

ANALISA PENINGKATAN KEKUATAN TANAH YANG DIPERKUAT SERAT DAN BAHAN STABILISASI PADA SISI KERING DAN SISI BASAH

Soewignjo Agus Nugroho, Gunawan Wibisono, Fidal Kasbi Jurusan
Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau, Kampus Bina Widya, Jl. H.R
Subrantas KM 12, Pekanbaru

Abstract: Condition of soil in Coastal of Riau tends to soft, therefore the stabilization needed for repairing soil bearing capacity. Many waste materials like oil palm ash and fiber found in Riau province.. These Materials basically can be used for stabilization. Examination with cement mixture and synthetic fiber which many found in commercial, it also can be done to get the strength value improvement of the clay. One research studied combination of 8 percent oil palm ash and 0.8 percent oil palm fiber. Water content was variation nearly from optimum moisture content (OMC). Another research studying combination of 4 percent cement and 0,1 percent synthesis fiber with the same water content variation. Refer to testing result of Unconfined Compressive Strength, standard Proctor, Atterberg Limit and CBR laboratory. The Result of UCS and CBR test indicated that the optimum value of combination of oil palm ash and oil palm fiber at OMC. Generally, reduction water content (dry side) and addition water content (wet side) form OMC is degrading the compressive strength of soil. while from the result of UCS to combination cement and synthetic fiber do not improvement of value for the dry side and wet side where optimum strength got at addition water at OMC, while at examination of CBR do not improvement of value for the dry side and wet side where optimum strength got at addition with at OMC.

Key Words: Oil Palm Ash, Oil Palm Fiber, Synthetic Fiber, Compressive Strength, Soft Soil.

Abstrak: Kondisi tanah pesisir Riau cenderung lunak sehingga perlu usaha stabilisasi untuk perbaikan kekuatan. Limbah berupa serat dan abu sawit banyak terdapat di propinsi Riau. Bahan ini pada dasarnya dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi. Pengujian dengan campuran semen dan serat sintetis sebagai bahan komersil yang banyak ditemukan untuk peningkatan nilai kekuatan tanah lunak tersebut. Penelitian ini mengkaji kemampuan kombinasi 8 persen abu sawit dan 0,8 persen serat sawit. Sehingga didapatkan peningkatan kekuatan tanah tak terkekang, dengan melakukan variasi kadar air dari sekitar nilai kadar air optimum (OMC). Penelitian selanjutnya dengan mengkaji peningkatan kekuatan kombinasi bahan komersil 4% semen dan 0,1% serat sintetis hingga 68% dari kekuatan tanah asli dengan variasi kadar air yang identik. Serangkaian pengujian seperti uji tekan bebas, proktor standar, Atterberg limit dan CBR laboratorium dilakukan pada beberapa variasi kadar air pada sisi kering serta pada sisi basah untuk kedua kombinasi campuran di atas. Hasil pengujian UCS dan CBR menunjukkan bahwa nilai kuat tekan optimum kombinasi abu sawit dan serat sawit didapatkan pada kadar air OMC. Secara umum pengurangan kadar air (sisi kering) dan penambahan kadar air dari nilai OMC menurunkan kuat tekan tanah. Hasil pengujian UCS pada kombinasi semen dan serat sintetis tidak mengalami peningkatan nilai untuk sisi kering dan sisi basah dimana kekuatan optimum didapatkan pada kadar air OMC, sedangkan pada pengujian CBR juga tidak mengalami peningkatan nilai untuk sisi kering dan sisi basah dimana kekuatan optimum didapatkan pada penambahan dengan kadar air 100%.

Kata kunci: abu sawit, serat sawit, serat sintetis, kuat tekan, tanah lunak.

PENDAHULUAN

Salah satu metoda stabilisasi yang relatif baru, telah banyak diteliti namun belum banyak diaplikasikan adalah stabilisasi dengan penambahan serat lepas yang

didistribusikan secara acak ke dalam tanah (*randomly distributed fibre*). Beberapa hasil penelitian laboratorium yang memanfaatkan serat sebagai bahan perkuatan tanah menunjukkan bahwa penambahan serat, baik sintetis maupun alami sekitar 0,3%–

1% berat, dapat meningkatkan kuat geser dan modulus elastisitas tanah secara cukup signifikan (Santoni et al. 2001; Consoli et al. 2003; Kumar & Tabor, 2003, Wibisono et al. 2004). Pada prinsipnya penggunaan serat lepas ini dapat dikategorikan sebagai stabilisasi tanah menggunakan bahan campuran (*soil stabilisation by admixture*) seperti halnya semen, kapur, dan bahan stabilisasi kimia komersial lainnya. Penambahan bahan campuran seperti ini meningkatkan kekuatan tanah. Namun demikian, serat tidak mengubah propertis fisik tanah seperti halnya semen dan kapur. Keberhasilan pemakaian bahan campuran ini di lapangan tergantung pada tingkat kerataan pencampuran bahan dan pemadatan yang dilakukan di lapangan. Kemudahan pencampuran (*workability mixture*) bahan dan pemadatan di lapangan sangat dipengaruhi oleh kadar air tanah di lapangan saat itu. Pemadatan yang dilakukan jauh di atas atau di bawah kadar air optimum akan mengurangi tingkat kepadatan dan tentunya kekuatan tanah juga. Sementara pencampuran bahan stabilisasi di atas kadar air optimum akan mempersulit bahan tercampur secara merata. Penelitian ini berusaha untuk mensimulasikan pemakaian campuran serat dan bahan stabilisasi pada skala laboratorium, dimana kadar air pada saat pencampuran dibuat bervariasi baik pada batas kadar air optimum maupun di bawah atau di atas kadar air optimum. Kendala pencampuran bahan terutama serat lepas pada kadar-kadar air tersebut juga akan dapat tergambarkan. Abu sawit dan serat sawit pada hakikatnya hanyalah limbah, ternyata merupakan sumber Silika (SiO_2) yang sangat tinggi

TINJAUAN PUSTAKA

Stabilisasi dengan Penambahan Abu dan Serat Sawit

Abu sawit merupakan sisa dari hasil pembakaran cangkang dan serat sawit di dalam tungku pembakaran (*Boiler*) pada suhu 700-800 °C. Abu sawit berwarna hitam keabu-abuan (Gambar 1). Serat sawit merupakan ampas dari proses pengolahan kelapa sawit menjadi *Crude Palm Oil* (CPO). Serat ini berupa serat lepas dengan panjang antara 2-3 cm. Secara visual

serat sawit berwarna coklat tua seperti terlihat pada Gambar 2. Abu sawit merupakan bahan material bersifat *pozzolan* yang mempunyai $G_s=2,27$. Penggunaan abu sawit sebagai bahan stabilisasi tanah dapat menambah nilai kuat tekan tanah, meningkatkan kuat geser tanah dan menurunkan nilai indeks plastis sebesar 14,2 prosen dengan menambahkan abu sawit hingga 20 prosen pada tanah (Edison, 2003). Propertis tanah kohesif diubah dengan penambahan abu sawit sehingga pemadatan akan menghasilkan derajat kompaksi yang tinggi disamping terjadi pula ikatan antara bahan pengikat dan partikel tanah kohesif. Perkuatan serat secara prinsip didesain untuk menahan beban aksial dan memberikan perkuatan tambahan pada tanah lunak. Salah satu perkuatan tanah dengan serat alami, menggunakan serat dari tumbuhan sisa (*Agavesisalana*). Serat yang berukuran panjang antara 1/16-1/2 inchi mampu meningkatkan kekuatan tanah dan meningkatkan penyerapan air yang lebih besar (Juikar, 2001).

Beberapa ahli geoteknik meyakini bahwa serat yang didistribusikan secara acak ke dalam tanah akan dapat menjaga dan meningkatkan kekuatan tanah secara isotropis, serta memperbaiki bidang keruntuhan potensial yang dapat terjadi di tanah. Jika serat ini dicampurkan secara merata dan homogen pada daerah keruntuhan potensial tanah, maka serat-serat tersebut dapat berfungsi sebagai bagian dari struktur tanah yang berfungsi sebagai penguat. Setiap keruntuhan yang terjadi pada setiap elemen serat akan dirambatkan ke seluruh elemen serat di dalam tanah tersebut, sehingga yang terjadi adalah keruntuhan progresif seluruh struktur tanah (Ghataora et al, 2000). Hasil uji laboratorium lain dapat dilihat juga pada Tabel 1.

Stabilisasi dengan Penambahan Semen dan Serat Sintetis

Portland Cement (PC) adalah salah satu material penyusun beton yang akhir-akhir ini sering digunakan sebagai salah satu bahan stabilisasi tanah yang disebut *binder*. Penggunaan semen merupakan salah satu cara stabilisasi dengan metode kimiawi dimana penambahan semen pada tanah diharapkan dapat mengubah propertis dan kekuatan tanah.



Gambar 1. Abu Sawit



Gambar 2. Serat Sawit

Tabel 1. Komposisi Abu Sawit hasil pembakaran serat dan cangkang (% berat)

Unsur / Senyawa	(% berat)
Silika (SiO ₂)	45,2
Aluminium oksida (Al ₂ O ₃)	1,83
Iron (III) oksida (Fe ₂ O ₃)	1,91
Calcium oksida (CaO)	11,16
Nitrous oksida (Na ₂ O)	0,09
Potassium oksida (K ₂ O)	4,91
HD	10,49

Sumber : Laboratorium Kimia BPPTK Yogyakarta

Sifat bahan semen secara umum yang berbentuk butir halus adalah sangat kuat mengikat air karena kondisi mineralnya yang aktif. Butir semen biasanya mengandung unsur CaO, SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃, dan semua unsur ini sangat mudah bereaksi dengan air (H₂O). Karakteristik kekuatan campuran semen yang biasanya dipertimbangkan yaitu tahap proses pengerasan, peningkatan kekuatan dan durabilitinya (Nasution, SI-431/SI-743).

Serat sintetis yang digunakan pada pekerjaan perbaikan tanah disebut geosintetis. Geosintetis terdapat dalam berbagai bentuk seperti *geomembrane*, *geolinear element*, *geogrid* dan serat lepas. Bentuk-bentuk ini dipengaruhi oleh fungsi serat yang beraneka ragam. Penggunaan bahan serat sintetis dibanding bahan serat lain terutama adalah pada ketahanannya terhadap pelapukan/umur yang merupakan kelemahan bagi bahan-bahan konstruksi yang dimasukkan ke dalam tanah. (Dhillon, 1999) mengemukakan bahwa serat sintetis memiliki karakteristik kekuatan dan ketahanan terhadap bio-degradasi pada periode waktu yang lama.

Pengaruh penambahan serat sintetis ke dalam tanah juga dapat menambah kekuatan daya dukung tanah dan kuat geser tanah. Para peneliti pada *Georgia Institute of Technology* telah mengindikasikan bahwa kekuatan lempung dengan sifat tertentu dapat bertambah kekuatannya secara signifikan dengan menambahkan serat (Wang, et.al, 1999). Penggunaan serat lepas sintetis dibidang geoteknik sering dianalogikan sebagai serat akar tanaman yang tumbuh di dalam tanah dimana akar tanaman dapat menambah kekuatan tanah karena akar tanaman akan mengikat partikel-partikel tanah. Peningkatan kekuatan tanah yang diberikan oleh akar-akar tanaman tergantung pada konsentrasi dan properti akar-akar tersebut (Dhillon, 1999). HAREX-Polycon[®] adalah produsen serat sintetis yang sudah terkenal dalam memproduksi serat-serat sintetis sebagai bahan perkuatan pada beton. Salah satunya adalah serat *polycon* (*polycon fibers*). *Polycon fibers* terbagi atas dua kategori yaitu *monowire* (serat lepas) dan *fibrillated* (serat yang berbentuk lembaran). Pada penelitian ini tipe serat yang digunakan adalah serat lepas (Gambar 3).

Tabel 2. Spesifikasi *polypropylene fibre*

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Material	<i>Polypropylene</i>
2.	Berat jenis	0,91 Ton/m ³
3.	Panjang serat	12 mm
4.	Modulus elastisitas	3500-4000 N/mm ²
5.	Kuat tegangan tarik	320-450 N/mm ²
6.	Titik leleh	160-170°C
7.	Suhu perapian	~320°C
8.	Kandungan penghantar listrik	0 (nol)
9.	Ketahanan terhadap zat kimia	sangat bagus

Sumber : *Synthetic Fibers Polycon*



Gambar 3. Serat lepas *Polycon HPC 20 N*

METODE

Bahan

Benda uji berupa tanah diambil dari daerah pesisir Kota Dumai - Riau yang diambil pada kedalaman 1 meter dari lapisan tanah atas (*top soil*).

Abu sawit (*Palm Ash*) yang diambil dari Pabrik Kelapa Sawit di Kabupaten Kampar-Riau. Kadar campuran abu sawit yang digunakan dalam penelitian ini adalah 8% dari berat kering total.

Abu sawit yang digunakan dalam campuran merupakan abu yang lolos saringan No. 100 (0,15 mm).

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Portland Cement Type I* yang diproduksi oleh PT. Semen Padang. Semen digunakan sebagai *binder* (pengikat) pada tanah yang akan distabilisasi. Bahan campuran lain yang

digunakan dalam penelitian ini adalah serat sintesis (*polypropylene fibre*).

Metode penelitian

Studi penelitian dan pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Riau Pekanbaru. Pengujian dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu pengujian pendahuluan dan pengujian utama. Pengujian pendahuluan meliputi pengujian properties tanah yang bertujuan melihat klasifikasi tanah. Pengujian utama adalah pengujian yang bertujuan mengetahui pengaruh abu dan serat terhadap kekuatan tanah yang akan distabilisasi. Pengujian utama meliputi pengujian pemadatan standar, pengujian UCS, dan pengujian CBR laboratorium.

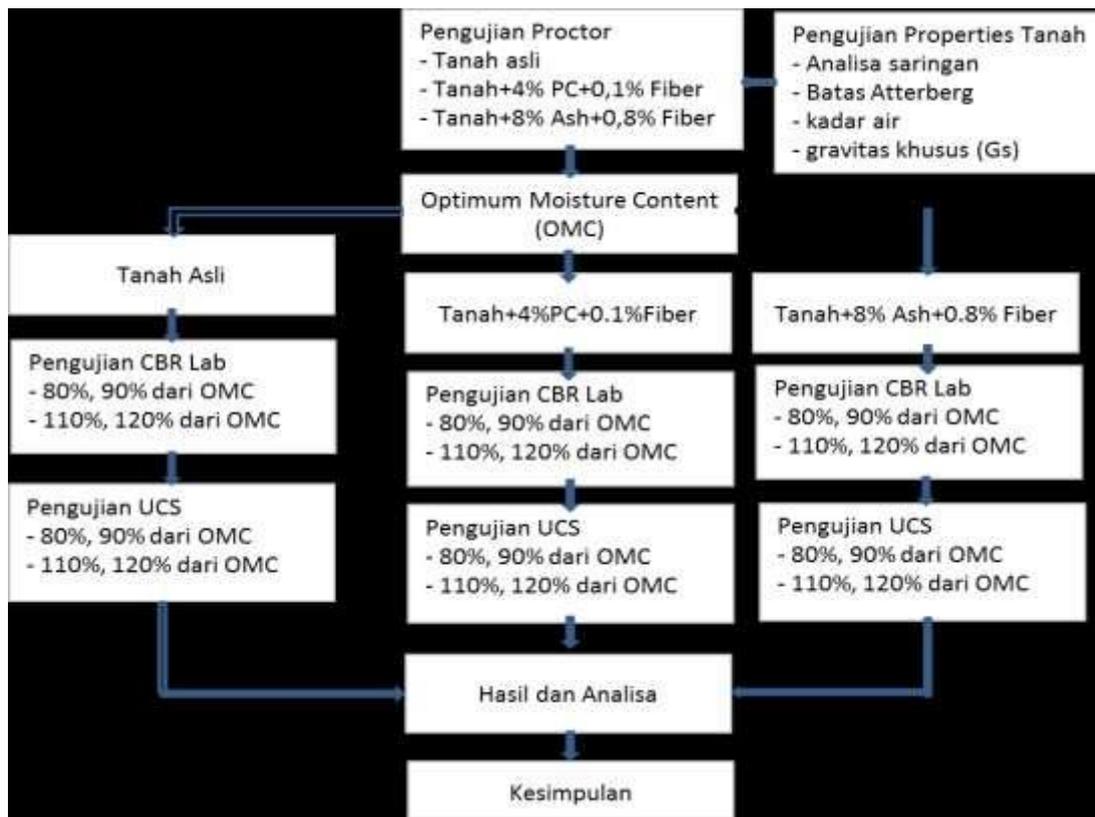
Bagan alir pelaksanaan pengujian dapat dilihat pada Gambar 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Tanah Asli

Pengujian sifat fisik tanah asli yang dilakukan adalah analisa gradasi, batas-batas Atterberg, berat jenis dan pengujian pemadatan Proktor standar. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar *American Society of Testing and Materials* (ASTM), dengan prosedur pengujian seperti yang telah dijelaskan pada bab metodologi penelitian.

Hasil pengujian propertis fisik tanah asli dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

Tabel 3. Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Asli

Pengujian	Hasil
Analisa Gradasi	
- Kerikil	0,0%
- Pasir	0,2%
Atterberg Limit	
- Batas Cair (LL)	40%
- Batas Plastis (PL)	27%
- Indeks Plastisitas	13%
- Berat Spesifik (Gs)	2,68
- OMC	20%
- γ_{dmax}	1,483 gr/cm ³
- USCS Kategori	ML
- UCS tidak terganggu	$q_u = 32,0$ kPa dan $S_u = 16,0$ kPa
- UCS remoulded	$q_u = 239,8$ kPa dan $S_u = 119,9$ kPa
- CBR tidak terendam	15%
- CBR terendam	4%

Sumber : Hasil Pengujian

Pengujian Kepadatan Tanah

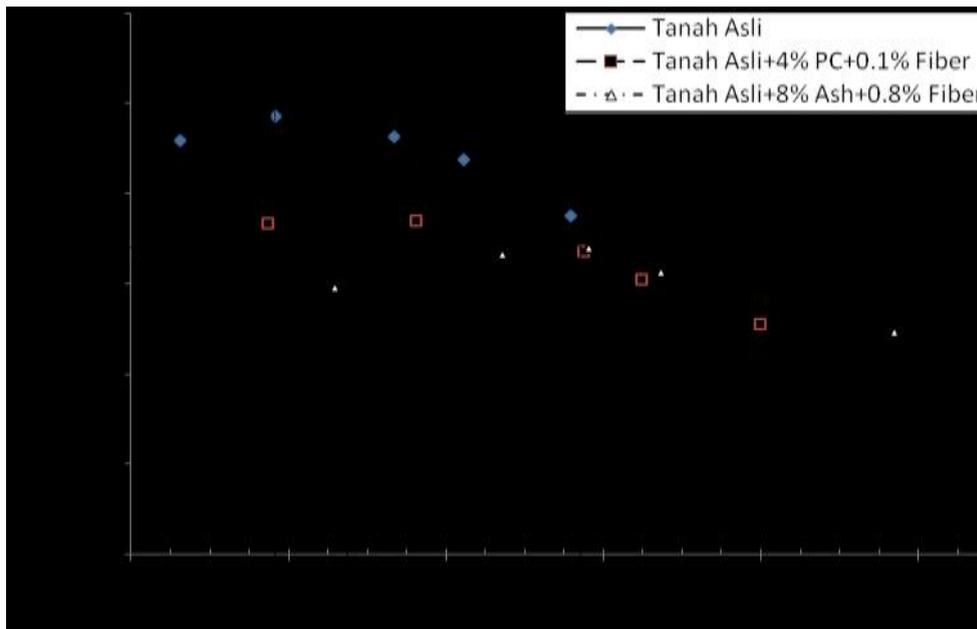
Setelah Pengujian kepadatan tanah asli kemudian dilakukan pengujian kepadatan tanah campuran untuk mendapatkan nilai kadar air

optimum, berat volume kering maksimum (γ_{dry}) dan hasil percobaan ini dijadikan acuan untuk menentukan kadar air optimum pada pekerjaan selanjutnya. Hasil pengujian pemadatan tanah diperlihatkan pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 4. Penambahan binders dan serat terhadap S_u , γ_{d-max} dan OMC pada Tanah Dumai

No	Sampel	S_u (kPa)	γ_{d-max} (gr/cm^3)	OMC (%)
1	Tanah Asli	119,9	1,481	20,00
2	Tanah + Abu Sawit 8% + Serat Sawit 0,8%	160,3	1,341	27,30
3	Tanah + Semen 4% + Serat Sintetis 0,1%	163,2	1,370	22,10

Sumber : Hasil Pengujian

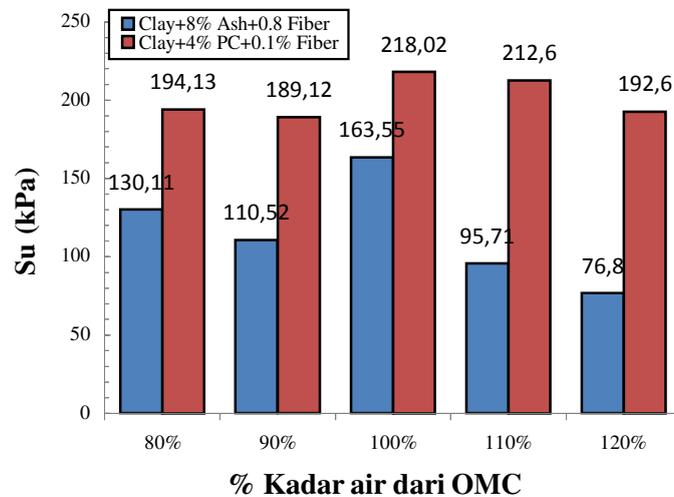


Gambar 5. Grafik Penambahan binders dan serat terhadap S_u , γ_{d-max} dan OMC pada tanah

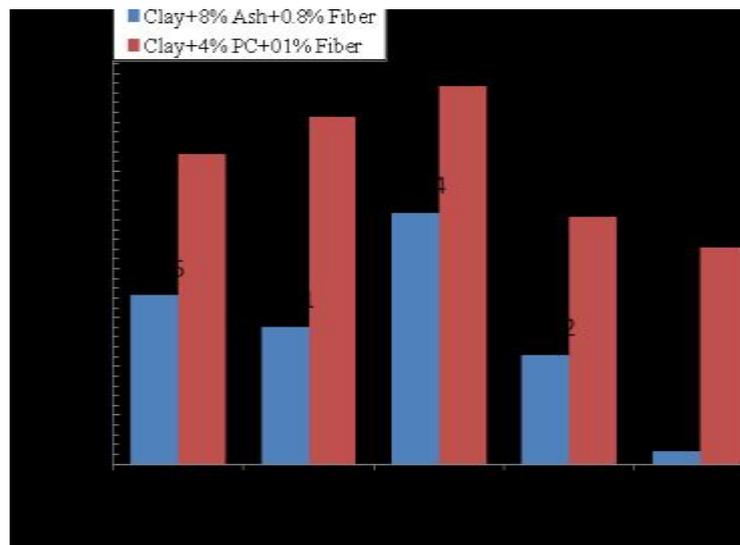
Pengaruh Variasi Kadar Air pada Campuran Tanah, Abu dan Serat Sawit

Variasi kadar air dalam penelitian ini diambil berurutan mulai dari kadar air 80% sampai

120% dari OMC (27,30%). Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar air terhadap kekuatan tanah yang telah dicampur dengan abu dan serat sawit. Hasil pengujian ini ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan Variasi Kadar Air dengan Kuat Geser *Undrained* (S_u)



Gambar 7. Grafik Hubungan Variasi Kadar Air dengan Nilai CBR

Dari Gambar 6 dapat nilai kuat geser *undrained* terbesar tetap pada kadar air sama dengan OMC. Secara umum, penambahan atau pengurangan kadar air mendekati nilai OMC akan menaikkan nilai kuat geser tanah campuran. Pada campuran tanah dengan penambahan semen dan serat sintetis, pemadatan pada sisi basah (kadar air di atas OMC) akan menghasilkan kuat geser relative tinggi dibandingkan jika pemadatan pada sisi kering (kadar air di bawah OMC). Fenomena sebaliknya terjadi pada campuran Tanah+8% Abu Sawit+0,8% Serat Fiber dimana pemadatan pada sisi kering akan mendapatkan kuat geser campuran relative lebih tinggi jika dibandingkan pada sisi basah.

Pengaruh Variasi Kadar Air pada Campuran Tanah, Semen dan Serat Sintetis

Variasi kadar air dalam penelitian ini diambil pada dua sisi pemadatan yaitu sisi kering ($w < OMC$) dan sisi basah ($w > OMC$). berurutan mulai dari kadar air 80 persen sampai 120 persen dari OMC 27,30 persen. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar air terhadap kekuatan tanah yang telah dicampur dengan semen dan serat sintetis. Hasil pengujian ini ditampilkan pada Gambar 7.

Gambar 7 juga menunjukkan nilai CBR maksimum di dapat pada kadar air optimum (OMC). Penambahan kadar air dari nilai OMC akan menurunkan nilai CBR sangat besar

dibanding jika kadar air lebih kecil dari nilai OMC. Fenomena ini terjadi pada kedua jenis tanah campuran. Kemungkinan ini terjadi karena pada masa perawatan (*curing*) selama 1 hari, air sudah bereaksi sempurna dengan dengan bahan tambah yaitu semen, abu sawit dan serat sehingga tidak ada air bebas lagi. Komposisi air dengan kombinasi abu sawit atau semen dan serat tepat pada kadar air sama dengan OMC, pada sisi kering terjadi kekurangan air. Air yang ditambahkan lebih dari OMC (sisi basah) menjadi pengencer sehingga menurunkan nilai CBR sangat besar.

KESIMPULAN

Hasil pengujian UCS dan CBR tanah asli, campuran Abu Sawit dan serat maupun campuran semen dan serat menunjukkan bahwa nilai terbesar di dapat pada penambahan air sama dengan kadar air optimum.

Penambahan atau pengurangan kadar air dari nilai OMC secara umum akan menurunkan nilai kuat geser dan CBR tanah.

Pemadatan untuk campuran semen dan serat lebih baik dilakukan pada sisi kering untuk mendapatkan kuat geser tanah yang mendekati nilai maksimum. Pemadatan tanah yang dilakukan pada sisi kering akan lebih baik dilakukuan untuk mendapatkan nilai CBR campuran tanah dengan abu sawit atau semen dan serat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvin, 2006, Stabilisasi Tanah Lunak Menggunakan Kombinasi Serat Sawit dan Abu Sawit, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru
- Azimi, M., Reni, 2003, Studi Pemanfaatan Abu Sawit Sebagai Sumber Silika Pada Konversi Zeolit Alam ZSM-5, Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru
- Consoli, N. C et.al., 2003, Plate Load test on Fibre-Reinforce Soil, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol.129, No. 10, pp 951-955
- Dessy, W S, 2007, Stabilisasi tanah Lunak dumai Menggunakan Kombinasi Serat Sintetik dan semen, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru
- Dhillon, 1999, Fiber Reinforced Soil,**Error! Hyperlink reference not valid.**llionis
- Edison R, 2003, Pengaruh Penambahan Abu Sawit Terhadap Stabilisasi tanah Lempung, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Pekanbaru
- Ghataora G. S., Dall'acqua, G. P., Freer-Hewish R.J., 2000, Effect of rimped Fibres and Lime on Engineering Properties of Kaolin, 4th International Conference on Ground Improvement-Geosystem, Helsinki, Finland
- Juikar, V.C, 2001, Studies on Sisal Fiber Reinforced Polymer Composites, M.Tech Thesis, Department of Chemical Engineering, IIT Madras, India
- Kumar, S & Tabor, E, 2003, Strength Characteristics of Silty Clay Reinforced with Randomly Oriented Nylon Fibers, The Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 3
- Santoni, R.L, Tingle, J. S, Webster, S. L., 2001, Engineering Properties of Sand-Fiber Mixtures for Road Construction, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, No. 3, pp 258-268
- Tingle, J. S., Santoni, R. L., Webster, S. L., 2002, Full Scale Field test of Discrete Fiber-Reinforced Sand, Journal of Transport Engineering, Vol. 128, No.1, pp 9-16
- Wang et.al., 1999, Properties and Application of Soil reinforced with Recycled Fibers, SPE Annual Recycling Conference, Georgia Institute of Technology, Atlanta