilih bahan yang ringan, sebagai campuran bahan pengisi aspal dan beton, bahan drainase, bahan penyerap getaran [8]; [9]; [10]; [11]; [12]; [13]; [14] dan [15]. Salah satu yang dihasilkan pada penelitian tersebut adalah adanya penambahan kuat geser pada komposit tanah- *shredded tire*.

Kelebihan-kelebihan *shredded tire* yang diyatakan oleh [13], antara lain ketahanan (*durability*) yang kuat,

kekuatan (*strength*) yang tinggi, daya kenyal (*resiliency*) dan perlawanan geser yang tinggi apabila diaplikasikan pada struktur geoteknik dan lingkungan. Karakteristik bahan diatas merupakan hal-hal penting yang diperlukan untuk struktur embankment jalan raya. Peneliti [16] telah menambahkan potongan karet ban (*tire chips*) pada *Cement Treated Clay* (CTC), lalu dilakukan pengujian. Hasil pengujian memperlihatkan kekerasan (*toughness*) pada CTC meningkat dengan adanya potongan karet ban.

Studi yang dilakukan oleh [17] mengenai pengaruh *tyresoil* dan material granuler terhadap penurunan tanah lempung pada fondasi dangkal akibat pembebanan statis dan dinamis, hasil penelitian menunjukkan perkuatan dengan *tyresoil* paling efektif berjumlah 16 mampu mereduksi penurunan hingga 98 %.

Pada penelitian ini akan dikaji perkuatan tanah lempung dengan lembaran ban yang masih dalam kajian awal untuk menentukan beban tarik maksimum sambungan pada lembaran ban, menentukan parameter geser yang terbentuk antara tanah dengan ban, untuk menentukan tegangan aksial maksimum dan regangan aksial maksimum tekan bebas.

B. METODE PENELITIAN

1. Bahan

- a. Tanah Lempung, diambil dari daerah Lombok Tengah yang telah diketahui kepadatan maksimum (MDD) dan kadar air optimumnya (OMC) hasil uji pemadatan standart Proctor. Gambar 1.



Gambar 1. Tanah Lempung

- b. Ban dalam sepeda motor diambil yang sudah bekas atau limbah (Gambar 2).



Gambar 2. Ban Dalam Sepeda Motor

c. Geotekstil dipakai jenis woven bertipe BW 150. Karakteristik geotekstil woven berupa lembaran anyaman dengan bahan dasar *polypropylene* yang mempunyai kuat tarik merata, mempunyai berat 150 gr/m² dan *tensile strength* 25kN/m seperti terlihat pada Gambar 3.



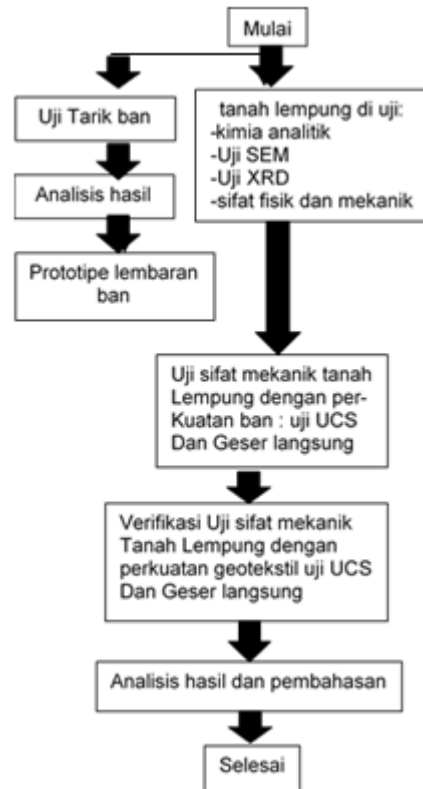
Gambar 3. Geotekstil WB 150 (Woven)

2. Alat

- a. alat uji kadar air,
- b. alat uji berat jenis,
- c. alat uji batas konsistensi,
- d. alat uji distribusi ukuran butiran,
- e. alat uji kuat tarik ban,
- f. alat uji pemadatan standart Proctor,
- g. alat uji tekan bebas (UCS),
- h. alat uji geser langsung.

3. Tahapan Pengujian

Secara garis besar tahapan penelitian seperti Gambar 4.



Gambar 4. Tahapan Penelitian

Untuk membuat lembaran ban, perlu ditentukan lebar sambungan efektif dari hasil uji tarik spesimen ban dengan beberapa variasi sambungan. Pengujian dihentikan ketika sambungan telah tersobek. Uji tarik ini dilaksanakan di Pusat Penelitian Fisika LIPI. Dari analisis uji tarik diperoleh sambungan efektif selebar 4 cm. Sedangkan untuk mengetahui karakteristik kimia, tanah lempung dilakukan uji kimia analitik di Pengujian Mineral, Dinas Pertambangan dan Energi, Balai Pengujian Mineral dan Energi Provinsi NTB.

Untuk mengetahui kandungan mineral tanah lempung dilakukan uji X Ray Diffractometer di UIN Syarif Hidayatullah, sedangkan gambaran partikel lempung dilakukan uji SEM di LPPT UGM.

Untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik tanah lempung dilakukan uji fisik antara lain kadar air, berat jenis, batas konsistensi, berat volume, saringan dan hidrometer, pemadatan standart Proctor, tekan bebas dan geser langsung di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram dan Universitas Mataram. Sedangkan uji mekanik tanah lempung dengan perkuatan ban dan geotekstil dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDIP Semarang.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Kimia Analitik Tanah Lempung

Hasil uji kimia analitik tanah lempung seperti terlihat pada Tabel 1.

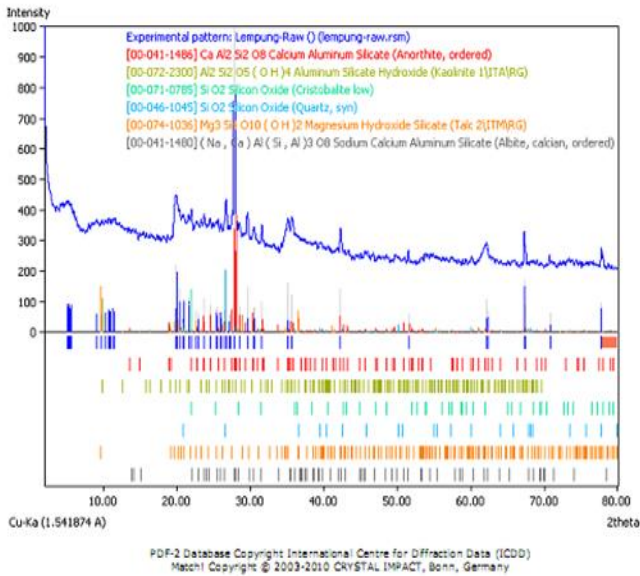
TABEL 1

Hasil Uji Kimia Analitik Tanah Lempung

No	Material	Hasil Analisa
1	SiO ₂	42,65%
2	Al ₂ O ₃	28,71%
3	CaO	2,77%
4	MgO	0,92%

2. Hasil Uji X Ray Diffractometer Lempung

Hasil pengujian X Ray Diffractometer lempung ditunjukkan di Gambar 5 dan Tabel 2.



Gambar 5. Hasil Uji XRD Tanah Lempung

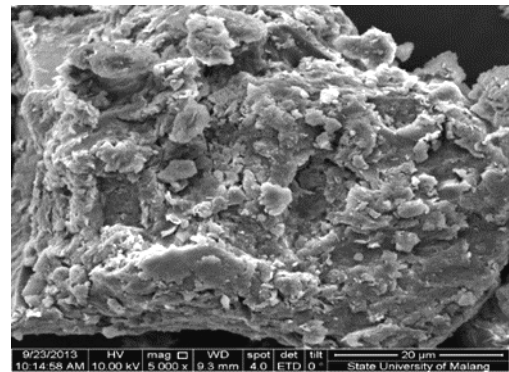
TABEL 2

Kandungan Mineral Tanah Lempung

Tanah Lempung		
Mineral	Berat (%)	Keterangan
Anorthite	76.89	• Rumus kimia: CaAl ₂ Si ₂ O ₈ (Calcium aluminum silicate)
Kaolinite	2.58	• Rumus kimia: Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ , (Aluminum Silicate Hydroxide)
Cristobalite	2.27	• Rumus kimia: SiO ₂ , (Silicon Dioxide)
Quartz	4.94	• Rumus kimia: SiO ₂
Talc	11.08	• Rumus kimia: Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH)
Albite, calcian, ordered	2.25	• Rumus kimia: NaAlSi ₃ O ₈ , (Sodium aluminum silicate)

3. Hasil Uji SEM Tanah Lempung

Hasil uji SEM tanah lempung perbesaran 5000 kali dapat diperlihatkan di Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Uji SEM Tanah Lempung

Dari gambar tersebut terlihat bahwa partikel lempung berbentuk lembaran-lembaran.

4. Hasil Uji Karakteristik Fisik dan Mekanik Tanah Lempung

Hasil pengujian pada karakteristik fisik dan mekanik tanah lempung dapat dilihat di Tabel 3.

5. Hasil Uji Tarik Spesimen Ban

Hasil uji tarik spesimen ban disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 7. Prototipe lembaran ban dapat dilihat pada Gambar 8.

TABEL 3

Hasil Uji Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Lempung

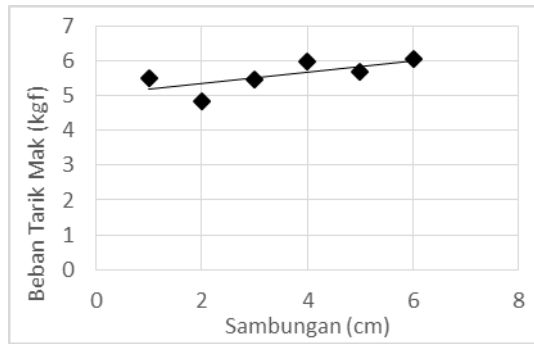
No.	Parameter	Hasil uji
1	kadar air	70,557%
2	specific gravity	2,70
3	berat volume	1,54 gr/cm ³
4	batas cair	86,83%
5	batas plastis	24,72%
6	indeks plastisitas	62,10%.
7	Klasifikasi USCS	CH
	Klasifikasi AASTHO	A-7-6
8	Pemadatan Standart Proctor MDD	1,344 gr/cm ³
	OMC	25,344%.
9	Kuat Geser (Direct Shear) Kohesi (c)	0,2365kg/cm ²
	Sudut gesek dalam (φ)	7,947°
	Tekan Bebas (UCS)	
10	Tegangan aksial maks	9,375 kg/cm ²
	Regangan maks	0,081%

TABEL 4

Hasil Uji Tarik Sambungan Ban

No.	Sampel	Beban Tarik Maksimum (kgf)
1	Sambungan 1 cm	5.506
2	Sambungan 2 cm	4.856
3	Sambungan 3 cm	5.458
4	Sambungan 4 cm	5.994
5	Sambungan 5 cm	5.705
6	Sambungan 6 cm	6.062
7	Tanpa Sambungan	19.707

Dari tabel 4 terlihat bahwa beban tarik maksimum spesimen dengan sambungan lebih kecil 3.25-4 kali dibandingkan spesimen tanpa sambungan.



Gambar 7. Hubungan Sambungan dengan Beban Tarik Maksimum Spesimen Ban

Dari gambar diatas menyatakan bahwa tren beban tarik maksimum mempunyai kecenderungan naik seiring dengan peningkatan lebar sambungan spesimen ban. Beban tarik maksimum ban tertinggi diperoleh pada sambungan 6 cm dan 4 cm. Karena lebar ban 12 cm, maka sambungan efektif ditentukan 4 cm akan lebih memudahkan pada saat penyambungan.

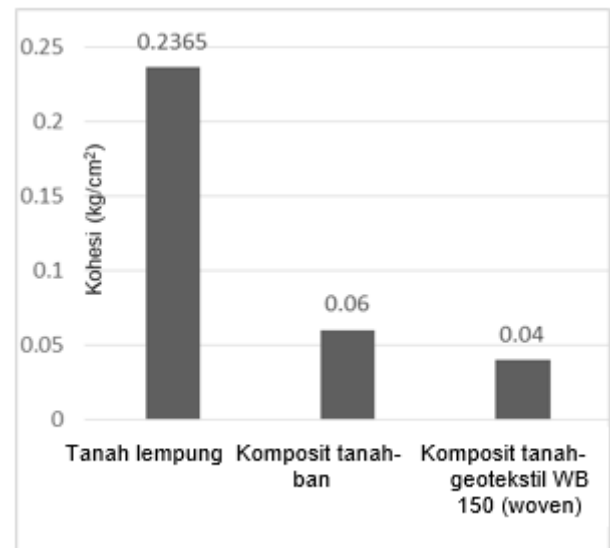


Gambar 8. Prototipe Lembaran Ban

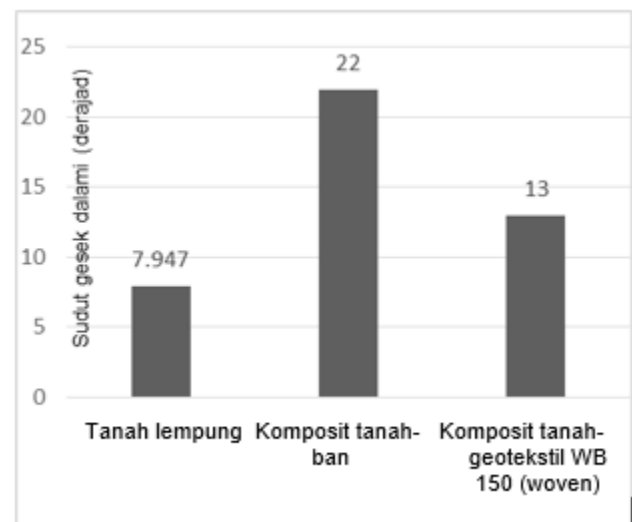
6. Parameter Geser Tanah Lempung dan Komposit Tanah

Hasil uji geser langsung pada kondisi kepadatan maksimum hasil uji standart Proctor tanah lempung, komposit tanah-ban dan komposit tanah geotekstil diperlihatkan pada Gambar 9 dan 10. Kohesi komposit tanah-ban lebih rendah dibandingkan dengan tanah lempung karena berkurangnya lekatan/ikatan pada komposit tanah-ban. Perilaku demikian ditampakan pada komposit tanah-geotekstil dengan kohesi yang lebih rendah dari kohesi komposit tanah-ban, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

Gambar 10 diatas menyatakan sudut gesek dalam komposit tanah-ban lebih tinggi dibandingkan dengan tanah lempung karena permukaan ban lebih kasar dibandingkan dengan permukaan lempung sehingga menghasilkan kuat gesek yang yang lebih tinggi dari pada tanah lempung. Sedangkan komposit tanah-geotekstil menghasilkan sudut gesek yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit tanah-ban atau kuat gesek yang dihasilkan lebih rendah.



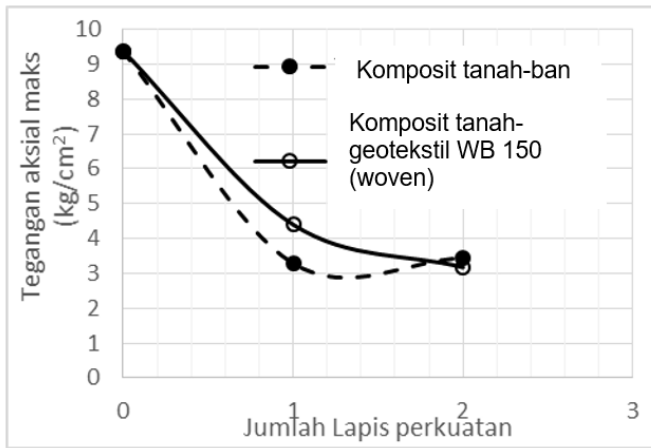
Gambar 9. Kohesi Tanah Lempung dan Komposit Tanah



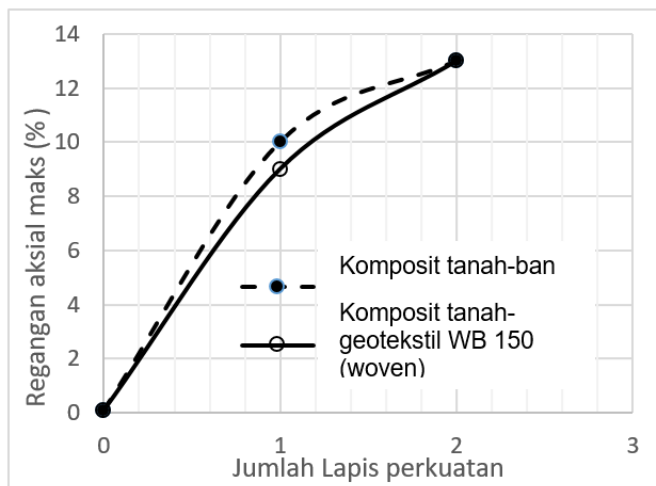
Gambar 10. Sudut Gesek Dalam Tanah Lempung dan Komposit Tanah

7. Tegangan-regangan Aksial Tanah Lempung dan Komposit Tanah-ban

Tegangan-regangan aksial hasil uji tekan bebas pada kondisi kepadatan maksimum disajikan pada gambar 11 dan 12. Tegangan aksial komposit tanah-ban lapis satu dan lapis dua lebih rendah dibandingkan dengan tanah lempung. Peningkatan jumlah lapis ban menjadi 2 lapis belum mampu meningkatkan tegangan aksial. Perilaku yang sama untuk komposit tanah-geotekstil namun terjadi sedikit peningkatan tegangan aksial pada lapis 2 geotekstil. Regangan aksial komposit tanah-ban lebih tinggi dibandingkan tanah lempung dan semakin meningkat pada jumlah lapis kedua komposit tanah-ban. Sedangkan regangan aksial komposit tanah-geotekstil dengan jumlah lapis satu lebih rendah dari pada regangan aksial komposit tanah-ban.



Gambar 11. Grafik Tegangan Aksial Tanah Lempung dan Komposit Tanah-ban



Gambar 12. Grafik Regangan Aksial Tanah Lempung dan Komposit Tanah-ban

D. KESIMPULAN

1. Tebal sambungan efektif untuk Lembaran ban adalah 4 cm.
2. Hasil uji geser langsung komposit tanah-ban dan tanah-geotekstil WB150 (woven) menyatakan adanya perkuatan tanah, memberikan dampak pada perubahan parameter geser komposit tanah, yaitu terjadi reduksi kohesi dan peningkatan sudut gesek dalam secara signifikan.
3. Hasil uji UCS kedua komposit tanah menyatakan adanya perkuatan pada tanah lempung menyebabkan tegangan aksial mengalami penurunan dan regangan aksial meningkat secara signifikan. Komposit tanah-ban lebih daktail dibandingkan komposit tanah-geotekstil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan atas dukungan dana dan

program untuk penelitian ini, juga pada Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Mataram atas penggunaan fasilitasnya.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Mercer, F.B., Andrawes, K.Z., McGown, A. Dan Hytiris, N., *A New Method of Soil Stabilisation, Proc. Sym. Polymer Grid Reinforcement*, Thomas Telford Ltd., London, 1984
- [2] Utomo, P., “Daya Dukung Ultimit Fondasi Dangkal Di Atas Tanah Pasir Yang Diperkuat Dengan Geogrid”, *Dimensi Teknik Sipil*, Vol 6 No.1 hal 15-20, 2004.
- [3] Adanur, S., Gowayed Y., Elton D., *Design and Characterization of Geotextiles for High Performance Applications*, National Textile Centre Annual Report, 1996,
- [4] Holtz, R.D., *Geosynthetics for Soil Reinforcement*, University of Washington, <http://www.google.com>. 2001.
- [5] Lutenecker, A.J., *Bearing Capacity and Settlement of Shallow Foundations on Reinforced Soil*, Geo-Institute Shallow Foundations Committee, 2004
- [6] Omar, M.T., “Ultimate Bearing Capacity of Eccentrically Loaded Strip Foundation on Geogrid-Reinforced Sand”, *University of Sharjah Journal of Pure & Applied Science*, 2006
- [7] Demiroz, A., and Tan O., “An Experimental Study For Settlement of Strip Foundation on Geogrid-reinforced Sand”, *Academic Journals, Scientific Research and Essays*, Vol.5(21) pp.3306-3312, 4 November 2010.
- [8] Long, N.T., *Utilization of Tyres in Civil Engineering-The Pneusol Tyresol*, *Environmental Geotechnics*, Balkema, Rotterdam, 1996
- [9] RMC Environmental Fund and The Office of Deputy Prime Minister, *Aggregates Information Service*, <http://www.viridis.co.uk/ais>, 2002
- [10] Warith, M.A. dan Rao S.M., *Predicting The Compressibility Behaviour of Tire Shred Samples for Landfill Applications*, Elsevier, <http://www.elsevier.com>, 2006
- [11] Ghani, A.N., *Shredded Scrap Tire Based Lightweight Geomaterial For Civil Enguneering Works*, Civil Engineering, University Sains Malaysia, 2009
- [12] Ghazavi, M., *Shear Strength Characteristics of Sand-Mixed with Granular Rubber*, Geotechnical and Geological Engineering, Kluwer Academi, Netherlands, 2004
- [13] Zornberg, J.G., Cabral, A.R dan Viratjandr, C., “Behaviour of Tire-Sand Mixtures”, *Canada Geotechnical Journal*, <http://www.cgj.nrc.ca>, 2004
- [14] Attom, M.F., “The Use of Shredded Waste Tires dapat di to Improve The Geotechnical Engineering Properties of Sands”, *Environmental Geology Journal*, <http://www.google.com>, 2006
- [15] Benson, C.H., *Using Shredded Scrap Tires in Civil and Environmental Construction*, <http://www.google.com>, 2009
- [16] Kikuchi, Y., Sato, T., Nagatome, T., Mitarai, Y. dan Morikawa, Y., *Change of Failure Mechanism of Cement Treated Clay By Adding Tire Chips*, *proceedings of the 4th Asian regional conference of geosynthetics*, June 17-20 2008, Shanghai China.
- [17] Oktora, M.T. dan Indri, R.E., *Studi Pengaruh Tyresoil dan Material Granuler terhadap Penurunan Tanah*

Lempung pada Fondasi Dangkal akibat Pembebanan Statis dan Dinamis(dengan Alat Uji Model), Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, 2013.