

PENGAJIAN STABILISASI TANAH LUNAK DAN GAMBUT DENGAN MENGGUNAKAN CAIRAN E-POROUS

Diah Affandi *)

Abstract

Soil stabilization has been used for an extensive period. Various soil properties can be improved or altered by soil stabilization. There are several techniques available by which soil properties like strength, workability, permeability and volume changes can be improved or altered.

This paper examines the various techniques for soil stabilization with E-porous liquid. This test will be compared to improvement of technical parameters and physics (compressive strength, permeability and specific gravity) resulted by the mixture between soft and peat soil with fluid E porous at a percentage of 200 ml, 300 ml, 400 ml and 500 ml.

Keywords: *Soil Stabilization, soft soil and peat*

PENDAHULUAN

1 Latar Belakang

Tanah lunak maupun gambut mempunyai karakteristik yang sangat tidak menguntungkan bagi suatu alas fondasi bangunan prasarana ke-PU-an karena memiliki daya dukung yang rendah dan sifat kompresibilitas yang tinggi. Untuk memperbaiki kriteria tersebut diperlukan suatu perbaikan dengan cara stabilisasi. Stabilisasi adalah suatu usaha perbaikan sifat-sifat tanah agar memenuhi spesifikasi teknis yang diharapkan. Stabilisasi yang didesain dengan benar, dapat memberikan keuntungan secara ekonomis dan lingkungan dalam aplikasinya.

Pada penelitian ini stabilisasi dicoba dengan menggunakan bahan cairan kimia (E-Porous) dengan komposisi cairan kimia yang bervariasi.

2 Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian ini adalah melakukan pengkajian stabilisasi untuk mengetahui

peningkatan parameter tanah lunak dan tanah gambut dari hasil stabilisasi dengan menggunakan cairan e-porous.

Tujuannya adalah memberikan alternatif bahan campuran hasil stabilisasi yang efisien dan optimal.

3 Ruang Lingkup

Lingkup pembahasan meliputi :

- 1) Pengumpulan data dan informasi dari referensi.
- 2) Pengambilan contoh gambut dan tanah lunak.
- 3) Pengujian karakteristik contoh gambut dan tanah lunak.
- 4) Pengujian sifat mineralogi dan kimia tanah lunak, gambut dan cairan e-porous.
- 5) Penentuan persentasi semen dan zat cairan e-porous.
- 6) Pengujian laboratorium terhadap tanah lunak dan gambut sebelum dan setelah distabilisasi.

*) Peneliti Muda Bidang Geoteknik, Puslitbang Sumber Daya Air, Bandung

4 Lokasi Pengambilan contoh tanah

- 1) Untuk tanah gambut, dari daerah kampung Sidareja Desa Sukamulya, Kecamatan Purwodadi, Kabupaten Banjar, yang berjarak dari kota Banjar ± 10 km ke arah Kecamatan Ciawitali.
- 2) Untuk tanah lunak, dari daerah Sidareja ± 30 km dari Banjar Pataruman ke arah Cilacap.

STUDI PUSTAKA

1 Teknik Stabilisasi

Secara garis besar teknik stabilisasi dilakukan dengan cara pemadatan, mekanik dan penambahan bahan stabilisasi (misal semen, kapur, bitumen atau bahan kimia lainnya). (Siegfried, 2002, “*Penelitian Perilaku Teknis Campuran Semen Tanah Akibat Pembebanan Dinamik Lalu Lintas*”, Laporan Akhir Puslitbang Prasarana Transportasi.) [6]

Pada dasarnya stabilisasi dilakukan untuk :

- 1) Meningkatkan pengikatan (*bonding*) masing-masing partikel tanah.
- 2) Menjadikan tanah kedap air.
- 3) Kombinasi pengikatan antar partikel tanah dan proses kekedapan air.

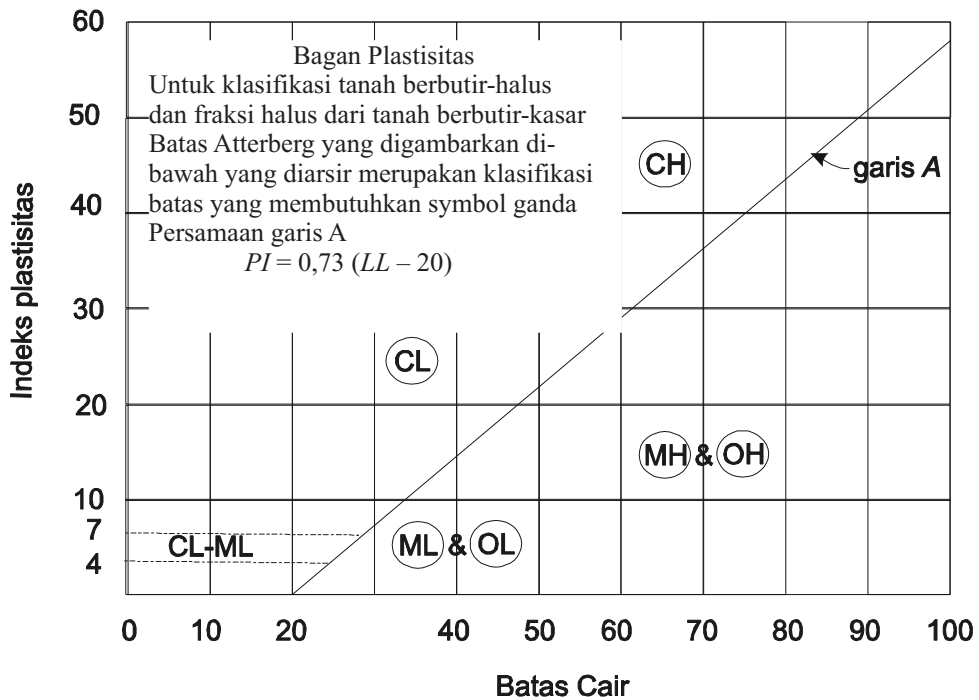
2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah yang diikuti adalah sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dan Sistem Klasifikasi Unifield (Liu, 1967, “*Perbandingan antara Sistem AASHTO dan Unifield*”), [5] lihat Tabel 1 dan Gambar 1.

Kebutuhan semen untuk tanah lempung dan lanauan lebih tinggi daripada untuk tanah kerikilan dan pasir. Pada umumnya campuran yang bergradasi bagus (*well graded*) membutuhkan semen sekitar 5 % dari berat. Untuk tanah bergradasi jelek dibutuhkan semen 7 % dari berat, untuk tanah lempung plastis 13 % semen dari berat, lihat Tabel 2, [6]

Tabel 1 Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

Klasifikasi umum	Material granular (<=35% lolos ayakan No. 200)							Material lempung pasir (>35% lolos ayakan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Group	A-1-a	A-2-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Analisis saringan (persentasi lewat) No. 10 No. 40 No. 200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Min 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Karakteristik friksi lewat saringan No. 40 Batas cair Indeks Plastis	-		-	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 10	Min 41 Min 11
Bentuk-bentuk umum utama dari material pembentuk	Batu pecah, kerikil dan pasir	Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah-tanah lanauan		Tanah-tanah lempungan		
Tingkat penggunaan untuk tanah dasar	Sangat bagus sampai bagus							Cukup sampai jelek			



Gambar 1 Plasticity chart untuk klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*)

Tabel 2 Kebutuhan semen untuk tanah menurut klasifikasi AASHTO

Klasifikasi tanah menurut AASHTO	Kisaran kadar semen		Perkiraan kadar semen untuk percobaan kepadatan-kadar air (%berat)	Perkiraan kadar semen untuk percobaan <i>wet dry and freeze-thaw</i> (% berat)
	% vol	% berat		
A-1.a	5 – 7	3 – 8	5	3 – 4 – 5 – 7
A-1.b	7 – 9	5 – 8	6	4 – 6 – 8
A-2	7 – 10	5 – 9	7	5 – 7 – 9
A-3	8 – 12	7 – 11	9	7 – 9 – 11
A-4	8 – 12	7 – 12	10	8 – 10 – 12
A-5	8 – 12	8 – 13	10	8 – 10 – 12
A-6	10 – 14	9 – 15	12	10 – 12 – 14
A-7	10 – 14	10 – 13	13	11 – 13 – 15

METODOLOGI PENGKAJIAN

1 Hipotesis Pengkajian

Metode pengkajian ini adalah membandingkan parameter tanah lunak dan gambut sebelum dan sesudah distabilisasi. Disamping itu, diharapkan adanya perubahan terhadap parameter tanah lunak dan gambut dari hasil stabilisasi dengan cairan E-Porous.

2 Rancangan Pengkajian

Rancangan pengkajian meliputi :

- 1) Pengujian sifat-sifat dasar tanah
- 2) Pengujian sifat kimia tanah
- 3) Penentuan persentase semen dan cairan e-porous
- 4) Persiapan contoh uji
- 5) Pengujian laboratorium
- 6) Penentuan persentasi semen

HASIL DAN ANALISIS

1 Pengujian Dasar Tanah Lunak dan Gambut

Berdasarkan hasil pengujian kadar air, berat jenis dan batas-batas Atterberg di laboratorium didapat nilai parameter fisik tanah lunak dan gambut seperti tertera pada Tabel 3.

Dengan nilai plastisitas indeks (PI) 61,48 % dan batas cair (LL) 111,95 %, pada kurva plastisitas USCS (Gambar 1) ditunjukkan bahwa tanah tersebut mempunyai plastisitas tinggi.

2 Pengujian Komponen Kimia dan Mineral Tanah Lunak, Tanah Gambut dan Cairan E-Porous

Untuk mengetahui sifat-sifat kimia tanah lunak, tanah gambut dan cairan kimia maka dilakukan uji kimia, yang berupa pengujian mineralogi, dan unsur-unsur pembentuk. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Balai Besar Keramik, Bandung. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4, 5, 6, 7 dan 8.

- 1) Tanah lunak : kandungan kimianya yang terbanyak adalah : silika (SiO_2) sebesar 52,42 % dan yang paling sedikit adalah Na_2O sebesar 0,61 % (Tabel 4). Komponen mineralnya yang dominan adalah *Halloysite* sebesar 59,93 % dan yang terkecil yaitu *Hematite* sebesar 2,40 % (Tabel 5).
- 2) Tanah gambut : kandungan kimianya yang terbanyak adalah Silika (SiO_2) sebanyak 3,98 % dan yang paling sedikit adalah K_2O (0,06 %). (Tabel 6 dan 7).
- 3) Cairan e-porous : kandungan kimianya yang terbanyak adalah Kalsium (CaO) sebesar 7,20 % dan yang paling sedikit adalah SiO_2 sebesar 0,06 %. (Tabel 8 dan 9).

3 Pengujian Parameter Sifat Fisik dan Teknis Hasil Stabilisasi

Hasil pengujian sifat fisik (berat isi dan berat jenis) maupun sifat teknis (kuat tekan dan permeabilitas) tanah lunak dan tanah gambut disajikan (pada Tabel 10).

1) Parameter sifat fisik dan teknis tanah lunak hasil stabilisasi

Penelitian dilakukan dengan campuran semen sebanyak 12 % dari berat total, dan variasi campuran cairan e-porous ditetapkan 200 ml, 300 ml, 400 ml dan 500 ml, lihat Tabel 11, Gambar 2 sampai 8.

2) Parameter sifat fisik dan teknis tanah gambut hasil stabilisasi

Perbandingan persentasi campuran antara berat semen dan cairan E-Porous pada tanah gambut sama dengan tanah lunak, dengan komposisi gambut 70 % dari berat total dan 30 % dari tanah lanau. Lihat Tabel 12, Gambar 9 sampai dengan 14.

Tabel 3 Nilai parameter fisik tanah lunak dan gambut

Parameter	Tanah Lunak	Gambut
Kadar Air (%)	108,380	719,490
Berat Jenis (%)	2,65	0,84
Pasir (%)	2,220	-
Lanau (%)	39,490	-
Lunak (%)	58,290	-
PI (%)	61,48	270,43
LL (%)	111,95	655,51
LI (%)	50,47	385,080

Tabel 4 Komponen kimia tanah lunak

No	Komponen Kimia	Kadar (%)
1	SiO ₂	52,42
2	AL ₂ O ₃	23,06
3	Fe ₂ O ₃	2,81
4	TiO ₂	1,03
5	CaO	2,39
6	MgO	2,09
7	Na ₂ O	0,61
8	K ₂ O	0,65
9	Hilang Pijar	14,94

Tabel 5 Komponen mineral tanah lunak

No	Komponen Mineral	Kadar (%)
1	<i>Halloysite</i>	59,93
2	<i>Montmorillonite</i>	20,33
3	<i>Hematite</i>	2,40
4	<i>Feldspar</i>	9,83
5	<i>Alpha Quartz</i>	7,51
6	<i>Cristobalite</i>	

Tabel 6 Senyawa kimia gambut

No	Senyawa Kimia	Kadar (%)
1	SiO ₂	3,98
2	AL ₂ O ₃	0,04
3	Fe ₂ O ₃	1,15
4	TiO ₂	0,08
5	CaO	0,74
6	MgO	2,13
7	Na ₂ O	0,29
8	K ₂ O	0,06
9	Hilang Pijar	91,53

Tabel 7 Komponen mineral tanah gambut

No	Komponen Mineral	Kadar (%)
1	Amorf	-

Tabel 8 Senyawa kimia cairan E-Porous

No	Senyawa Kimia	Kadar (%)
1	SiO ₂	0,06
2	AL ₂ O ₃	0,11
3	Fe ₂ O ₃	1,26
4	TiO ₂	3,06
5	CaO	7,20
6	MgO	4,90
7	Na ₂ O	0,19
8	K ₂ O	0,55
9	Hilang Pijar	82,55

Tabel 9 Komponen mineral tanah campuran E-Porous

No	Komponen Mineral	Kadar (%)
1	Amorf	-

Tabel 10 Parameter sifat fisik dan teknis hasil stabilisasi

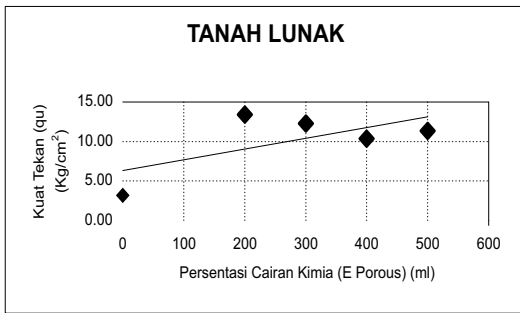
Jenis Tanah	% Cairan	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Permeabilitas (cm/det)	Berat Jenis	Emerson Crumb Test
Tanah Lunak (sebelum distabilisasi)	-	3,186	9,67 x 10 ⁻⁸	2,65	
Tanah Lunak (dengan campuran semen 12%)	200 ml	13,27	8,82 x 10 ⁻⁹	2,67	Retak,keruh
	300 ml	12,284	3,37 x 10 ⁻⁵	2,63	Idem
	400 ml	10,350	1,27 x 10 ⁻⁸	2,68	Utuh,
	500 ml	11,328	6,76 x 10 ⁻⁷	2,677	Utuh,keruh
Gambut (dengan campuran semen 12%)	200 ml	0,9 47	4,02 x 10 ⁻⁵	2,1435	Utuh,
	300 ml	0,775	2,06 x 10 ⁻⁶	2,0957	Utuh
	400 ml	1,102	1,42 x 10 ⁻⁶	2,1410	Utuh
	500 ml	0,960	3,71 x 10 ⁻⁷	2,1443	Utuh
Tanah lunak (tanpa campuran semen)	200 ml	4,841	1,25 x 10 ⁻⁸	2,6358	Utuh,retak
	400 ml	6,372	1,70 x 10 ⁻⁸	2,273	Utuh,retak
Gambut (tanpa campuran semen)	200 ml	0,786	6,11 x 10 ⁻⁷		Utuh
	400 ml	0,377	2,06 x 10 ⁻⁷		Utuh

Tabel 11 Nilai kuat tekan terhadap persentasi cairan (untuk tanah lunak)

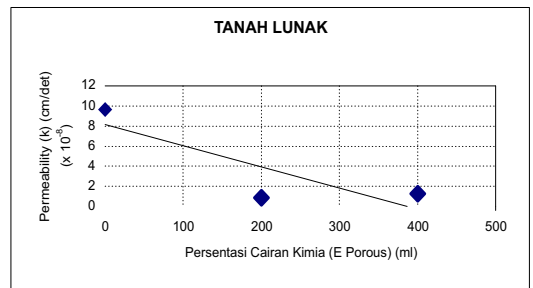
Persentasi cairan kimia (E-Porous) (%)	q _u (kg/cm ²)	Berat isi (t/m ³)	Permeabilitas (cm/det)
200	13,427	1,735	8,82 X 10 ⁻⁹
300	12,284	1,741	
400	10,35	1,729	1,27 X 10 ⁻⁸
500	11,328	1,754	

Tabel 12 Nilai kuat tekan terhadap persentasi cairan untuk tanah gambut

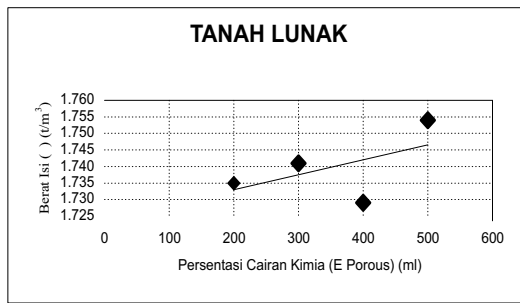
Persentasi cairan kimia (E- Porous) (%)	Kuat Tekan (q _u) (kg/cm ²)	Berat Isi (t/m ³)	PERMEABILITY (k) (cm/det)
200	0,947	1,323	4,02 X 10 ⁻⁵
300	0,775	1,241	2,06 X 10 ⁻⁶
400	1,102	1,278	
500	0,96	1,266	3,71 X 10 ⁻⁷



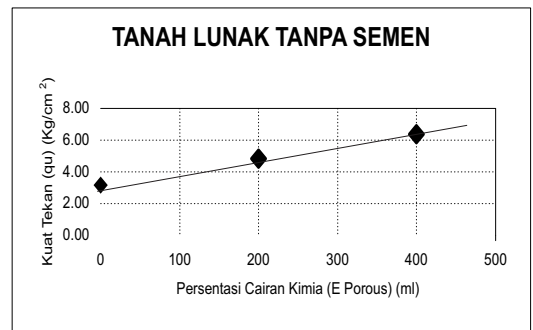
Gambar 2 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan kuat tekan tanah lunak



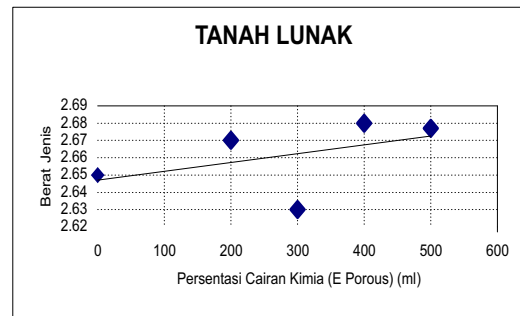
Gambar 5 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan koefisien permeabilitas tanah lunak



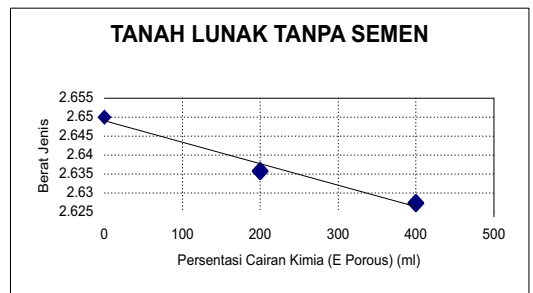
Gambar 3 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan berat isi tanah lunak



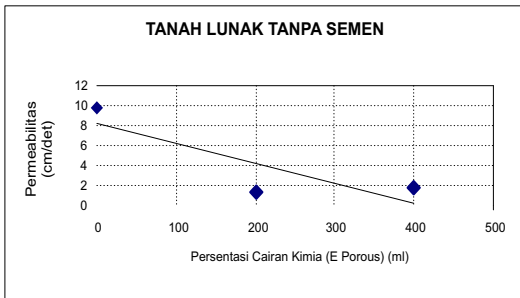
Gambar 6 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan kuat tekan tanah lunak tanpa semen



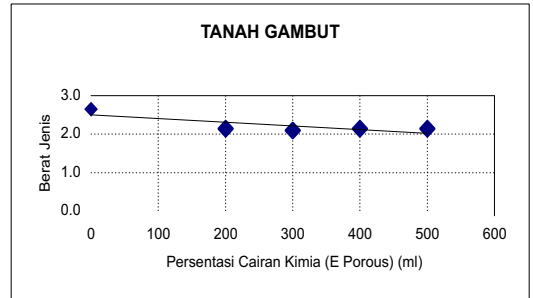
Gambar 4 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan berat jenis tanah lunak



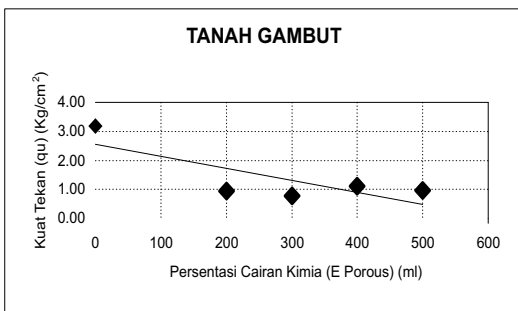
Gambar 7 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan berat jenis tanah lunak tanpa semen



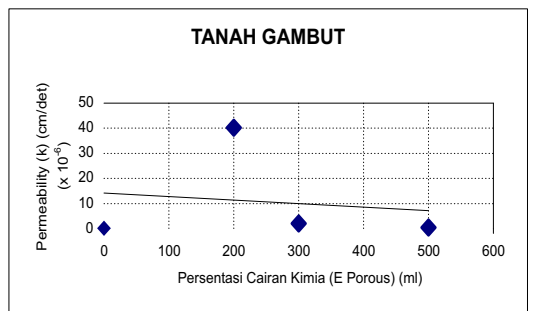
Gambar 8 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan permeabilitas tanah lunak tanpa semen



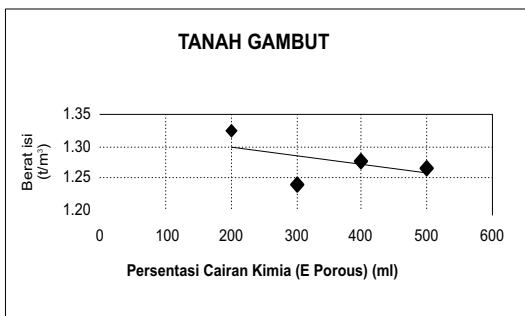
Gambar 11 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan berat jenis tanah gambut



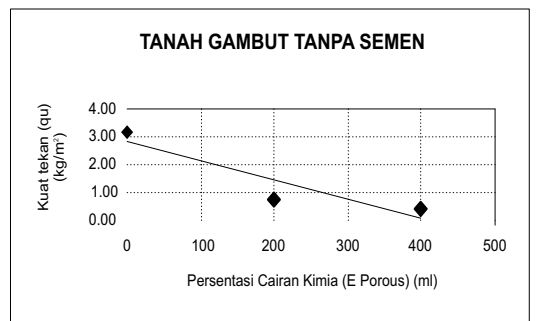
Gambar 9 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan kuat tekan tanah gambut



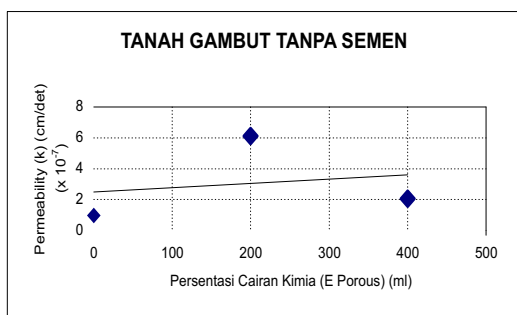
Gambar 12 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan permeabilitas tanah gambut



Gambar 10 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan berat isi tanah gambut



Gambar 13 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan kuat tekan tanah gambut tanpa semen



Gambar 14 Kurva hubungan antara persentasi cairan E-Porous dengan permeabilitas tanah gambut tanpa semen

PEMBAHASAN

1 Campuran Tanah Lunak dengan Semen 12 % dan Cairan E-Porous

Berdasarkan hasil uji di laboratorium, pada tanah lunak terjadi perubahan kuat tekan yang besar setelah dicampur dengan cairan E-Porous 200 ml dari kuat tekan $3,186 \text{ kg/cm}^2$ (tanpa cairan) menjadi $13,427 \text{ kg/cm}^2$ (lihat Tabel 12).

Selain itu, nilai permeabilitas tanpa campuran cairan E-Porous sebesar $9,67 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$, setelah distabilisasi dengan cairan E-Porous sebanyak 200 ml, menjadi turun $8,82 \times 10^{-9} \text{ cm/sec}$. (Gambar 5)

Berarti, penambahan volume cairan e-porous tidak berbanding lurus dengan penurunan nilai permeabilitasnya. Sedangkan berat jenisnya naik sedikit dari 2,65 menjadi 2,67 setelah distabilisasi dengan cairan E-Porous 200 ml. Namun perubahan berat jenis tidak signifikan dengan bertambahnya volume cairan E-Porous.

2 Campuran Tanah Gambut dengan Semen 12 % dan Cairan E-Porous

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, pengaruh campuran cairan E-Porous menunjukkan penurunan kuat tekan, berat isi dan berat jenis tanah gambut (lihat Gambar 9, 10 dan 11). Selain itu, setelah penambahan campuran cairan E-Porous (200 %) mengakibatkan semakin menurunnya nilai permeabilitas tanah gambut (Gambar 12).

3 Tanah Lunak dengan Cairan E-Porous Tanpa Campuran Semen

Dari hasil pengujian, diperoleh kuat tekan dengan campuran cairan kimia 200 ml sebesar $4,841 \text{ kg/cm}^2$, dan pada campuran 400 ml sebesar $6,372 \text{ kg/cm}^2$ (Gambar 6). Berdasarkan hasil pengujian Emerson Crumb Test pada variasi campuran kimia 200 ml dan 400 ml, secara visual menunjukkan terjadinya reaksi ringan dan kekeruhan dari permukaan tanah. Contoh terlihat utuh tetapi ada retak-retak dan apabila diangkat dari dalam contoh akan hancur.

4 Tanah Gambut dengan Cairan E-Porous Tanpa Semen

Berdasarkan hasil pengujian dengan cairan e-porous 200 ml didapat nilai kuat tekan $0,947 \text{ kg/cm}^2$ dan dengan campuran 400 ml sebesar $1,102 \text{ kg/cm}^2$. Berdasarkan hasil pengujian Emerson Crumb Test pada variasi campuran kimia 200 ml dan 400 ml menunjukkan, bahwa tidak terjadi reaksi maupun kekeruhan, contoh utuh tidak terjadi retak dan dalam jangka 10 menit (waktu pengujian) contoh masih bisa diangkat.

KESIMPULAN

- 1) Pada tanah lunak ada indikasi kenaikan kuat tekan signifikan, walaupun tidak menunjukkan bahwa semakin banyak volume cairan stabilisasi semakin meningkat kuat tekannya. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa campuran yang efektif adalah pada kondisi penambahan cairan antara 100 ml sampai dengan 200 ml. Berdasarkan hasil pengujian Emerson Crumb Test pada variasi campuran kimia 200 ml, 300 ml maupun 500 ml, menunjukkan terjadinya reaksi ringan dan kekeruhan permukaan tanah. Contoh yang tampak utuh tetapi ada retak-retak, dan apabila diangkat dari dalam air akan hancur.

2) Pengaruh campuran pada tanah gambut menimbulkan kenaikan kekuatan dari $0,947 \text{ kg/cm}^2$ menjadi $0,960 \text{ kg/cm}^2$ dengan cairan 500 ml. Begitu juga untuk permeabilitas, terjadi peningkatan terhadap kedapannya dengan penambahan jumlah cairan e-porous untuk campuran 200 ml, nilai permeabilitas $4,02 \times 10^{-5} \text{ cm/det}$, menjadi $3,71 \times 10^{-7} \text{ cm/det}$ dengan campuran cairan kimia 500 ml. Pada umumnya hasil stabilisasi pada tanah gambut tidak menunjukkan kenaikan kuat tekan maupun berat jenisnya, tetapi nilai kedapannya cukup bagus. Berdasarkan hasil pengujian Emerson Crumb Test pada variasi campuran kimia 200 ml sampai 500 ml, menunjukkan tidak terjadinya reaksi maupun kekeruhan pada contoh utuh, tidak terjadi retak dalam jangka 10 menit (waktu pengujian) dan contoh masih bisa diangkat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kepala Balai Bangunan Hidraulik dan Geoteknik Keairan, Puslitbang Sumber Daya Air, yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan pengujian ini serta rekan-rekan kerja teknisi di laboratorium Balai Bangunan Hidraulik dan Geoteknik Keairan, Pusat Litbang Sumber Daya Air.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Anonymous, 1997, *Proceeding of National Seminar on Technology of Road and Bridge on Soft Soil*, Puslitbang Transportasi Bandung, January 7-8, 1997.
- 2 Anonymous, 2005, *Penyelidikan Geoteknik untuk Fondasi Bangunan Air, Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, Vol. I*, Departemen Pekerjaan Umum.
- 3 Anonymous, 2005, *Penyelidikan Geoteknik untuk Fondasi Bangunan Air, Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, Vol. II*, Departemen Pekerjaan Umum.
- 4 Siegfried, 2002, *Laporan Akhir Penelitian Perilaku Teknis Campuran Semen Tanah Akibat Pembebanan Dinamik Lalu Lintas*. Pus Trans.
- 5 SNI 03-6417-2000, *Spesifikasi Semen-Tanah untuk Bendungan Urugan*.
- 6 SNI 03-6458-2000, *Metode Pengujian Kuat Lentur Tanah Semen Menggunakan Balok Sederhana dengan Pembebanan Titik ke Tiga*.
- 7 SNI 19-6426-2000, *Metode Pengujian Pengukuran p_u Pasta Tanah Semen untuk Stabilisasi*.
- 8 SNI 03-6791-2002, *Metode Pengujian Kadar Semen pada Campuran Semen Tanah dengan Analisis Kimia*.
- 9 SNI 03-6798-2002, *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Kuat Tekan dan Lentur Tanah Semen di Laboratorium*.
- 10 SNI 03-6886-2002, *Metode Pengujian Hubungan Antara Kadar Air dan Kepadatan pada Campuran Tanah-Semen*.
- 11 SNI 03-6887-2002, *Metode Pengujian Kuat Tekan Bebas Campuran Tanah-Semen*.
- 12 Casagrande, A. 1948, "Classification and Identification of soil", *Transaction, ASCE*, Vol. 113,001-930
- 13 Hebib and Farrell, 2003, "Design Guide of Soft Soil Stabilization".
- 14 Liu, 1967, "Perbandingan antara Sistem AASHTO dan Unified".
- 15 Siegfried, 2002, "Penelitian Perilaku Teknis Campuran Semen Tanah Akibat Pembebanan Dinamik Lalu Lintas", *Laporan Akhir Puslitbang Prasarana Transportasi*.

Diterima 13 Mei 2008 ; disetujui 6 Pebruari 2009