

Penentuan Panjang dan Prosentase Serat Plastik Optimum Berdasarkan Hasil Uji CBR Campuran Tanah Lempung, Trass, Limbah Asetilen dan Serat Limbah Plastik

Heni Pujiastuti

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram
Jl. KH. Ahmad Dahlan No.1 Pagesangan Mataram NTB, E-mail: pujiastutih@gmail.com

Ngudiyono

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No 62 Mataram NTB, E-mail: ngudiyono@gmail.com

Abstrak

Permasalahan limbah akhir-akhir ini menjadi permasalahan yang perlu segera diselesaikan. Salah satu solusi dalam menangani masalah limbah adalah dengan menggunakannya sebagai bahan struktur. Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan nilai tambah bahan limbah dari pembuatan gas asetilen dan limbah plastik bekas kemasan air mineral dengan jenis Polypropylene (PP) sebagai bahan stabilisasi tanah lempung. Untuk menentukan panjang serat plastik optimum dan prosentase serat plastik optimum yang digunakan sebagai bahan tambah pada tanah lempung yang distabilisasi dengan 15% trass dan 5% limbah asetilen dilaksanakan pengujian di Laboratorium Geoteknik Universitas Muhammadiyah Mataram dan Laboratorium Struktur Universitas Mataram. Secara umum penelitian dilaksanakan sebagai berikut : sampel tanah lempung diambil dari Tanak Awu, Lombok Tengah, trass diambil dari Punikan, Lombok Barat, Limbah asetilen diambil dari Getap Mataram, serat plastik dipotong-potong dengan variasi panjang 5mm, 10mm, 15mm, 20mm, 25 mm, lebar 5mm dan prosentase 0% (tanpa serat), 0.5%, 1%, 1.5%, 2% dari berat keringnya, kemudian diuji CBR unsoaked. Hasil penelitian menunjukkan panjang optimum serat plastik sebesar 20mm dan prosentase optimum serat plastik sebesar 1% dari berat keringnya mampu menghasilkan nilai kepadatan kering, nilai CBR dan nilai subgrade reaction tertinggi dari sampel uji berturut-turut sebesar 1.325 gr/cm³, 14.4% dan 397.14 MPa.

Kata-kata Kunci: Tanah lempung, stabilisasi, serat plastik, polypropylene, CBR.

Abstract

Waste problems recently become the problem that needs to be solved. One of the solution is dealing with waste to use it as a structural material. The purpose of this study is to increase the added value of waste materials from the manufacture of acetylene gas and scrap plastic waste packaging of mineral water with polypropylene (PP) type as the stabilizing agent of clay. To determine the optimum length of plastic fiber and the optimum percentage of plastic fiber which is used as an ingredient added on clay, stabilized with 15% trass and 5% of waste acetylene do testing in Geotechnical laboratory University of Muhammadiyah Mataram and Structures Laboratory, University of Mataram. Generally the research conducted as follows: clay soil samples taken from the Tanak Awu, Central Lombok, trass taken from Punikan, West Lombok, Waste acetylene taken from Getap Mataram, plastic fiber cut with the length variations of 5mm, 10mm, 15mm, 20mm, 25mm and 5mm in wide and percentage of 0% (without fiber), 0.5%, 1%, 1.5%, 2% of the dry weight, then tested CBR unsoaked. The results show the optimum length of plastic fibers is 20mm, and the optimum percentage of plastic fibers of 1% of the dry weight able produce the highest of dry density value, CBR value and value of subgrade reaction of test samples, respectively for 1.325 g/cm³, 14.4% and 397.14 MPa.

Keywords: Clay, stabilization, plastic fiber, polypropylene, CBR.

1. Pendahuluan

Permasalahan limbah akhir-akhir ini menjadi permasalahan yang perlu segera diselesaikan. Salah satu solusi dalam menangani masalah limbah adalah dengan menggunakannya sebagai bahan struktur yang saat ini masih minim. Hal ini memerlukan penelitian pendukung. Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan nilai tambah bahan limbah dari pembuatan gas asetilen dan limbah plastik bekas kemasan air mineral dengan jenis *polypropylene* (PP) sebagai bahan stabilisasi tanah lempung.

Tanah lempung mempunyai ukuran partikel kurang dari 0.002mm pada beberapa kasus kurang dari 0.005mm (ASTM D 653) dan sangat dipengaruhi oleh kadar air yang dikandungnya serta memiliki sifat yang cukup kompleks (Das, 1993) hal ini tidak menguntungkan bagi struktur. Oleh karena itu sebelum didirikan struktur di atasnya memerlukan *treatment* agar memenuhi syarat-syarat teknis tertentu yang diperlukan. *Treatment* terhadap tanah lempung biasa dilakukan dengan metode stabilisasi. Menurut Ingles dan Metcalf (1972) stabilisasi dapat dilakukan secara kimia dan mekanis.

Stabilisasi secara kimia dilakukan dengan mencampur tanah dengan bahan tertentu sehingga terjadi reaksi kimia yang dapat mengikat mineral lempung dan menjadi padat serta mengurangi sifat kembang susut tanah lempung (Ingles dan Metcalf, 1972). Stabilisasi mekanis dapat dilakukan dengan menambahkan material yang mempunyai kuat tarik yang signifikan sehingga secara keseluruhan menjadi material yang meningkat kekuatannya. Pada penelitian ini stabilisasi tanah lempung dilakukan dengan kombinasi dua metode yaitu secara kimia dengan mencampurkan tanah lempung dengan trass dan limbah asetilen, secara mekanis dengan menambahkan serat limbah plastik.

Material yang digunakan sebagai bahan stabilisasi secara kimia merupakan material yang dapat menghasilkan reaksi *pozzolanic* jika dicampur dengan tanah lempung, umumnya menggunakan kapur, semen, trass, abu sekam padi, fly ash dan lain-lain. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Muntohar (2005), Maizir (2006), Wiqoyah (2007), Risman (2008), Andriani dkk. (2012) dan Gharib dkk. (2012), stabilisasi kimia dengan menggunakan berbagai material pozzolan mampu meningkatkan sifat fisik dan mekanik tanah lempung.

Penelitian yang dilakukan oleh Ziegler dkk., (1998), Puppala dan Musenda (2000), Abdi dkk., (2008), Jadhao dan Nagarnaik (2008), Freilich dan Zornberg (2010), Pashazadeh dkk.(2011), Choura dkk. (2011), Nadeesha dkk. (2011), Sabat (2012) menggunakan serat sintesis jenis *polypropylene* (PP) untuk stabilisasi secara mekanis pada berbagai jenis tanah baik

dicampur dengan bahan yang lain maupun tidak telah mampu meningkatkan sifat teknis tanah uji.

Kuat dukung *subgrade* jalan dapat ditentukan dari hasil uji *California Bearing Ratio* (CBR). Dutta dan Sarda (2007); Choudhary dkk (2010) berdasarkan hasil penelitiannya menyatakan dengan penambahan serat pada tanah secara acak dapat meningkatkan nilai CBR. Pada penelitian ini akan dikaji hasil uji CBR untuk menentukan prosentase dan panjang serat optimum yang akan digunakan sebagai bahan stabilisasi campuran tanah lempung, trass dan limbah asetilen.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan

2.1.1 Tanah lempung

Tanah lempung dari desa Tanak Awu, Pujut, Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat. Tanah diambil sekitar 1m sampai dengan 2m dari permukaan tanah. Sampel tanah terlihat pada **Gambar 1**. Secara visual sampel tanah lempung memiliki warna hitam keabuan, pada kondisi kering tanah berbongkah-bongkah dan keras sedangkan pada kondisi basah tanah licin dan liat (plastis).

2.1.2 Trass

Trass dari salah satu daerah penambangan trass di desa Punikan, Lingsar, Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat seperti terlihat pada **Gambar 2**. Pada penelitian ini digunakan trass lolos saringan no.40.



Gambar 1. Tanah lempung



Gambar 2. Pengambilan trass

2.1.3 Limbah asetilen

Limbah asetilen diambil dari daerah Getap, Mataram, Nusa Tenggara Barat. Limbah ini hasil sampingan dari pembuatan gas asetilen untuk pengelasan. Pada penelitian ini digunakan limbah asetilen lolos saringan no.40.

2.1.4 Serat plastik

Serat plastik dibuat dari bekas kemasan air mineral dengan jenis *polypropylene* (PP), dipotong-potong dengan variasi ukuran panjang 5mm, 10mm, 15mm, 20mm, 25mm serta lebar 5mm seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sampel plastik

2.2 Pengujian pendahuluan

Pengujian pendahuluan meliputi : uji kadar air, uji berat jenis, uji batas konsistensi, uji distribusi ukuran butiran, pemadatan standard Proctor, kuat tarik serat plastik, uji XRD, uji SEM, uji kimia. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan mineral tanah lempung (uji XRD), gambaran partikel lempung (uji SEM), kandungan unsur kimia, Hal ini dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan mekanik tanah lempung dan tanah lempung yang distabilisasi trass dan limbah asetilen, memberikan diskripsi sampel tanah lempung dan bahan serat plastik.

2.3 Pengujian utama

Pengujian utama menggunakan uji CBR *unsoaked*. Pengujian ditampilkan pada Tabel 1. Uji ini dilakukan pada kondisi kepadatan kering maksimum berdasarkan uji pemadatan standard Proctor pada campuran tanah lempung, 15% trass dan 5% limbah Asetilen, diperoleh sebesar 1.226 gr/cm³.

Tabel 1. Rencana pengujian

No.	Campuran	Variasi Panjang Serat
1	80% TL+15% T+5% LA+0% SP	-
2	79,5% TL+15% T+5% LA+0,5% SP	5mm, 10mm, 15mm, 20m m, 25mm
3	79% TL+15% T+5% LA+1% SP	5mm, 10mm, 15mm, 20m m, 25mm
4	78,5% TL+15% T+5% LA+1,5% SP	5mm, 10mm, 15mm, 20m m, 25mm
5	78% TL+15% T+5% LA+2% SP	5mm, 10mm, 15mm, 20m m, 25mm

Total pengujian = 21 sampel uji

Keterangan : TL : Tanah Lempung
T : Trass
LA : Limbah Asetilen
S : Serat Plastik



Gambar 4. Foto pengujian CBR

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Hasil uji karakteristik Tanah Lempung

Hasil uji karakteristik fisik dan mekanik, kandungan kimia dan komposisi mineral tanah lempung Tanak Awu, Pujut, Lombok Tengah, NTB seperti ditampilkan pada Tabel 2-4, Gambar 5 hasil uji *X-Ray Diffraction* dan Gambar 6 hasil uji SEM.

Tabel 2. Hasil uji sifat fisik dan mekanik tanah lempung

No.	Parameter	Hasil
1	kadar air (w)	70.557%
2	<i>specific gravity</i> (G)	2.70
3	berat volume (g)	1.54 gr/cm ³
4	batas cair (LL)	76.5%
5	batas plastis (PL)	21.16%,
6	batas susut (SL)	16.79%
7	indeks plastisitas (PI)	55.34%.
8	Klasifikasi Tanah (Unified)	CH
9	Klasifikasi Tanah (AASTHO)	A7-6
10	Berat volume kering maksimum (MDD)	1.344 gr/cm ³
11	Kadar air optimum (w _{opt})	25.344%.
12	CBR	6.525%

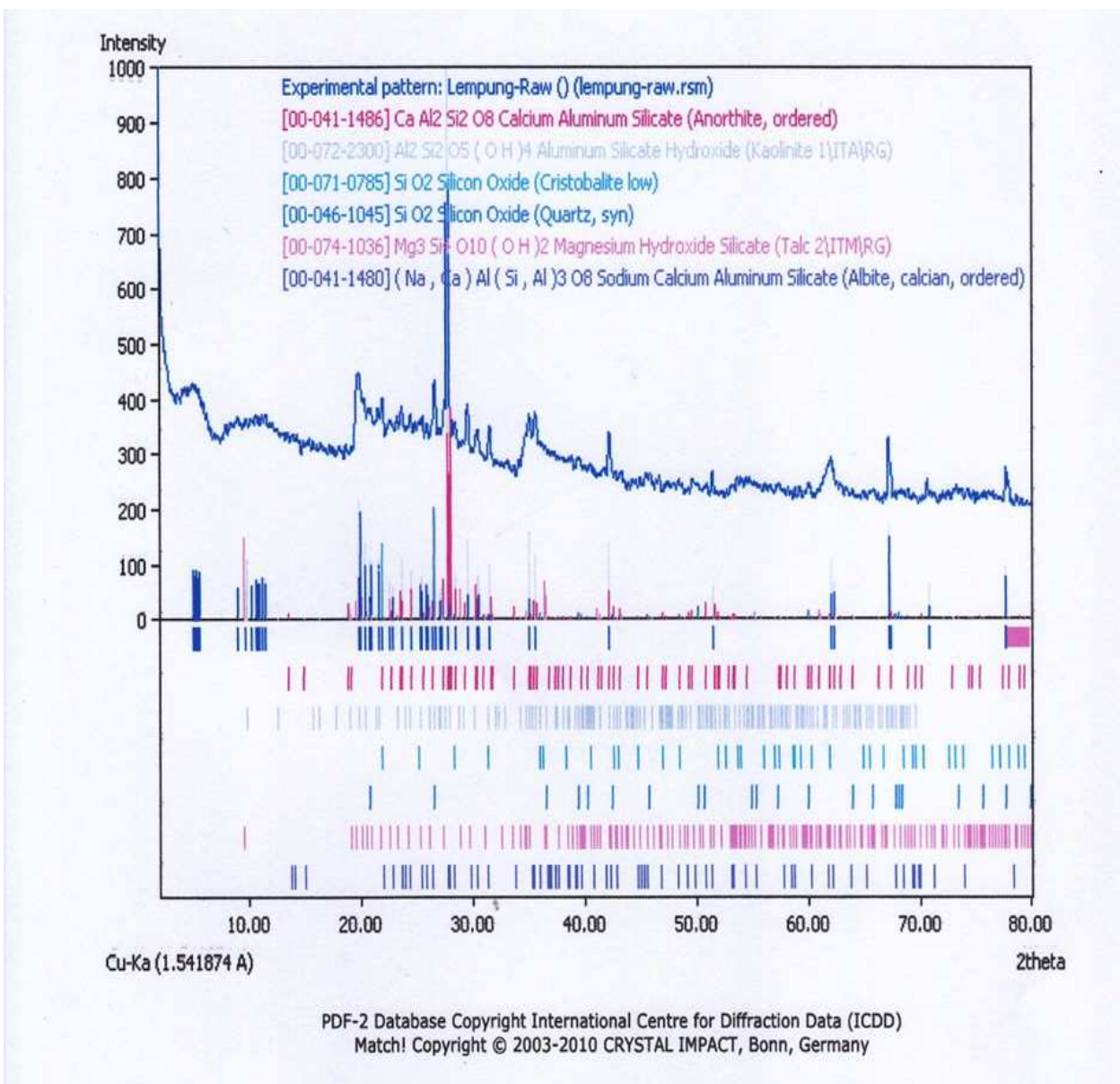
Tabel 3. Kandungan mineral tanah lempung

No.	Komposisi Mineral	Persen Berat (%)
1	Anorthite	76.89
2	Kaolinite	2.58
3	Cristobalite	2.27
4	Quartz	4.94
5	Talc	11.08
6	Albite, calcian, ordered	2.25

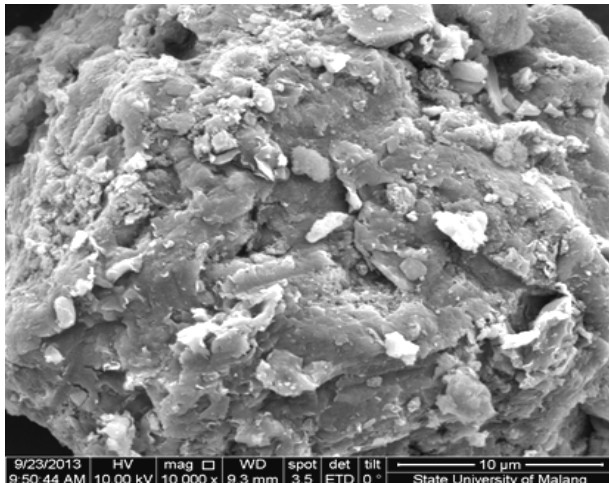
Tabel 4. Hasil analisis kimia tanah lempung

No.	Parameter	Hasil (%)
1	SiO ₂	42.65
2	Al ₂ O ₃	28.71
3	CaO	2.77
4	MgO	0.92

Hasil uji batas cair dan batas plastis tanah lempung diperoleh nilai batas cair (LL) dan batas plastis (PL) berturut-turut sebesar 76.5% dan 21.16%, sehingga dapat ditentukan nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 55.34%. Komposisi mineral tanah mengandung mineral lempung jenis Kaolinite 2.58% dan Talc (kelompok montmorillonite) sebesar 11.08%. Lembaran-lembaran partikel lempung Tanak Awu (Pujut) tampak dari hasil uji SEM (*Scanning Electron Microscope*). Dari uraian di atas menggambarkan lempung Tanak Awu (Pujut) termasuk tanah ekspansif tinggi karena mempunyai nilai LL>60%, PI>35% dan mengandung mineral montmorillonite hal ini seperti dinyatakan oleh Holts dan Gibbs (1956) dan Chen (1975).



Gambar 5. Hasil uji XRD tanah lempung



Gambar 6. Hasil uji SEM tanah lempung pembesaran 10.000 kali

3.2 Hasil uji trass dan Limbah Asetilen

Hasil analisa kimia trass dan limbah asetilen ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji kimia analitik trass dan limbah asetilen

No.	Material	Parameter uji	Hasil (%)
1	Trass	SiO ₂	45.57
		Al ₂ O ₃	31.63
		CaO	4.32
		MgO	1.83
		Fe ₂ O ₃	9.52
2	Limbah Asetilen	CaO	60.26

Dari Tabel 5 dapat ditentukan komposisi SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ = 45.57 % + 31.63% + 9.52% = 86.72% > 70% berdasarkan ASTM C 618 trass termasuk pozzolan kelas N. Menurut Little dkk. (2002), pozzolan N memerlukan material lain yang mengandung CaO bila dipakai sebagai bahan stabilisasi. Kandungannya CaO trass sebesar 4.32%, memerlukan bahan tambah, pada penelitian ini digunakan limbah asetilen yang mengandung CaO sebesar 60.26%.

3.3 Hasil uji Limbah Plastik

Pengujian kuat tarik plastik dilakukan dengan alat uji tarik *Electromechanical Universal Testing Mechine* seperti terlihat pada Gambar 7, prosedur pengujian mengacu pada standart ASTM D 4885 seperti yang telah dilakukan oleh Dutta dan Sarda (2007). Dimensi sampel uji kuat tarik plastik berbentuk segi empat dengan panjang 15cm, lebar 3cm dan tebal 0,15mm. Kecepatan tarik ditentukan 10mm/menit. Hasil uji menyatakan kuat tarik maks rata-rata sebesar 16.5 Mpa, regangan tarik maks rata-rata sebesar 15.65%. Plastik mempunyai berat volume sebesar 9.63kN/m³.

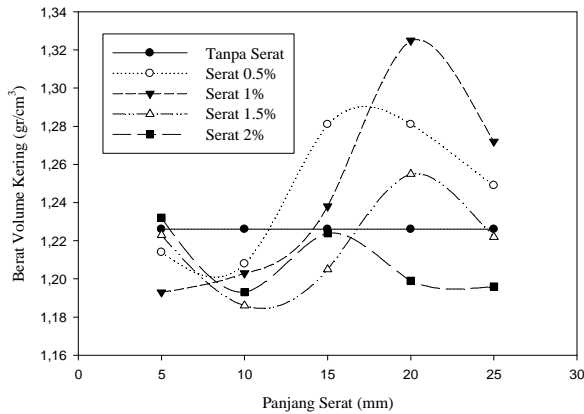


Gambar 7. Foto uji kuat tarik plastik

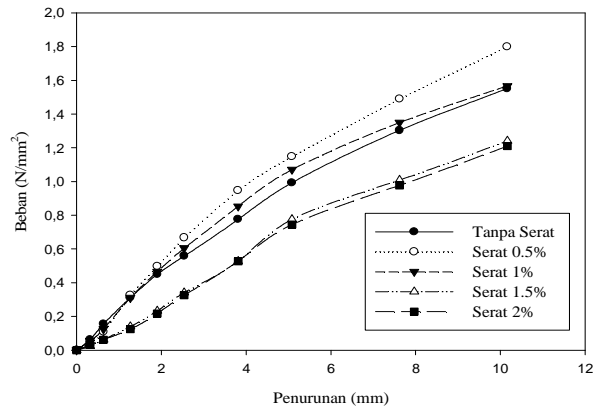
3.4 Hasil uji pemadatan standard proctor

Untuk mendapatkan nilai berat volume kering maksimum atau *Maximum Dry Density* (MDD) dan kadar air optimum atau *Optimum Moisture Content* (OMC) tanah lempung dengan campuran 15% trass dan 5% limbah asetilen, dilakukan uji pemadatan standard Proctor. Hasil uji diperoleh nilai OMC sebesar 27% dan Berat nilai MDD sebesar 1.226 gr/cm³. Pengujian pemadatan standard Proctor tanah lempung dengan campuran 15% trass dan 5% limbah asetilen (tanah campuran) dengan variasi panjang dan prosentase serat dilaksanakan pada kondisi MDD sebesar 1.226 gr/cm³ dan kadar air optimum (OMC) sebesar 27%. Hasil pengujian seperti ditampilkan pada Gambar 8.

Gambar 8 menunjukkan bahwa berat volume kering tanah mengalami perilaku yang sama pada tanah campuran dengan penambahan prosentase serat 0.5%, 1.5% dan 2% yaitu mengalami penurunan berat volume kering pada panjang serat dari 5mm sampai dengan 10 mm, kemudian mengalami peningkatan berat volume kering pada panjang serat 10 mm sampai dengan 20 mm dan mengalami penurunan kembali pada panjang serat 20mm sampai dengan 25mm, khusus tanah campuran dengan penambahan prosentase serat 2% mulai mengalami penurunan kembali pada panjang serat 15mm sampai dengan 25mm. Sedangkan pada tanah campuran dengan penambahan prosentase serat 1% menunjukkan perilaku yang berbeda yaitu mengalami peningkatan berat volume kering pada panjang serat 5mm sampai dengan 20mm kemudian mengalami penurunan berat volume kering setelah panjang serat lebih dari 20mm sampai dengan 25mm. Nilai kepadatan maksimum (MDD) tertinggi sebesar 1.325 gr/cm³ dicapai pada campuran tanah lempung, trass dan limbah asetilen dengan penambahan serat, panjang 20mm sebanyak 1% terhadap berat keringnya. Dengan penambahan serat pada tanah campuran, terdapat peningkatan berat volume kering maksimum sebesar 8.07% terhadap tanah campuran tanpa serat plastik.



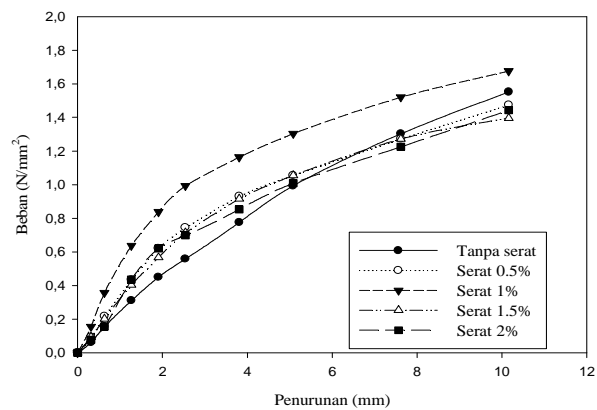
Gambar 8. Hasil uji pematidatan standard proctor lempung, trass, asetilen, variasi serat



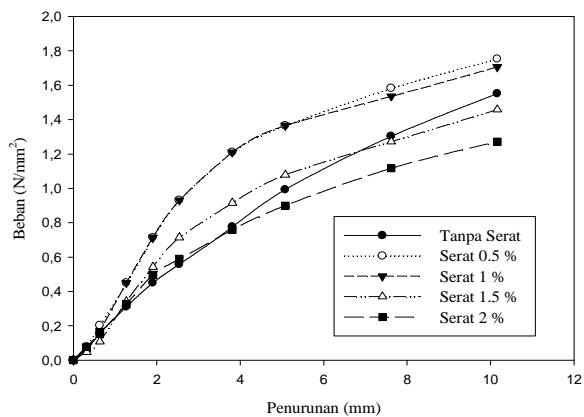
Gambar 11. Grafik hubungan antara Beban dengan penurunan (panjang serat=15mm)

3.5 Hasil uji CBR

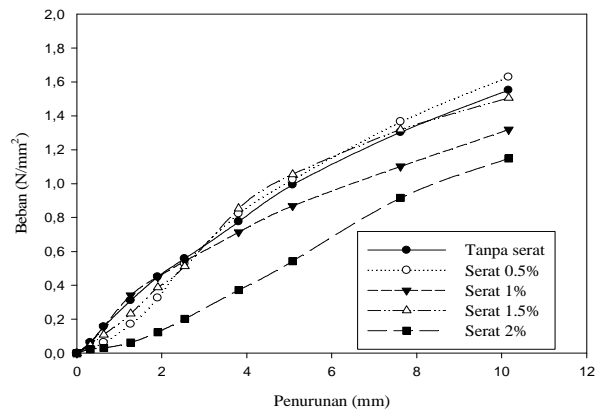
Kurva beban-penurunan (penetrasi) hasil uji CBR *unsoaked* untuk tanah campuran (lempung+15% trass+5% limbah asetilen) dengan penambahan serat secara acak dengan variasi prosentase 0% (tanpa serat), 0.5%, 1%, 1.5%, dan 2% dan variasi panjang serat 5mm, 10mm, 15mm, 20mm dan 25mm berturut-turut diperlihatkan pada Gambar 9-13.



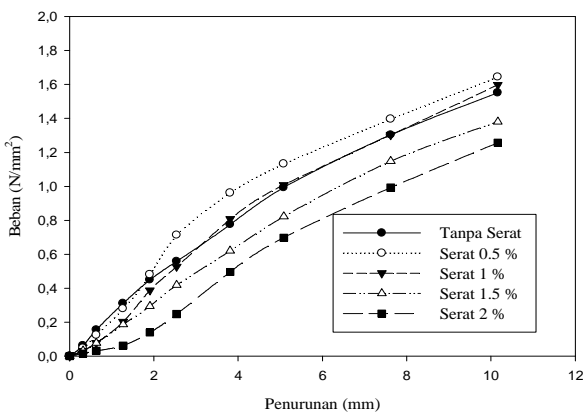
Gambar 12. Grafik hubungan antara Beban dengan penurunan (panjang serat=20mm)



Gambar 9. Grafik hubungan antara Beban dengan penurunan (panjang serat=5mm)

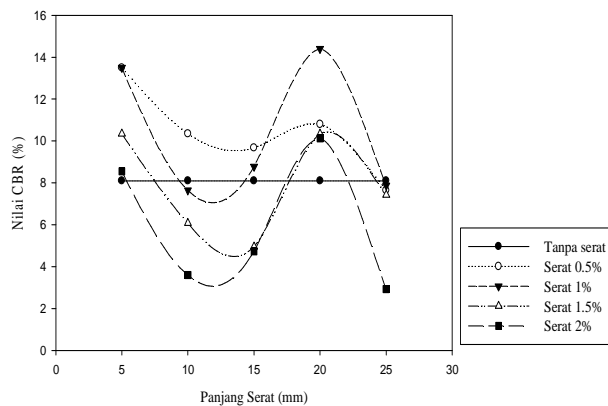


Gambar 13. Grafik hubungan antara Beban dengan penurunan (panjang serat=25mm)



Gambar 10. Grafik hubungan antara Beban dengan penurunan (panjang serat=10mm)

Gambar 9-13 menunjukkan secara umum dengan adanya inklusi serat pada tanah campuran meningkatkan beban pada piston pada penetrasi 0.1 inch (2.54mm) maupun 0.2 inch (5.08mm) yang ditunjukkan pada kurva beban-penurunan. Hal ini disebabkan karena komposit tanah yang terbentuk dari penggabungan serat plastik, trass dan asetilen sehingga meningkatkan kekuatannya.

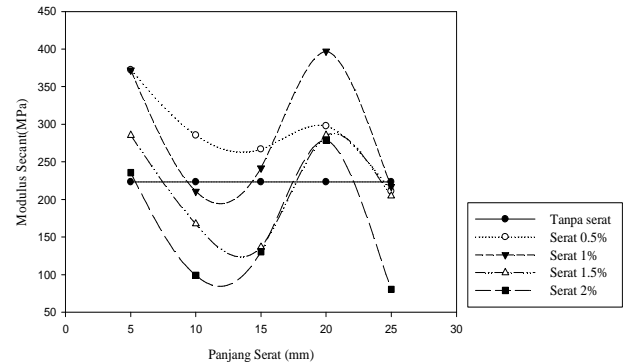


Gambar 14. Grafik hubungan Nilai CBR dengan panjang dan prosentase serat

Nilai CBR hasil analisa ditampilkan pada Gambar 14. Dari Gambar tersebut menunjukkan perilaku nilai CBR yang hampir sama pada variasi prosentase serat 0.5%, 1%, 1.5% maupun 2%, yaitu nilai CBR cenderung mengalami penurunan pada panjang serat 5mm sampai dengan panjang serat antara 10mm - 15mm. Penurunan nilai CBR secara signifikan melampaui nilai CBR tanpa serat dialami pada prosentase serat 1%, 1.5% dan 2%. Peningkatan nilai CBR mulai pada panjang serat antara 10mm-15mm sampai dengan panjang serat 20mm. Peningkatan nilai CBR ini kurang signifikan atau sedikit diatas nilai CBR tanpa serat pada prosentase serat 0.5%, 1.5%, dan 2% namun pada prosentase serat 1% mengalami peningkatan nilai CBR yang signifikan jauh melampaui nilai CBR tanpa serat. Kemudian setelah panjang serat lebih dari 20mm sampai dengan panjang serat 25mm nilai CBR mengalami penurunan kembali. Penurunan nilai CBR pada panjang serat lebih dari 5mm sampai dengan antara 10mm-15mm disebabkan karena belum terbentuk ikatan antar serat sehingga komposit tanah yang terbentuk kurang kaku, sedangkan penambahan panjang serat selanjutnya sampai 20mm telah mampu membentuk ikatan antar serat sehingga meningkatkan komposit jika dikenai beban piston dan penambahan panjang setelah 20mm sampai dengan 25mm, sudah tidak efektif untuk meningkatkan kekuatan komposit tanah karena cenderung menurunkan kepadatan tanah. Nilai CBR maksimum diperoleh pada tanah campuran dengan penambahan serat panjang 20mm dan prosentase serat 1%, yaitu sebesar 14.4%. Nilai CBR pada kondisi tanah campuran tanpa serat diperoleh sebesar 8.1%. Dengan demikian nilai CBR mengalami peningkatan sebesar 77.78%.

Prediksi nilai *subgrade reaction* (k_v) atau nilai modulus secant (E_s) dari hasil uji CBR dilakukan dengan cara membandingkan antara tegangan pada saat penurunan 1 inch dengan konstanta 0.0025. Nilai *subgrade reaction* (k_v) atau nilai modulus secant (E_s) pada variasi sampel uji ditampilkan pada Gambar 15. Perilaku nilai modulus secant secara umum sama

dengan nilai CBR. Nilai modulus secant tertinggi pada tanah campuran lempung, trass, limbah asetilen dan serat panjang 20mm dengan prosentase serat sebesar 1%, yaitu sebesar 397.14 MPa sedangkan kondisi tanah campuran tanpa serat sebesar 223.39MPa atau mengalami peningkatan sebesar 173.75MPa.



Gambar 15. Grafik hubungan nilai modulus secant dengan panjang dan prosentase serat

4. Kesimpulan

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa :

1. Tanah lempung Tanak Awu, Pujut, Lombok Barat, NTB mengandung mineral lempung talc yaitu kelompok montmorillonit dengan kemampuan kembang susut tinggi sehingga perlu dilakukan stabilisasi
2. Material trass termasuk pozzolan kelas N karena kandungan CaO relatif kecil sehingga untuk stabilisasi tanah lempung memerlukan bahan lain dengan kandungan CaO cukup tinggi
3. Limbah asetilen dapat dipergunakan sebagai bahan tambah trass untuk stabilisasi tanah lempung karena mengandung CaO sebesar 60.26%.
4. Pemakaian panjang serat plastik 20mm dengan prosentase serat 1% dari berat kering tanah mampu menghasilkan nilai kepadatan kering, nilai CBR dan nilai *subgrade reaction* tertinggi dari sampel uji berturut-turut sebesar 1.325 gr/cm³, 14.4% dan 397.14 Mpa.
5. Panjang serat plastik optimum diperoleh sebesar 20mm
6. Prosentase serat plastik optimum diperoleh sebesar 1% dari berat kering tanah

5. 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 UM Mataram dan Laboratorium Struktur & Bahan UNRAM atas penggunaan fasilitasnya.

Daftar Pustaka

- ASTM D653, 1992, *Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids, Annual Book of ASTM Standards*, Volume 04.08, Philadelphia, USA.
- ASTM C618, 1992, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete, Annual Book of ASTM Standards*, Volume 04.08, Philadelphia, USA.
- ASTM D4885, 1992, *Standard Test Method for Determining Performance Strength of Geomembranes by the Wide Strip Tensile Method, Annual Book of ASTM Standards*, Volume 04.13, Philadelphia, USA.
- Abdi, M.R., Parsapajouh, A., Arjomand, A.M., 2008, Effect of Random Serat Inclusion on Consolidation, Hydraulic Conductivity, Swelling, Shrinkage Limit, and Desiccation Cracking of Clays, *International Journal of Civil Engineering Vol.6 No.4*, Hal 284-292.
- Andriani, Y.R., Fernandez, F.L., 2012, Pengaruh Penggunaan Semen sebagai stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah, *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol. 8 No.1.
- Chen, F.H., 1975, *Foundation on Expansive Soil*, Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V.
- Choura, M., Khelif, N., Mnif, T. dan Mena, L., 2011, The Effect of Waste Polypropylene Fibre Inclusion on The Mechanical Behaviour of Sand Generated from The Aggregate Industry, *Journal of Soil Science and Environmental Management*, Vol.2 No.12 Hal 384-392.
- Choudhary, A.K., Jha, J.N., Gill, K.S., 2010, A study on CBR Behavior of Waste Plastic Strip Reinforced Soil, *Emirates Journal for Engineering Research*, 15 (1) Hal 51-57.
- Das, B.M., 1993, *Mekanika Tanah, Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*, Jakarta: Erlangga.
- Dutta, R.K. dan Sarda, V.K., 2007, CBR Behaviour of Waste Plastic Strip-Reinforced Stone Dust/Fly Ash Overlaying Saturated Clay, *Turkish J. Eng.Env.Sci.* 3 Hal 171-182. @ TUBITAK
- Freilich, B.J. dan Zornberg, J.G., 2010, *Effective Shear Strength of Serat-Reinforced Clays*, Brazil: 9th International Conference on Geosynthetics.
- Gharib, M., Saba, H., Barazesh, A., 2012, Experimental Investigation of Impact of Adding Lime on Atterberg Limits in Golestan Province Soils, *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. Vol. 3 (4) Hal 796-800.
- Holtz, W.G. and Gibbs, H.J., 1956, *Engineering Properties of Expansive Clays*. Transactions of ASCE, 121, 641±663.
- Ingles, O.G., dan Metcalf, J.B., 1972, *Soil Stabilization*, Sydney, Butterworths.
- Jadhao, P.D., dan Nagarnaik, P.B., 2008, *Influence of Polypropylene Serats on Engineering Behaviour of Soil-Fly Ash Mixture for Road Construction*, EJGE, Bund.C, Vol 13
- Little, D.N., Males, E.H., Prusinski, J.R and Stewart, B., 2002, *Cementitious Stabilization*, Design Procedur for Soil Modification or Stabilization, Material and Test Division Geotechnical Section 120 South Shortridge Road Indianapolis, Indiana 46219.
- Maizir, H., 2006, Penggunaan Abu Kapur (*Quick Lime*) untuk Stabilisasi Tanah Lempung pada Lapisan Perkerasan Jalan Raya, *Jurnal Sains dan Teknologi* 5(1) Hal 12-17
- Muntohar, A.S., 2005, The Influence of Molding Water Content and Lime Content on The Strength of Stabilized Soil With Lime and Rice Husk Ash, *Dimensi Teknik Sipil* Vol 7, No. 1 Hal 1 – 5
- Nadeesha, A.M.K.N., Thileepan, T., dan Nawagamura, U.P., 2011, *Study on The Use of Waste Polythene in Reducing The Brittleness of Soft Soils Improved with Cement*, *Annual Research Journal of SLSAJ* Vol 11 Hal 72-75
- Pashazadeh, A., Ghazavi, M., dan Chekaniazar, M., 2011, Experimental Study of The Effect of Polypropylene Serats with Random Distributio on The Engineering Behaviour of The Mixture of Flimsy with Clay Soils, *Journal of American Science*, Vol 7 NO.6, <http://www.americanscience.org>.
- Puppala, A.J. dan Musenda, C., 2000, *Effect of Serat Reinforcement on Strength and Volume Change in Expansive Soils*, Transportation Research Rec. No.1736, Hal 134-140.
- Risman, 2008, Kajian Kuat Geser dan CBR Tanah Lempung yang distabilisasi Abu Terbang dan Kapur, *Wahana Teknik Sipil* Vol 13 No.2 Hal 99-110
- Sabat, A.K., 2012, *Effect of Polypropylene Serat on Engineering Properties of Rice Husk Ash-Lime Stabilised Expansive Soil*, Bund. E., Vol 17 Hal 651-659
- Wiqoyah, Q., 2007, Pengaruh Trass Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung, *Dinamika Teknik Sipil*, Volume 7, Nomor 2, Hal 147–153.
- Ziegler, S., Leshchinsky, D., Ling, H.I., Perry, E.B., 1998, *Effect of Short Polymeric on Crack Development in Clays*, Soils and Foundations, Japanese Geotechnical Society, Vol 38 No.1 Hal 247-253.