

RIAU PEAT STABILISATION USING MIX NON ORGANIC SOIL AND CEMENT AS ROAD FILLS

STABILISASI TANAH GAMBUT RIAU MENGGUNAKAN CAMPURAN TANAH NON ORGANIK DAN SEMEN SEBAGAI BAHAN TIMBUNAN JALAN (Studi Kasus Daerah Tembilahan dan Sungai Pakning)

Soewignjo Agus Nugroho

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.

Jl. Binawidya KM 12.5 Simpang Baru Pekanbaru Riau, Indonesia 28293. Telp. 0761- 63272

Email: nugroho_52yk@yahoo.com; nug_sa@unri.ac.id

ABSTRACT

Peat is spread in Indonesian lands, especially in four big islands: Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, and Papua. To develop the peat areas, it is necessary to provide transportation facilities in order to accelerate social and economic growth. In fact, road constructions on the peat have some problems. Therefore, the study of peat improvement is required to produce high bearing capacity. The present study focuses on the examination of physical and mechanical characteristics of peat stabilized by non organic soil (Minas Clay) and cement. The cement proportions are 5%, 7.5% and 10% from the dry weight unit of the soil mixture. The non organic soil proportions are 70:30, 60:40, and 50:50 with 3 days and 7 days curing. The conditions of samples are whether 7 days soaked or un soaked. The result shows that the adding of non organic soil and cement decreases the Liquid Limit, Plastic Limit of peat and swelling index. On the other hand, it increases Plasticity Index, specific gravity, CBR and unconfined strength. The proportion of non organic soil of 60:40 and 8% cement stabilization produce the thickness of sub base layer of 15cm for Tembilahan peat and 17.5cm for Sungai Pakning peat in the planning age of 5 years. For 10 years planning age, producing the thickness of 18.33cm for Tembilahan peat and 21.67cm for Selat Panjang peat.

Key words : peat, cement, non organic soil, stabilization, bearing capacity, unconfined strength, swelling.

ABSTRAKSI

Tanah gambut di Indonesia tersebar di empat pulau besar yaitu Sumatra, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Dalam rangka pengembangan kawasan bergambut, maka diperlukan sarana transportasi untuk mempercepat pertumbuhan sosial ekonomi. Pada kenyataannya, pembangunan jalan di atas tanah gambut menimbulkan banyak masalah, untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai perbaikan tanah gambut agar diperoleh kapasitas dukung yang cukup. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian sifat-sifat fisik dan mekanis tanah gambut yang distabilisasi dengan menggunakan tanah non organik (Lempung Minas) dan semen. Kadar semen yang digunakan sebesar 5%, 7.5%, dan 10% dari berat kering campuran. Tanah non organik yang digunakan dengan perbandingan 70:30, 60:40, dan 50:50. Lama pemeraman yang dilakukan adalah 3 hari dan 7 hari dengan kondisi direndam dan tidak direndam, dengan lama perendaman adalah 7 hari. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa penambahan tanah non organik – semen dapat menurunkan batas cair dan batas plastis tanah gambut, menaikkan indeks plastisitas, menaikkan berat jenis, menaikkan nilai CBR dan kuat tekan bebas serta menurunkan indeks pengembangan. Pencampuran tanah gambut dengan tanah non organik dengan perbandingan 60:40 dan distabilisasi dengan semen 8% akan menghasilkan tebal lapis *subbase* yang paling tipis yaitu 15 cm untuk tanah gambut Tembilahan dan 17,5 cm untuk tanah gambut Sungai Pakning pada umur rencana 5 tahun. Untuk umur rencana 10 tahun akan diperoleh tebal lapis perkerasan 18,33 cm untuk tanah gambut Tembilahan dan 21,67 cm untuk tanah gambut Selat Panjang.

Kata-kata kunci: gambut, semen, tanah non organik, stabilisasi, kapasitas dukung, kuat tekan bebas, pengembangan

PENDAHULUAN

Tanah gambut di Indonesia tersebar di empat pulau besar yaitu Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Di Sumatera tanah gambut banyak ditemukan di pantai timur mulai dari daerah Lampung, Sumatera Selatan, Jambi, Riau dan Sumatera Utara. Ketebalan tanah gambut meningkat mulai dari daerah Lampung ke Riau, sedangkan tingkat pembusukan (dekomposisi) menurun.

Dalam rangka pengembangan kawasan bergambut, umumnya diperlukan prasarana jalan. Pada kenyataannya pembangunan jalan di atas lahan gambut mengalami banyak kendala. Hal ini dikarenakan tanah gambut memiliki daya dukung yang sangat rendah sehingga penurunan yang terjadi besar dan tidak mampu mendukung beban yang bekerja. Pada penelitian ini akan digunakan perbaikan tanah gambut secara kimiawi dengan menggunakan semen sebagai bahan stabilisasi dan melihat seberapa besar pengaruh campuran tanah non organik–semen terhadap kekuatan tanah gambut yang telah distabilisasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Perbaikan tanah gambut dapat dilakukan secara fisik maupun kimiawi. Perbaikan secara kimiawi dapat menggunakan bahan berupa semen, kapur, bio-cat, geosta, atau bahan-bahan kimia lain. Puslitbang jalan (1994), melaporkan bahwa stabilisasi tanah gambut dengan menggunakan semen dan geosta akan memberikan nilai CBR yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan semen saja. Ruktiningsih (1995), melaporkan bahwa dari hasil penelitian laboratorium menunjukkan penambahan 10% kapur dan geosta pada tanah gambut dengan masa perawatan 28 hari dapat meningkatkan nilai CBR sebesar 2,6 kali lipat dibandingkan dengan tanah gambut murni.

Tjahyati (1997), menyimpulkan penambahan kapur 3% dan 5% sebagai bahan pra-stabilisasi dan semen 3%, 5% dan 8% pada tanah gambut rawa pening Semarang yang dicampur dengan tanah laterit dapat meningkatkan nilai CBR dan kuat tekan bebas tanah gambut. Syamsudin (1997), menyimpulkan penambahan *clean sheet cement* sebanyak 4%, 8% dan 12% dari berat kering tanah gambut

dengan masa perawatan 7 hari dapat meningkatkan nilai CBR tanah gambut Pontianak. Hardjiana (1997), meneliti stabilisasi tanah lem-pung dengan menggunakan *clean set cement*. Pada penelitian tersebut prosentase *clean set cement* yang digunakan sebanyak 5%, 10% dan 15% dari berat kering tanah lem-pung. Hasil penelitian menunjukkan penambahan *clean set cement* pada tanah lempung akan menaikkan nilai CBR.

LANDASAN TEORI

1. Tanah Gambut

Ciri khas dari tanah gambut adalah mengandung serat, kadar organik tinggi dan berwarna coklat sampai kehitaman. Tanah gambut mempunyai berat jenis yang kecil sehingga sangat ringan. Umumnya tanah gambut mempunyai sifat sebagai koloid kuat yang mampu mengikat air sehingga tanah gambut mempunyai kemampuan menyerap air yang tinggi. Klasifikasi tanah gambut menurut ASTM dibedakan berdasarkan kadar serat, kadar abu, daya serap air dan bahan pembentuknya. Kalsifikasi menurut ASTM di sajikan pada Tabel 1.

Mac Farlanen dan Radforth (1985) menggolongkan tanah gambut berdasarkan kandungan serat yang ada dalam tanah gambut, yaitu:

- a. *fibrous peat* yaitu gambut dengan kandungan serat sekitar 20% atau lebih yang mempunyai dua jenis pori yaitu makropori (pori diantara serat-serat) dan mikropori (pori yang ada di dalam serat).
- b. *amorphous peat* yaitu gambut yang mempunyai kandungan serat kurang dari 20%. Ciri-ciri dari jenis ini adalah butiran tanahnya berukuran koloid ($< 2 \mu\text{m}$) serta sebagian besar air porinya terserap di sekeliling permukaan butiran tanah.

2. Pematatan

Dari pengujian pematatan (*moisture density testing*) dapat dicari hubungan antara kadar air dan berat volume kering. Dari grafik hubungan ini dapat diperoleh kadar air optimumnya. Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian standard laboratorium yang disebut uji proctor.

3. Kuat geser tanah

Kuat geser tanah adalah perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap pergeseran. Dari pengertian tersebut, bila tanah mengalami pembebanan akan dilawan oleh :

1. kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertical yang bekerja pada bidang gesernya.

2. gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertical pada bidang gesernya.

Salah satu cara menentukan kuat geser tanah di laboratorium adalah uji tekan bebas. Pengujian tekan bebas, UCS (*unconfined compression strength*) termasuk hal yang khusus dari pengujian triaksial UU (*unconsolidated undrained*). Kondisi pembebanannya sama dengan yang terjadi pada pengujian triaksial, hanya tegangan selnya nol ($\tau_3=0$).

4. Pengujian CBR (California Bearing Ratio)

Uji CBR digunakan untuk menentukan nilai CBR dari suatu tanah yang dilakukan di laboratorium. Nilai CBR adalah bilangan perbandingan (dalam prosen) antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas 3 inch² dengan kecepatan penetrasi 0,05 *inch/minute* terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembus suatu bahan standar tertentu.

Penentuan CBR dilaksanakan terhadap contoh tanah yang telah dipadatkan dengan pematatan standar (standard proctor). Pematatan dapat dilakukan terhadap contoh tanah tanpa direndam dan contoh tanah setelah direndam dalam air selama 4 hari.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah gambut yang berasal dari daerah Tembilahan dan Sungai Pakning, sedangkan tanah non organik berasal dari Palas. Semen yang digunakan adalah semen Padang tipe 1.

2. Alat yang digunakan

Alat uji utama : alat pematatan standar, uji tekan bebas dan CBR
 Alat Bantu : cawan, timbangan, desikator, oven, gelas ukur, hydrometer, piknometer, saringan, alat Casagrande, stop watch, dll.

3. Prosedur Penelitian

Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan dilakukan pada tanah gambut dan tanah non organik. Adapun jenis pengujian pada tanah gambut meliputi specific gravity, batas-batas atterberg, distribusi ukuran butir, kandungan serat, kadar organik, dan kadar abu. Sedangkan pada tanah non-organik dilakukan uji *specific gravity*, batas-batas atterberg, distribusi ukuran butir dan uji kandungan mineral.

Tabel 1. Klasifikasi tanah Gambut menurut ASTM

A.	Berdasarkan kadar serat	
a.	Fibric (Gambut mentah)	: Kadar serat > 67 %
b.	Hemic (Gambut matang sedang)	: Kadar serat 33 % - 67 %
c.	Sapric (Gambut matang)	: Kadar serat < 33 %
B.	berdasarkan kadar abu	
a.	Kadar abu rendah	: Kadar abu < 5 %
b.	Kadar abu sedang	: Kadar abu 5 - 15 %
c.	Kadar abu tinggi	: Kadar abu > 15 %
C.	Berdasarkan daya serap terhadap air	
a.	Kecil	: Kapasitas menyimpan air < 300 %
b.	Moderat	: Kapasitas menyimpan air 300 - 800 %
c.	Tinggi	: Kapasitas menyimpan air 800 - 1500 %
d.	ekstrim	: Kapasitas menyimpan air > 1500 %
D.	Berdasarkan tumbuhan pembentuk	
a.	Terbentuk dari satu tumbuhan	: Gambut kayu : Gambut pakis (kelakai) : Gambut eceng gondok
b.	Terbentuk dari berbagai tumbuhan	: Gambut daun lalang dan pakis : Gambut lumut dan keduduk

Pengujian utama

Pengujian utama dilakukan pada tanah gambut sebelum dan setelah di stabilisasi. Dibuat tiga jenis campuran, yaitu ;

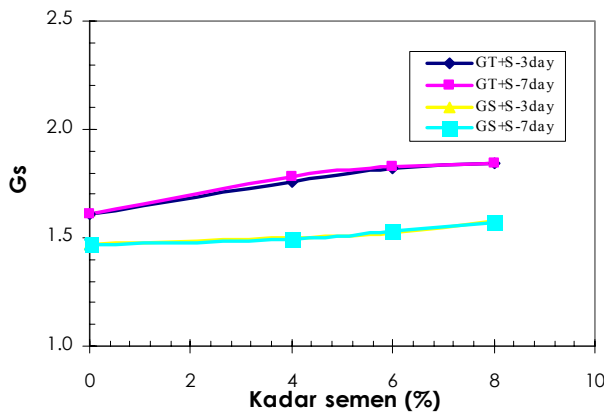
- stabilisasi tanah gambut dengan semen, persentase yang digunakan 5%, 7.5%, dan 10% terhadap berat kering campuran.
- tanah gambut dicampur dengan tanah non organik (Lempung Minas) dengan perbandingan 60:40, kemudian campuran tersebut distabilisasi dengan semen dengan persentase semen 4%, 6% dan 8% terhadap berat kering campuran.
- tanah gambut dicampur dengan dengan tanah non organik dengan perbandingan 70:30, 60:40 dan 50:50.

Adapun pengujian yang dilakukan pada pengujian utama ini meliputi pemadatan standar proctor, uji tekan bebas dan uji CBR lab. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi masa perawatan (*curing*) 3 hari dan 7 hari dan kondisi direndam (*soaked*) selama 4 hari dengan tidak direndam (*unsoaked*). Untuk lebih jelasnya jalannya penelitian di sajikan pada Gambar berikut ini.

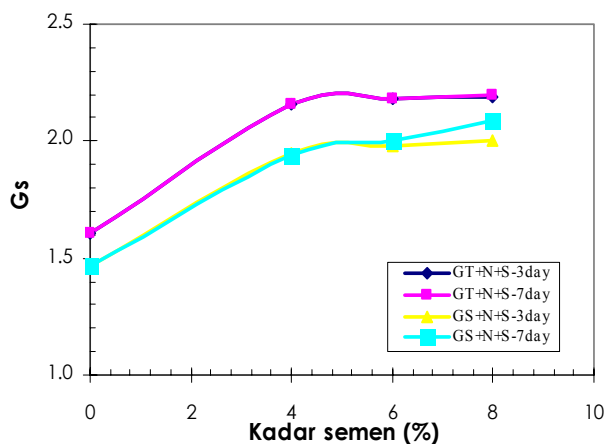
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Indeks properties campuran

Penambahan semen, tanah organik, tanah organik dan semen akan mengisi pori-pori yang tanah gambut, dengan terisinya pori-pori tanah gambut maka air yang ada dalam tanah gambut akan keluar. Dengan terisinya pori-pori tanah gambut oleh bahan stabilisasi maka akan menyebabkan berat jenis campuran meningkat dan kadar air menurun seiring dengan bertambahnya jumlah bahan stabilisasi (Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3).



Gambar 1. Hubungan Berat Jenis dan Penambahan Kadar Semen pada Tanah Gambut



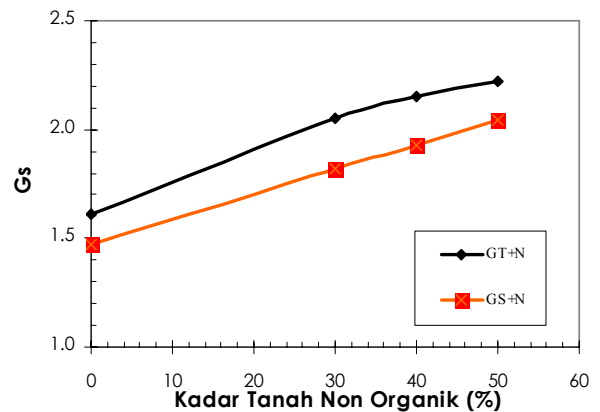
Gambar 2. Hubungan Berat Jenis dan Penambahan Kadar Kapur pada Tanah Gambut + Tanah non Organik

Gambar 4 sampai dengan Gambar 6 menunjukkan penurunan batas cair seiring dengan penambahan bahan stabilisasi. Penurunan batas cair ini disebabkan mikropori pada tanah gambut ditutupi oleh semen dan tanah non organik sehingga mikro pori pada tanah gambut tidak dapat menyerap air. Penurunan batas plastis pada Gambar 7 sampai Gambar 9 dapat disebabkan karena tanah organik mempunyai batas plastis yang rendah, sehingga akan mempengaruhi sifat dari campuran tanah dengan tanah non organik. Akibat penurunan batas cair dan batas plastis pada tanah gambut maka akan menyebabkan kenaikan indeks plastisitas (Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12). Dengan meningkatnya indeks plastisitas pada tanah gambut akan menyebabkan lekatan antara tanah gambut semakin meningkat.

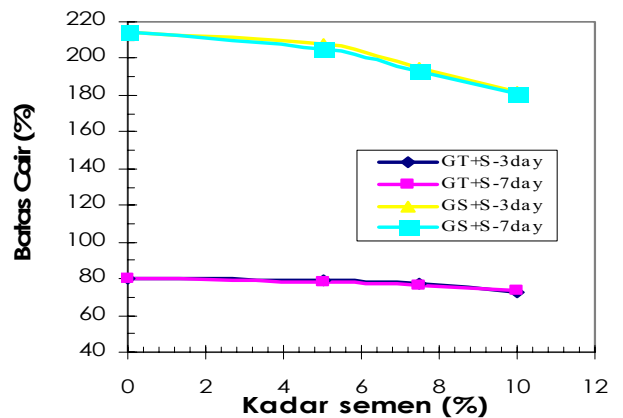
2. Pemadatan standar proctor

Gambar 13 memperlihatkan kenaikan kepadatan kering maksimum seiring dengan penambahan bahan stabilisasi. Kenaikan berat volume kering maksimum ini disebabkan terjadinya peningkatan berat jenis campuran. Penambahan bahan stabilisasi juga akan menyebabkan mikropori yang ada pada tanah gambut akan ditutupi oleh bahan stabilisasi, demikian pula dengan makropori tanah gambut. Bahan stabilisasi akan mendesak air keluar dari pori sehingga rongga pada tanah gambut yang berisi air akan diganti oleh bahan stabilisasi.

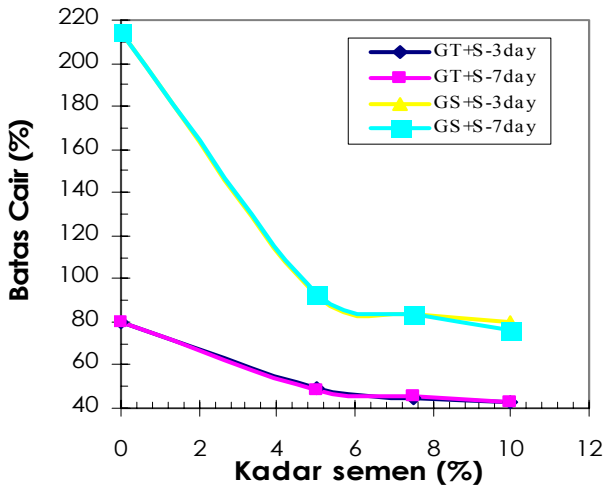
Turunnya kadar air akibat penambahan bahan stabilisasi disebabkan tertutupnya mikropori pada tanah gambut oleh bahan stabilisasi sehingga air tidak dapat masuk dalam pori-pori tanah gambut. Selain itu proses hidrasi semen juga membutuhkan air yang akan diserap semen untuk membantu proses hidrasi yang akan terjadi.



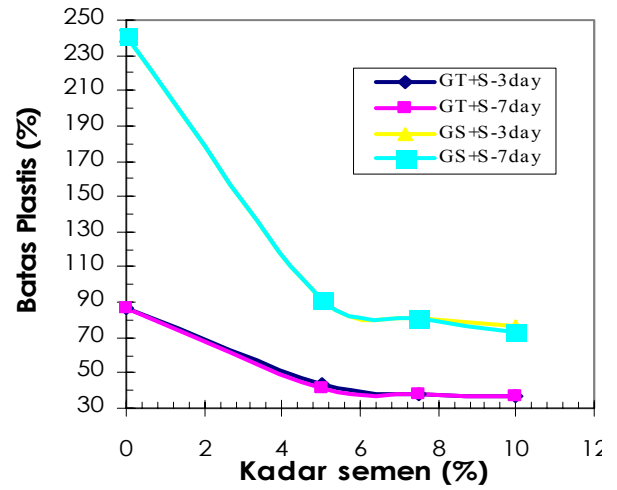
Gambar 3. Hubungan Berat Jenis dan Penambahan Tanah Non Organik pada Tanah Gambut



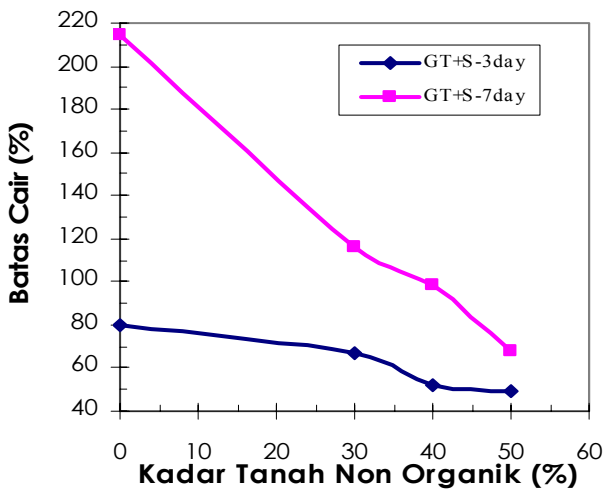
Gambar 4. Hubungan Batas Cair dan Penambahan Kadar Semen pada Tanah Gambut



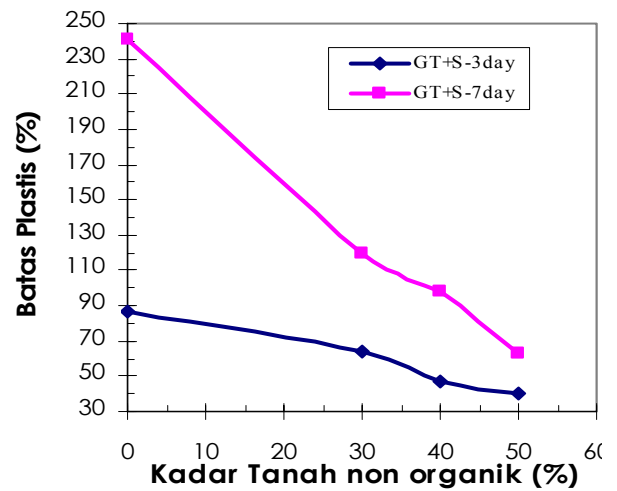
Gambar 5. Hubungan Batas Cair dan Penambahan Kadar Kapur pada Tanah Gambut + Tanah non Organik



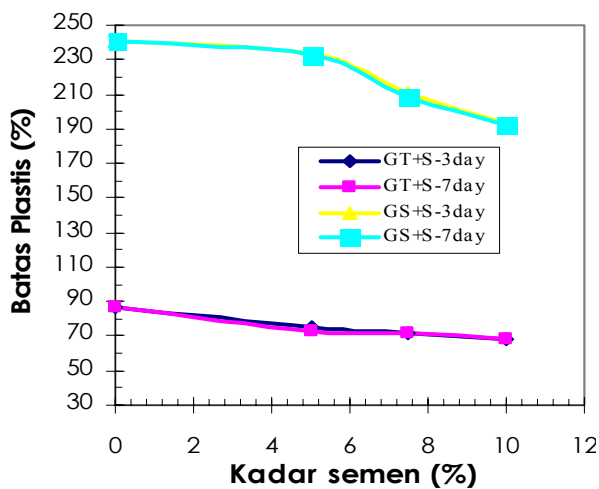
Gambar 8. Hubungan Batas Plastis dan Penambahan Kadar Kapur pada Tanah Gambut + Tanah non Organik



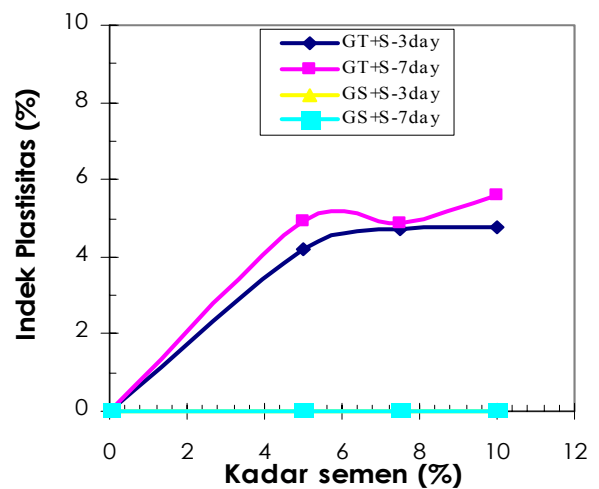
Gambar 6. Hubungan Batas Cair dan Penambahan Tanah Non Organik pada Tanah Gambut



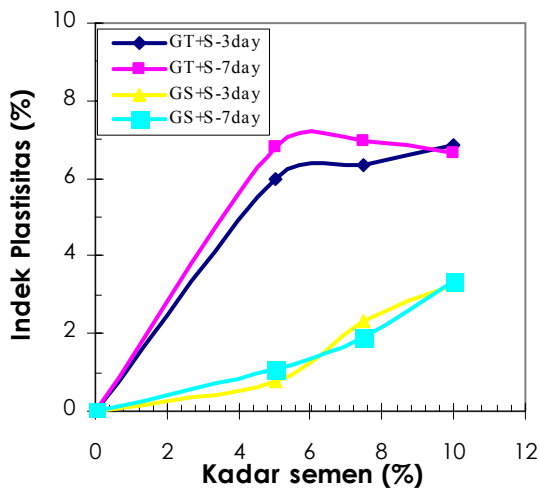
Gambar 9. Hubungan Batas Plastis dan Penambahan Tanah Non Organik pada Tanah Gambut



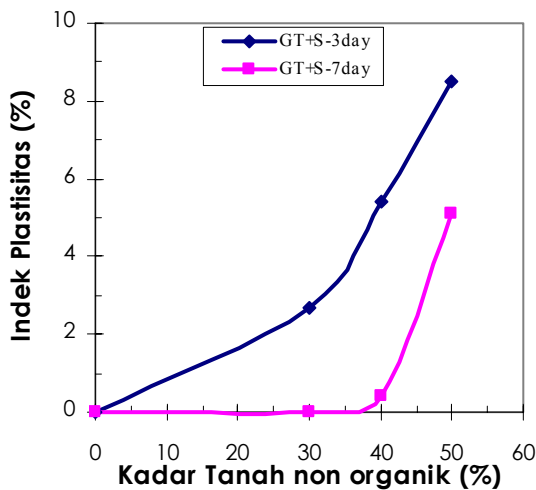
Gambar 7. Hubungan Batas Plastis dan Penambahan Kadar Semen pada Tanah Gambut



Gambar 10. Hubungan Indeks Plastisitas dan Penambahan Semen pada Tanah Gambut Tembilahan



Gambar 11. Hubungan Indeks Plastisitas dan Penambahan Semen pada Tanah Gambut Sungai Pakning



Gambar 12. Hubungan Indeks Plastisitas dan Penambahan Tanah Non Organik pada Tanah Gambut

3. Nilai CBR

Besarnya kapasitas dukung tanah dipengaruhi oleh kualitas bahan, lekatan antar butiran dan kepadatan. Ikatan antar butiran merupakan kemampuan saling mengunci (interlock) antar butiran dan adanya lekatan antar permukaan butiran tersebut. Semakin kuat ikatan antar butiran akan menghasilkan nilai CBR yang tinggi begitu pula sebaliknya.

Seiring penambahan bahan stabilisasi mengakibatkan kenaikan nilai CBR, hal ini disebabkan dengan adanya akan menyebabkan terjadi ikatan antara partikel tanah gambut sehingga rongga udara yang ada direduksi oleh semen. Masa perawatan 7 hari menghasilkan nilai CBR yang lebih tinggi dibandingkan 3 hari, hal ini disebabkan pada masa perawatan 3 hari proses hidrasi masih berlangsung sehingga belum menghasilkan ikatan yang kuat diantara butir-butir tanah. Dengan bertambahnya masa perawatan maka ikatan antar butiran akan menjadi lebih baik.

4. Nilai kuat tekan bebas

Akibat penambahan semen menyebabkan terjadinya kenaikan pada nilai kuat tekan bebas. Hal ini disebabkan dengan adanya semen akan menyebabkan terjadinya rekatan antar partikel; tanah gambut akibat proses hidrasi yang terjadi. Nilai kuat

tekan pemeraman 3 hari lebih kecil dari pemeraman 7 hari, hal ini disebabkan pada pemeraman 3 hari proses hidrasi yang terjadi belum sempurna sehingga kekuatan yang dicapai tidak sebesar pada masa pemeraman 7 hari. Dengan bertambahnya masa pemeraman, maka kekerasan bertambah sehingga kekuatan yang dihasilkan akan semakin membesar.

Hasil penelitian mendapatkan nilai kuat tekan terbesar pada campuran antara tanah non organik dengan semen, hal ini disebabkan dengan adanya tanah non organik maka keasaman tanah gambut akan dapat diturunkan sehingga akan membantu proses reaksi antara tanah gambut dengan semen. Dengan demikian ikatan antar partikel tanah akan semakin baik sehingga menghasilkan kekuatan yang besar.

5. Nilai potensi pengembangan (swelling)

Secara umum hasil uji swelling yang dilakukan pada benda uji yang direndam menunjukkan penurunan untyuk semua jenis campuran. Dengan penambahan bahan stabilisasi maka rongga yang ada pada butiran tanah gambut akan tertutup oleh bahan stabilisasi, sehingga rongga-rongga butiran menjadi lebih padat, rapat, kompak dan sulit dilalui oleh air.

6. Analisis tebal perkerasan

Seiring dengan penambahan bahan stabilisasi dapat mempertipis lapis perkerasan (*subbase*). Pada campuran tanah gambut dengan tanah non organik dengan perbandingan 60:40, selanjutnya campuran tersebut distabilisasi dengan semen 8% akan menghasilkan tebal subbase yang paling tipis yaitu 15 cm untuk tanah gambut dari Tembilahan dan 17,5 cm untuk tanah gambut dari Sungai Pakning dengan umur perencanaan perkerasan selama 5 tahun. Untuk umur rencana 10 tahun akan menghasilkan tebal subbase 18,5 cm untuk ganbut Tembilahan dan 22 cm untuk gambut Sungai Pakning. Semakin banyak jumlah bahan stabilisasi yang ditambahkan akan menyebabkan tebal lapis perkerasan (*subbase*) semakin tipis.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Seiring penambahan bahan stabilisasi (semen dan tanah non organik) menyebabkan kenaikan pada berat jenis campuran, batas-batas Atterberg, CBR, Kuat Tekan Bebas.

Penambahan tanah non organik dan semen menyebabkan kadar air optimum turun sedangkan berat kering maksimum naik. lama perawatan akan mempengaruhi nilai CBR dan Kuat Tekan Bebas tanah stabilisasi. Semakin lama perawatan maka kekuatan tanah akan semakin meningkat penambahan bahan stabilisasi dapat menurunkan potensi pengembangan. Penambahan tanah non organik dan semen menghasilkan nilai potensi pengembangan terkecil.

Penambahan tanah non organik dengan semen pada tanah gambut tembilahan dapat mempertipis subbase. Tebal subbase sebelum dilakukan stabilisasi pada tanah gambut Tembilahan adalah 30 cm dan 45 cm pada tanah gambut Sungai Pakning.

Akibat penambahan tanah non organik dengan semen 10% menyebabkan tebal lapisan subbase 15 cm pada tanah gambut Tembilahan dan 17,5 cm pada tanah gambut Sungai Pakning.

Secara keseluruhan dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan tanah non organik semen dapat merubah sifat-sifat fisik dan mekanik pada tanah gambut. Hal ini terlihat dengan naiknya nilai CBR dan kuat tekan bebas, sehingga kapasitas dukung tanah akan meningkat. Meningkatnya kapasitas dukung tanah dapat mempertipis lapis perkerasan (*subbase*). Semakin tipis lapis perkerasan maka biaya konstruksi akan semakin ekonomis.

Rekomendasi

1. diharapkan dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan bahan stabilisasi lain agar dapat diperoleh nilai CBT dan kuat tekan bebas yang tinggi. Hendaknya bahan yang digunakan banyak terdapat di daerah sekitar (bahan lokal).
2. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi waktu yang lebih lama, dan kadar semen yang lebih tinggi dan variatif.
3. Penelitian lanjutan masih dapat dilakukan untuk tanah gambut yang mempunyai ketebalan yang dalam dengan kombinasi perbaikan secara fisik dan kimiawi.
4. Besarnya penurunan yang terjadi dan permeabilitas tanah hasil stabilisasi perlu diteliti lebih lanjut.
5. Perlu mereduksi kadar air yang tinggi sebelum dilakukan stabilisasi dengan pra stabilisasi menggunakan kapur, *gypsum* dan bahan lain yang ada disekitar lokasi.
6. Perlu diperhatikan pada tahap pemadatan karena alat pemadat akan memantul pada saat dipadatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1992). *Annual Book of ASTM Standard*, Section 4, Volume 04.08, Philadelphia, USA.
- Anonim. (1982). "Testing of Peat and Organic Soils", *ASTM Special Technical Publication 820*, Toronto, Canada.
- Amaryan. (1993). *Soft Soil Properties and Testing Method*, A.A. Balkema Publishing, Brookfield, USA.
- Bowles, J.E. (1984). *Physical and Geotechnical Properties Soil*. Second Edition, Mc Graw-Hill Book Company, USA
- Bell, F.G. (1992). *Engineering Properties of Soils and Rocks*. Third Edition, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Daud, S., Rahardian, H. (1997). "Fondasi Jalan di Atas Tanah Gambut." *National Seminar on Technology of Road and Bridges on Soft Soil, Proceeding Vol. 1*, Bandung.
- Head, K.H. (1986). *Manual of Soil Laboratory Testing*, Vol. I, II, and III, Penetch Press Ltd., London.
- Jack, O.R., Susan, E.P., and Setiadi, B. (1988). "Distribution Peat in Indonesia", *Soils Bulletin No.59*, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Kezdi, K. (1979). *Stabilization Earth Road*. Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- Mandal, J.N., and Divshikar, D.G. (1999). *Soil Testing in Civil Engineering*. Oxford & IBH Publishing Co. PVT.Ltd, New Delhi.