

Sabut Kelapa Sebagai Bahan Drainase Pada Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya

Coconut Fiber As A Drainage Material In Highway Subgrade Layer

Satwarnirat, Liliwarti & Dwina Arhenita

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang
Telp. 0751-72590 Fax. 0751-72576

ABSTRACT

Problems that often occur on the highway built on the soil slabs is the roads are easily damaged, wavy, perforated, and even the ways decrease mainly due to the water. Drainage material commonly used is the synthesis materials, known as coconut geotextile fiber, that is one of the alternative materials used as drainage material because the coconut geotextile fiber is water permeable that make it easy to pass. The coconut fiber used is made like mattress (the mattress with an open pattern, tightly woven, and the elongated channels) and laid on the surface layer of the road subgrade.

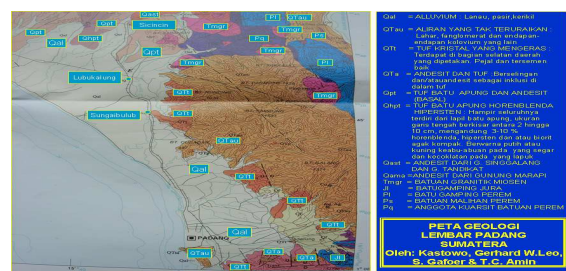
Tests conducted in the laboratory with a small scale, using the test box length = 50 cm, width = 30 cm, and height = 40 cm. Soil is compacted into a test box as high as 15 cm and then is saturated for 24 hours. The mattress of coconut geotextile fiber is spread on the surface of the soil and then carried out the preloading. The pressures of pore water that exist in the soil will rise because of the given load, so that water will find a more permeable area such coconut fiber mattress that serves as drainage. Water that comes out through the drain of coconut fiber given load for 15 days is 0.76% for mattress with tightly woven mattress pattern, open mattress pattern = 5379%, and the elongated channels = 3.842%

The free compressive strength of soil increased simultaneously with the decrease of water from the soil, and the increasing value of free compressive strength of soil is greater than 2.5 times compared with the prior installation of coconut fiber drainage.

Key words: clay, water, coconut coir

PENDAHULUAN

Kekuatan tanah dasar memegang peranan penting dalam mendukung suatu konstruksi di atasnya seperti; jalan, bangunan gedung, jembatan dan sebagainya. Tanah lempung sering menimbulkan masalah dan kerusakan pada bangunan, khususnya pada jalan raya timbul retak retak, bergelombang serta penurunan badan jalan. Penyebab utama dari kerusakan jalan tersebut adalah menurunnya kekuatan geser dari tanah tersebut akibat bertambahnya air. Menurut peta geologi, distribusi tanah di Kota Padang terdiri dari tanah alluvium, lanau dan pasir yang tersebar disepanjang pantai barat Kota Padang.



Gambar 1. Peta Geologi Padang Sumatera Barat

Jalan lingkaran kampus Unand limau manis Padang dibangun diatas tanah lempung yang bermasalah, hal ini ditandai dengan retak retak, bergelombang serta terjadi penurunan badan jalan. Jalan lingkaran kampus Universitas Andalas tanah dasarnya

berupa tanah lempung yang bercampur dengan lanau dan sedikit pasir (Jajang dan Liliwanti, 2007) dan nilai California Bearing Ratio (CBR) tanpa rendaman sebesar 4 % . Untuk itu peneliti mencoba mengadakan penelitian pemanfaatan sabut kelapa sebagai lapisan drainase pada lapisan tanah dasar jalan raya studi kasus jalan lingkar kampus Unand limau manis Padang. Sabut kelapa merupakan limbah sewaktu panen buah kelapa hanya dimanfaatkan oleh industri kerajinan untuk pembuatan keset, media tanam, kasur, karpet dll, namun sabut kelapa belum dimanfaatkan secara optimal. Sabut kelapa merupakan material yang porous sehingga dapat dimanfaatkan sebagai material drainase. Pada artikel ini dibahas tentang kapasitas drain dari material sabut kelapa pada lapisan tanah lempung (khususnya pada tanah dasar jalan), dan kenaikan nilai kuat tekan bebas tanah akibat adanya air yang keluar dari dalam pori tanah.

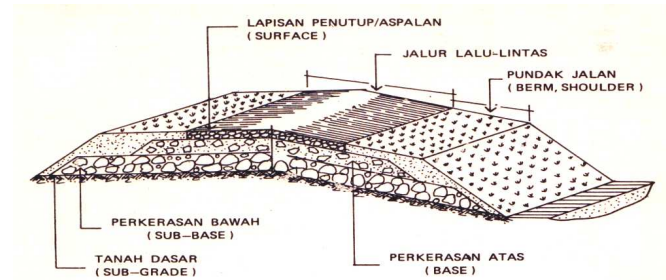
Bagian Bagian Lapisan perkerasan Jalan

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah sistim perkerasan dimana konstruksinya terdiri dari beberapa lapisan. Tiap-tiap lapisan perkerasan pada umumnya menggunakan bahan maupun persyaratan yang berbeda sesuai dengan fungsinya yaitu, untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar dalam batas daya dukungnya.

Umumnya bagian-bagian lapisan perkerasan tersebut terdiri dari:

1. Tanah dasar (*Subgrade*)
2. Lapisan pondasi bawah (*Subbase Course*)
3. Lapisan pondasi atas (*Base Course*)
4. Lapisan permukaan (*Surface Course*)

Adapun tiap-tiap lapisan tersebut diatas dapat digambarkan sbb:



Gambar 2. Lapisan-lapisan Pada Perkerasan lentur

Kerusakan dari perkerasan jalan umumnya disebabkan oleh masuknya air ke lapisan tanah dasar, sehingga timbul kerusakan pada badan jalan. Maka perlu adanya drainase pada jalan tersebut. Dengan adanya drainase air dapat dialirkan dari lapisan jalan, sehingga tidak merusak lapisan permukaan jalan atau tidak dapat masuk ke lapisan tanah dasar.

Tujuan drainase adalah:

- 1) Meminimalkan kemungkinan air tanah masuk kedalam badan jalan
- 2) Mengumpulkan dan membawa rembesan air pada badan jalan keselokan samping atau tempat buangan lainnya
- 3) Membuang air tanah yang ada pada lereng timbunan/galian, perkerasan atau badan jalan selama dan sesudah masa pelaksanaan pembangunan jalan
- 4) Membuang air pada daerah-daerah yang basah di bawah perkerasan atau di bahu jalan
- 5) Memotong dan membuang rembesan air tanah yang melintasi badan jalan
- 6) Menurunkan tinggi muka air tanah, sampai ketinggian yang tidak membahayakan terhadap kekuatan badan jalan.

Material Drainase

Drain harus dapat menjamin pengaliran air ke arah vertikal maupun ke arah horizontal dan tidak terjadi penyumbatan pada bidang kontak antara tanah dan dinding drain tersebut.

Drain dapat dibedakan menjadi:

1. Drain konvensional
2. Drain sintetis

1. Drainase konvensional

Persyaratan drain konvensional

- a. Lapisan drainase harus terdiri dari agregat yang bersih dengan batasan ukuran butir sbb:



FIG. 5.9 Examples of gradations of open-graded bases and their protective filters.

- b. Persyaratan filter pelindung bahan drainase gradasi terbuka
 $(D_{15}(\text{filter})/5) \leq D_{85}(\text{tanah})$
 D_{15} = ukuran butir pada 15 % lolos dari filter (untuk menangkap butiran halus tanah agar jangan melewati material kasar, yang dapat mengurangi permeabilitas material kasar)
 D_{85} = ukuran butir pada 85 % lolos dari tanah yang dilindungi (menjaga tidak terjadi gradasi gap, jadi harus ada syarat keseragaman dari gradasi)

2. Drain Sintetis

Magnan(1983) dalam Suryolelono 2003, menyatakan bahwa drain sintesis dapat dikelompokkan dalam beberapa kategori,

- a. Drain karton, yaitu drain dari bahan karton/kertas dengan dimensi: lebar 100 mm dan tebal 3 mm, terdiri dari gabungan dua lembar karton yang tidak dilekatkan dan membentuk 10 saluran saluran memanjang dengan luas penampang 3 mm² tiap saluran. Drain ini cukup bagus tidak terkontaminasi butiran halus, dan tidak rusak oleh bakteri, karena bahan karton tersebut dilapisi oleh bahan keramik.
- b. Drain Plastik
 Drain ini terdiri dari bagian inti terbuat dari plastik yang diselubungi (dibungkus) dengan bahan yang dapat berupa: kertas filter, geotekstil
- c. Drain dari kantong kantong pasir

Drain ini terdiri dari kantong kantong memanjang dengan diameter 65 mm, terbuat dari bahan serat dan selanjutnya diisi pasir.

- d. Drain dari Bahan Tali

Bahan drain ini terdiri dari serat serat sabut kelapa yang dianyam dengan lebar 150 mm dan tebal 10 mm, dan dipilin untuk membentuk silinder memanjang berdiameter 70 mm (Denis dkk, 1977), Tipe ini dikembangkan di India.

Material drainase konvensional yang terdiri dari agregat, kenyataan dilapangan susah untuk mendapat kualitas dan jumlah yang disyaratkan, sedangkan drain sintesis kualitasnya sudah teruji namun harganya cukup mahal.

3. Serat Sabut Kelapa

Serat sabut kelapa sudah lama digunakan sebagai bahan pembuatan sapu, keset, tali dan alat rumah tangga lainnya, dan juga sekarang serat sabut kelapa sudah banyak digunakan sebagai bahan baku berbagai produk industri, seperti karpet, jok kendaraan, kasur, bantal, hardboard, serat berkaret dan lainnya. Menurut data statistik pada tahun 1990 produksi kelapa Indonesia mencapai 13.97 miliar butir setara dengan 2.328 juta MT kopra. Dari hasil tersebut akan diperoleh 9.7 juta ton sabut kelapa dan jika diolah dapat menghasilkan 2.45 juta ton serat sabut kelapa (Palungun, 2003) Perkembangan pemakaian serat sabut kelapa sudah meluas seperti di India serat sabut kelapa digunakan sebagai drain sintesis yang dikenal sebagai material geosintetik (Denis Mohan dkk, 1997 dalam Suryolelono, 2000).

Serat sabut kelapa sudah dibuat dalam bentuk lembaran / tikar (*mat*) digunakan untuk media tumbuh pada tanaman, dapat menyerab dan menahan air, tanpa kehilangan kekuatan. *Mat* ini juga dapat menyerap secara merata radiasi, sehingga dapat mencegah terjadinya panas yang berlebihan, dengan menggunakan berbagai material sintetik. Material sabut kelapa

digunakan sebagai pengontrol erosi karena (Anonim, 2005):

1. Terdiri dari 100% serat sabut kelapa yang mempunyai tegangan tarik yang besar
2. Menambah kesuburan tanah
3. Mempunyai daya serap yang tinggi
4. Mudah dalam pemasangan
5. Cocok untuk pertamanan, bio-engineering, bio-remediation
6. Ekonomis

Ada beberapa bentuk lembaran (mat) yang sering digunakan:

1. Mat dengan pola terbuka cocok digunakan untuk pengontrol erosi untuk daerah yang luas.

Tabel.1 Dimensi dan propertis dari mat pola terbuka serat sabut kelapa

2. Mat dengan pola terbuka tetapi lebih rapat dan lebih berat, digunakan untuk area yang khusus, mat ini lebih kuat dan keras.
3. Pola ini paling berat digunakan untuk area yang spesifik dengan situasi yang ekstrim, dimana aliran air cukup besar atau tanah yang jenuh air sehingga dipakai untuk stabilisasi tanah dan sebagai penyangga untuk tumbuh tumbuhan untuk tumbuh.

Di Jepang penggunaan serat sabut kelapa sebagai material perbaikan tanah (*soil inprovement*) sudah dikembangkan, bahkan perusahaan Construction of Maizuru power plant, Kansai Electric Power Co., Inc. telah mengembangkan material sabut kelapa sebagai vertical drain. Iowa Department of Natural Resources, 2006 telah mengembangkan sabut kelapa sebagai pencegah erosi pada lereng (*coconut fiber roll*). Gulungan dari sabut kelapa ini dengan ukuran diameter 12 inchi dengan panjang 20 feet.

4. Tanah Lempung

Lempung sangat dipengaruhi oleh kandungan air yang ada didalam tanah tersebut, yang mengakibatkan dapat merusak struktur yang ada di atasnya.

Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang mempunyai ukuran kurang dari 0.002 mm (Das, 1983). Ditinjau dari segi mineralnya lempung didefinisikan sebagai tanah yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila tanah tersebut dicampur dengan air. Terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959 dalam Hardiyatmo, 2002). Diantaranya terdiri dari kelompok-kelompok: *montmorillonite, illite, kaolinite, dan polygorskite*.

Tanah dasar Kampus Unand Limau Manis Padang, berdasarkan hasil uji kadar air didapat = 73.22 % dan berat jenis tanah 2.64, sedangkan nilai Batas cair (*Liquid Limit*) = 62 %, dan *Plastis Limit* 11,22 % .Tanah tersebut adalah termasuk jenis tanah lempung yang berplastisitas tinggi, dengan nilai Liquid Limit lebih besar dari 50 % (Liliwarti, 2007). Plastisitas tinggi artinya tanah tersebut sangat dipengaruhi oleh kadar airnya, namun dengan nilai Liquid Limit = 62 % tanah tersebut belum termasuk tanah ekspansif.

Atmaja.J dan Liliwarti, 2007 meneliti tentang CBR tanah dasar pada jalan lingkaran Kampus Unand Limau Manis, didapatkan nilai CBR tanah dasar sebesar 4 %.

Akibat rendahnya nilai CBR tanah dasar, maka jalan tersebut cepat rusak karena tidak mampu menahan beban lalu lintas, dan juga karena pengaruh air yang masuk ke lapisan tanah dasar.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dua tahap, tahap pertama pengujian di laboratorium dan tahap kedua dilakukan pengujian skala kecil di laboratorium.

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu tanah lempung, pengambilan sampel tanah lempung yaitu jalan lingkaran di Politeknik Kampus Unand Limau Manis Padang, sedangkan sabut kelapa yang digunakan berasal dari Pariaman Sumatera Barat.

Alat

Pada pengujian ini, semua pengujian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Padang.

Peralatan yang digunakan untuk uji sifat fisis dan mekanis tanah

- a. Satu set saringan dan hydrometer (ASTM D 422), pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan gradasi dari ukuran butir tanah.
- b. Satu set alat ukur Berat Jenis (ASTM D 854), digunakan untuk mendapatkan nilai berat jenis suatu tanah.
- c. Satu set alat uji Batas Konsistensi (ASTM D 4318)
Digunakan untuk mendapatkan nilai batas cair dan batas plasti dari tanah
- d. Satu set alat uji Pemadatan Standar (ASTM D 698)
Uji ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kepadatan tanah maksimum dan kadar air optimum dari suatu tanah.
- e. Alat Bantu lain : oven, timbangan, stop watch, desicator, thermometer, gelas ukur dan lainnya.

Pembuatan Kotak Uji Di Laboratorium Alat dan Bahan

Untuk mengetahui kemampuan dari drain sabut kelapa untuk mengalirkan air dari dalam tanah, maka dibuat kotak uji (*small size*) di laboratorium.

Kotak uji disiapkan dengan panjang 50 cm, lebar 30 cm dan tinggi 20 cm, material kotak uji dari plat baja.

Tanah yang digunakan adalah tanah lempung jalan lingkar kampus Unand limau Manis padang, kondisi terganggu (*disturb*). Material drain dari serat sabut kelapa dibuat dalam bentuk:

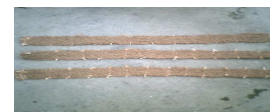
1. Berbentuk lembaran (matrass) dengan pola:
 - a. Pola terbuka, dengan ukuran panjang 75 cm, lebar 20 cm dan tebal 1 cm, dengan lebar bukaan 2 cm

- b. Pola dianyam rapat, dengan ukuran panjang 75 cm, lebar 20 cm dan tebal 1 cm.



Gambar 9. Matrass sabut kelapa dengan pola terbuka

2. Berbentuk saluran memanjang, dengan ukuran panjang 75 cm, lebar 5 cm dan tebal 1 cm.



Gambar 10. Matrass sabut kelapa berbentuk saluran memanjang

Seting Pengujian di Laboratorium

Tanah lempung yang sudah diketahui kepadatan maksimum dan kadar air optimum (hasil uji pemadatan), tanah tersebut dipadatkan kedalam kotak uji sampai mencapai kepadatan maksimum (γ_{dmak}), kemudian tanah direndam dengan air sampai jenuh dan didiamkan selama 24 jam. Drain sabut kelapa dihamparkan diatas tanah tersebut, selanjutnya tanah dibebani dengan menempatkan beban (*preloading*) atau pasir sebesar beban rencana. Dengan adanya beban yang diberikan, air yang ada dalam tanah akan terdesak keluar melalui drain sabut kelapa. Air yang keluar melalui drain sabut kelapa ditampung dalam pan (wadah). Waktu pengamatan air yang keluar 1 minggu, 2 minggu, dan seterusnya sampai tidak ada lagi air yang keluar melalui drain sabut kelapa. Kemudian tanah yang ada dalam kotak pengujian diuji kadar air serta berat isi (*unit weight*), untuk menjaga penguapan air yang ada dalam pan, maka pan dibungkus dengan plastik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel tanah yang diambil yaitu tanah lempung terganggu (disturb) yang berasal dari Politeknik Negeri Padang (jalan lingkar kampus Unand Limau Manis Padang).

1. Uji Kadar air Tanah

Berdasarkan sampel tanah yang diambil dari lapangan yaitu tanah tertangu, dan kondisi kering udara didapat kadar air 31.21 %.

2. Hasil Uji Berat Jenis

Berat jenis sampel tanah didapat 2.603, berdasarkan jenis tanah yaitu termasuk tanah lempung dengan berat jenis berkisar antara 2.6-2.75 (Hardiyatmo, 2002).

3. Hasil Uji Atterberg Limit

- Batas cair

Batas Plastis

Nilai batas cair (LL) = 60 % dan nilai batas plastis = 39.87 %, maka didapat indeks plastis (IP) = LL – PL

IP = 60 % - 39.87 %

Berdasarkan sampel tanah yang diuji tanah termasuk mempunyai plastisitas yang tinggi yaitu lebih besar dari 50 %.

4. Uji Pemadatan

Hasil uji pemadatan (Tabel 8) dan grafik hubungan antara kadar air dan berat isi kering tanah (Gambar 13)

Kadar air optimum didapat 35.5 % dengan kepadatan maksimum yaitu sebesar 1.36 gr/cm³.

5. Pengujian daya serap sabut kelapa

a. Kadar air awal /dasar

Sampel tanah yang sudah kering udara dan lolos ayakan no 4 (4.75 mm) dipadatkan ke dalam kotak uji (kotak uji 1, kotak uji 2 dan kotak uji 3) dengan kadar air 31.21 % (hasil uji pendahuluan). Setelah dilakukan penjemuran selama 24 jam didapat kadar air sebagai berikut:

Kotak Uji 1 (matras pola anyaman rapat)

Kotak uji 1 setelah penjemuran 24 jam terdapat kadar air dalam tanah sebesar 52.93 %, dengan kepadatan (γ_d) = 1.23 gram/cm³

Kotak uji 1 setelah penjemuran 24 jam terdapat kadar air dalam tanah sebesar 52.93 %, dengan kepadatan (γ_d) = 1.23 gram/cm³

Kotak uji 1 setelah penjemuran 24 jam terdapat kadar air dalam tanah sebesar 52.93 %, dengan kepadatan (γ_d) = 1.23 gram/cm³

b. Berat air yang keluar dari kotak uji (setelah pembebanan 15 hari)

- Kotak Uji 1

Berat air yang tertampung = 204.94 gram

- Kotak Uji 2

Berat air yang tertampung = 323,44 gr

- Kotak Uji 3

Berat air yang tertampung = 273,62 gr

Terdapat selisih antara berat air yang tertampung dan kadar air setelah pengujian, hal ini disebabkan adanya penguapan air yang keluar dari kotak uji selama pengujian berlangsung.

Berdasarkan data presentase berat air yang keluar dari kotak uji hanya sedikit air yang bisa dikeluarkan melalui sabut kelapa dalam waktu 15 hari (pola anyaman rapat, pola terbuka dan saluran memanjang.

Sabut kelapa mempunyai daya serap yang tinggi menurut anonim 2005, di Jepang penggunaan serat sabut kelapa sebagai material perbaikan tanah (*soil improvmnt*) sudah dikembangkan, bahkan perusahaan Construction of Maizuru power plant, Kansai Electric Power Co., Inc.telah mengembangkan materal sabut kelapa sebagai vertical drain

Pada penelitian ini terdapat perbedaan yang signifikan, air yang keluar melalui drain sabut kelapa sangat sedikit hal ini disebabkan antara lain

a. Pembuatan benda uji sabut kelapa dilakukan secara manual sehingga benda uji tidak padat (sabut kelapa

- dibuat berbentuk tali) yang sangat mempengaruhi daya serap terhadap air.
- b. Pada saat pengujian berlangsung material sabut kelapa ditutupi oleh butiran tanah lempung sehingga menghambat proses penyerapan.
 - c. Material sabut kelapa dihamparkan 15 cm dari dasar kotak uji, sehingga lintasan air terlalu jauh untuk menuju drain sabut kelapa.

6. Kuat Tekan bebas tanah setelah pembebanan

Nilai kuat tekan bebas tanah didapat 0.038 kg/cm², dan nilai kuat geser didapat 3 kPa, terdapat peningkatan nilai kuat tekan dari 0.0125 kg/cm² menjadi 0.038 kg/cm²

Nilai kuat tekan bebas tanah didapat 0.032 kg/cm², dan nilai kuat geser didapat 3.3 kPa, terdapat peningkatan nilai kuat tekan dari 0.0125 kg/cm² menjadi 0.032 kg/cm²

Nilai kuat tekan bebas tanah didapat 0.033 kg/cm², dan nilai kuat geser didapat 3.3 kPa, terdapat peningkatan nilai kuat tekan dari 0.0125 kg/cm² menjadi 0.033 kg/cm².

SIMPULAN

Kapasitas pengaliran dari material sabut kelapa sebagai drainase pada lapisan tanah lempung dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini terdapat perbedaan yang signifikan, air yang keluar melalui drain sabut kelapa sangat sedikit hal ini disebabkan antara lain
 - a. Pembuatan benda uji sabut kelapa dilakukan secara manual sehingga benda uji tidak rapat (sabut kelapa dibuat berbentuk tali) kerapatan jalinan sangat mempengaruhi daya serap terhadap air.
 - b. Pada saat pengujian berlangsung material sabut kelapa ditutupi oleh butiran tanah lempung sehingga menghambat proses penyerapan.
 - c. Material sabut kelapa dihamparkan 15 cm dari dasar kotak uji, sehingga lintasan air terlalu jauh untuk menuju drain sabut kelapa.

2. Nilai kuat tekan bebas tanah mengalami peningkatan 2.5 kali dari benda uji semula (sebelum dipasang drain sabut kelapa dan sesudah dipasang drain sabut kelapa).
3. Benda uji (sampel tanah dalam kotak uji sisi-sinya kedap air) sehingga tidak memungkinkan air keluar dari kotak uji tanpa adanya drainase. Apa bila menggunakan drain sabut kelapa air dapat keluar dari kotak uji, dalam waktu 15 hari air keluar dari kotak uji rata rata 3.3 %.
4. Sabut kelapa dengan pola anyaman rapat, pola terbuka dan saluran memanjang tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap besarnya daya serap air.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM, 2003, *Annual Book of ASTM Standards*, section 4, volume 04.08 Soil and Rock.

Design and performance of Fibredrain in soil improvement project

Fernandez, 2007 *Kajian Karakteristik Lempung Bobonaro Di Propinsi Nusa Tenggara Timur.*

Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Iowa Department Of Natural Resources In Cooperation With The Natural sources Conservation Service ,2006 *Control Streambank Erosion*

Liu, C and Jac B 2003, *Soil Propertis, Testing Measurement and evaluation*, Prentice Hall International, Inc, New Jersey.

Luther Ola. A dkk, 1993, *Pemanfaatan Serat Sabut Kelapa untuk Plafon*

Bangunan. Departemen Perindustrian RI. Badan Penelitian dan Pengembangan Industri. Proyek Penelitian dan Pengembangan Industri.

Palingkun.R, 2003 AnekaProduk Olahan Kelapa,Pt Penebar Swadaya, Jakarta Petandung P dkk, 1993, Pemanfaatan Serbuk Sabut Kelapa Untuk Arang Departemen Perindustrian RI. Badan Penelitian dan Pengembangan Industri. Proyek Penelitian dan Pengembangan Industri.

Realife Land Improvement, Stormwater Management Products : *Coconut Fiber Matting*

Setiadji, B.H.2005, Use Of Waste Materials For Pavement Construction In Indonesia, Journal of The Institution of Engineers, Singapore Vol. 45 Issue 2005

http://www.ies.org.sg/journal/past/v45i2/v45i2_4.pdf