

BAB III

PENGARUH STABILISASI DENGAN BAHAN KIMIA PADA ENGINEERING PROPERTIES TANAH LEMPUNG

3.1. Jenis-Jenis Pengujian untuk Menentukan Engineering Properties Tanah Lempung.

Engineering properties tanah lempung dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1. Physical Properties, yang berhubungan dengan karakteristik fisik tanah.
2. Strength Properties, yang berhubungan dengan daya dukung tanah.
3. Deformation Properties, yang berhubungan dengan pergerakan tanah.

Tiap bagian dilakukan beberapa jenis pengujian sesuai dengan standar yang dipakai yaitu dengan ASTM (American Standard for Testing Method) dan AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials Classification).

3.1.1. Jenis pengujian untuk menentukan physical properties.

3.1.1.1. Specific gravity.

Untuk mengetahui perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat volume air pada temperatur 4° C.

Pengujian dilakukan sesuai dengan ASTM No D-3668.

3.1.1.2. Penentuan batas Atterberg.

Penentuan batas Atterberg ditujukan pada tanah berbutir halus (lolos saringan no 40). Batas Atterberg terdiri dari batas cair (LL) dan batas plastis (PL). Batas cair adalah kadar air batas dimana suatu tanah berubah

dari keadaan plastis menjadi keadaan cair. Tujuan dari pemeriksaan batas cair adalah untuk menentukan nilai kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair.

Batas plastis adalah kadar air minimum dimana suatu tanah masih dalam keadaan plastis. Tujuan pemeriksaan batas plastis adalah untuk menentukan kadar air tanah pada keadaan plastis.

Penentuan batas cair dilakukan sesuai standar ASTM No D-423 dan AASHTO T-89. Sedang untuk batas plastis ASTM No D-424 dan AASHTO T-90.

3.1.2. Jenis pengujian untuk menentukan strength properties.

3.1.2.1. Unconfined Compression Test (UCS Test)

UCS Test dilakukan untuk menentukan kuat tekan bebas benda uji yang berbentuk silinder dengan menggunakan mesin kuat tekan bebas dengan kecepatan 1,14 cm/menit. Kuat tekan bebas adalah besarnya beban aksial per satuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan.

Pengujian UCS Test dilakukan sesuai ASTM D-1633.

3.1.2.2. CBR Test

Pengujian CBR Test dilakukan sesuai dengan ASTM D-1833.

3.1.2.3. Flexural Test

Flexural Test dilakukan untuk mengetahui kemampuan tarik tanah yang akan di stabilisasi. Pengujian Flexural Test dilakukan sesuai dengan ASTM D-1635.

3.1.3. Jenis pengujian untuk menentukan deformation properties.

3.1.3.1. Free Swelling Test

Free swelling test dilakukan untuk mengukur perubahan volume kernbang susut tanah yang terjadi sebelum dan sesudah dicampur dengan bahan kimia sesuai dengan properties yang ditentukan.

3.1.3.2. Standar Proctor Test.

Standar Proctor Test dilakukan untuk mencari hubungan antara kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum. Standar Proctor Test dilakukan sesuai dengan ASTM D-1557, ASTM D-689, dan AASHTO T-99.

3.2. Pengaruh Stabilisasi dengan Bahan Kimia pada Engineering Properties Tanah.

Stabilisasi tanah lempung dengan bahan kimia akan merubah engineering properties tanah. Dengan melakukan pengujian pada engineering properties tanah sebelum dan sesudah stabilisasi dengan bahan kimia dapat diamati besarnya perubahan yang terjadi pada tanah.

3.2.1. Pengaruh Stabilisasi dengan Bahan Kimia pada Physical Properties Tanah Lempung

3.2.1.1. Penentuan Batas Atterberg.

Untuk mempelajari pengaruh stabilisasi dengan bahan kimia pada nilai-nilai batas Atterberg maka dilakukan peninjauan pada beberapa percobaan antara lain:

1. Bahan Kimia Yang Digunakan Fly Ash dan Geosta.

Contoh tanah yang dipakai merupakan tanah lempung lunak yang berasal dari daerah Kasongan, Kabupaten Bantul, DI Yogyakarta.

Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.1

Variasi campuran yang dilakukan antara lain tanah lempung asli, tanah lempung asli + fly ash (13 %), tanah lempung asli + fly ash (13 %) + Geosta (1 %, 5 %, 7,5 %, 10 %, dan 15 % dari berat kering tanah lempung).

Variasi umur curing yang dilakukan adalah 0 hari (tanpa umur curing) dan 28 hari. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1.3 dan 1.4

Tabel 1.3 Pengaruh Fly Ash dan Geosta terhadap Batas Atterberg dengan Waktu Curing 0 hari

Batas Atterberg	Lempung Asli	% Geosta dengan kadar Fly ash 13 %					
		0	1	5	7.5	10	15
Batas cair (LL)	65	63	62	58	57	56	54
Batas Plastis (PL)	30	31	32	33	34	37	38
Indeks Plastisitas (PI)	35	32	30	25	23	19	16

Sumber: Media Teknik No 2 Tahun XVII edisi Agustus, Tri Utomo S.H., 1996

Tabel 1.4 Pengaruh Fly Ash dan Geosta terhadap Batas Atterberg dengan waktu curing 28 hari

Batas Atterberg	Lempung Asli	% Geosta dengan kadar Fly ash 13 %					
		0	1	5	7.5	10	15
Batas cair (LL)	65	62	62	61	52	54	51
Batas Plastis (PL)	30	32	38	39	35	38	39
Indeks Plastisitas (PI)	35	30	24	22	17	16	12

Sumber : Media Teknik No 2 Tahun XVII edisi Agustus, Tri Utomo S.H., 1996

Dari tabel diatas dapat dilihat terjadi penurunan batas cair sesuai dengan penambahan prosentase geosta. Penambahan prosentase geosta juga

mengakibatkan kenaikan batas plastis. Penurunan batas cair yang disertai dengan kenaikan batas plastis akan menurunkan indeks plastisitas. Hal ini terjadi akibat berkurangnya kohesi partikel.

Dengan penambahan fly ash dan geosta pada tanah lempung akan terjadi perpindahan ion Ca^{2+} dari fly ash dan geosta yang diabsorpsi oleh partikel tanah lempung. Akibatnya partikel tanah lempung menggumpal menjadi lebih besar dan membuat tanah menjadi lebih kemasir yang berarti kohesi partikel menurun. Dengan berkurangnya kohesi partikel maka pada pengujian batas cair untuk menutup alur dengan pukulan 25 kali diperlukan kadar air yang lebih sedikit sehingga batas cair menurun.

Disamping itu dalam pengujian batas plastis dimana untuk membentuk partikel tanah menjadi batangan yang diameter 3 mm diperlukan kadar air yang lebih banyak sehingga akan menaikkan batas plastis. Prosentase geosta yang dianjurkan antara 5 % sampai 10 % dari berat kering tanah lempung.

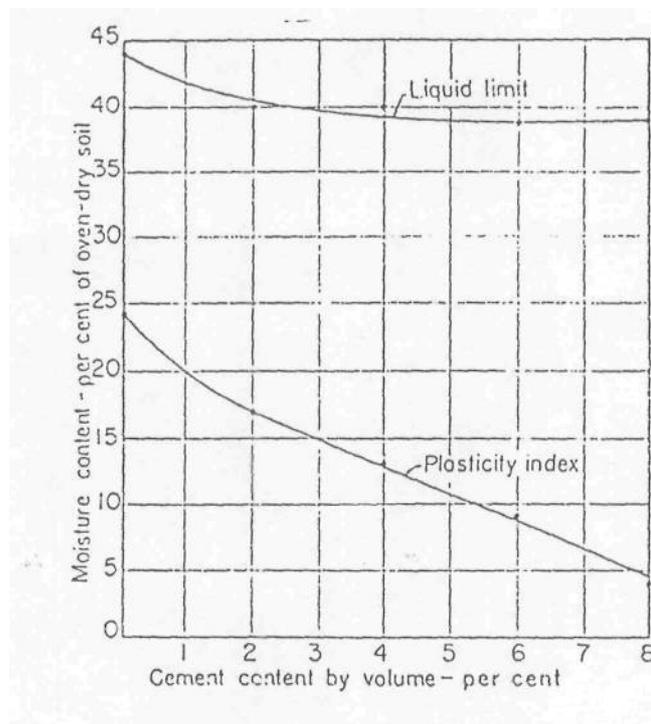
2. Bahan Kimia Yang Digunakan Semen

Contoh tanah yang digunakan berasal dari Illinois merupakan tanah lempung lunak. Variasi yang dilakukan adalah dengan mengubah besarnya prosentase volume semen dalam campuran. Tabel 1.5 di bawah ini akan menunjukkan perubahan nilai batas Atterberg untuk 2 sampel tanah.

Tabel 15 Hasil Percobaan Stabilisasi Tanah Liat di Illinois dengan Semen

	Soil A*					Soil B**							
	Raw soil	Cement-modified soil				Raw soil	Cement-modified soil						
Cement added by vol., percent	0	4.0	6.1	8.1	10.1	0	½	1	2	3	4	5†	8†
Liquid limit	45.2	42.3	41.0	39.2	38.6	54	51	48	46	45	45	45	41
Plastic limit	21.1	26.2	26.8	28.4	28.3	24	24	24	25	27	28	34	33
Plasticity index	24.1	16.1	14.2	10.8	10.3	30	27	24	21	18	17	11	8
Field moisture equivalent	28.6	31.6	31.2	32.3	33.7	31	31	31	33	32	31	37	34
$\frac{\text{Vol. at S.L.}}{\text{Vol. at F.M.E.}} \times 100$	76.4	83.6	87.4	90.7	89.5	80.2	80.4	83.3	81.8	85.9	95.2	89.6	91.6
Shrinkage limit	12.7	20.3	22.5	25.9	26.2	17	17	20	20	22	28	29	28
Shrinkage ratio	1.95	1.71	1.65	1.59	1.57	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5
$\frac{\text{Vol. at S.L.}}{\text{Vol. at L.L.}} \times 100$	61.1	72.6	76.7	82.8	83.4	60.5	62.5	65.8	69.0	73.2	79.2	80.1	83.6

Dari tabel 15 bisa digambarkan hubungan antara nilai Liquid Limit dan Plastisitas Index dengan penambahan prosentase volume semen.

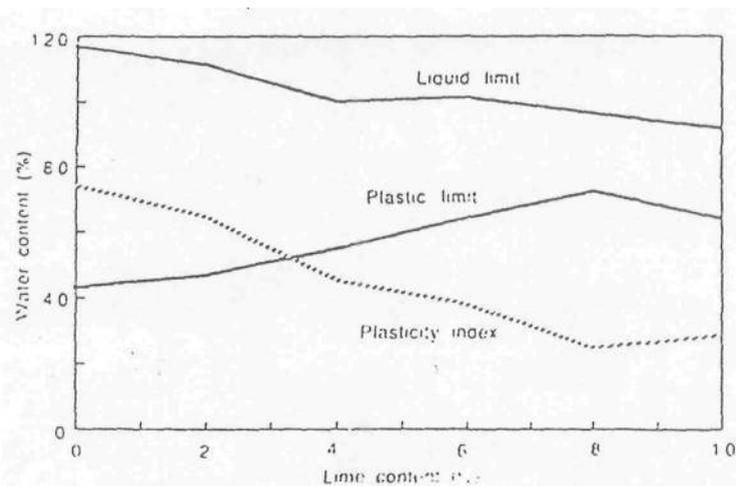


Gambar 14 Hubungan antara Prosentase Penambahan Semen dan Besarnya Nilai Liquid Limit dan Plastisitas Indeks

Nilai Liquid Limit terlihat mengalami penurunan yang signifikan pada penambahan prosentase volume semen antara 0 - 4 % sedang pada prosentase antara 4 - 8 % penurunannya kecil. Hal ini disebabkan karena nilai Liquid Limit hampir mencapai nilai terendah. Penurunan nilai Plastisitas Index terlihat cukup konstan. Ini disebabkan karena nilai Plastic Limit yang terus meningkat meskipun nilai Liquid Limit cenderung tidak mengalami penurunan yang berarti.

3. Bahan Kimia Yang Digunakan Kapur.

Pada umumnya dengan penambahan kapur dalam tanah akan menyebabkan plastic limit naik dan liquid limit turun tetapi tidak semua jenis tanah akan menghasilkan reaksi yang demikian. Untuk jenis tanah yang sangat plastis, liquid limit akan turun tetapi pada jenis tanah yang kurang plastis, liquid limit akan naik. Namun satu hal yang pasti akibat penambahan kapur pada tanah adalah plastisitas indeks akan turun. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 15

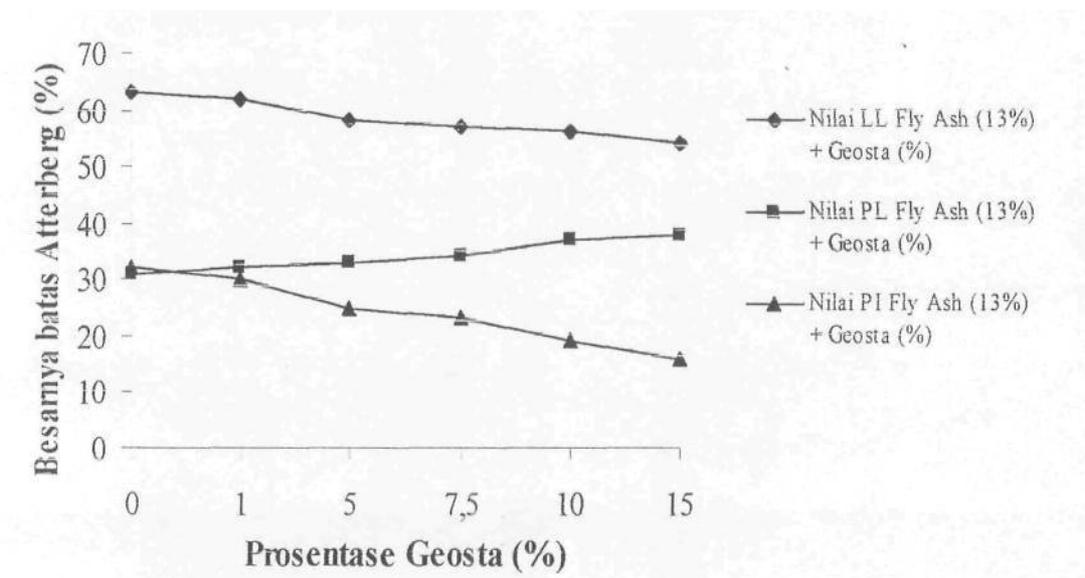


Gambar 15 Hubungan antara prosentase penambahan kapur dengan water content

(Hausmann, 1990, hal 310)

Dengan turunnya plastisitas tanah, maka tanah tersebut menjadi gembur, butiran lebih besar dan tidak lekat, dengan kata lain tanah tersebut mengalami penambahan workability. Hal ini tentu saja berguna sekali bila tanah tersebut akan distabilisasi dengan bahan lain seperti semen maupun bahan kimia lain seperti geosta. Karena workability yang tinggi bahan stabilisasi tersebut akan dapat merata dalam proses pencampuran dengan tanah.

4. Gambar Pengaruh Stabilisasi dengan Bahan Kirnia pada Batas Atterberg.



Gambar 17 Hubungan antara peningkatan prosentase bahan kimia dengan besarnya batas Atterberg

Gambar di atas menggambarkan perubahan besarnya nilai batas Atterberg akibat stabilisasi tanah dengan fly ash dan geosta. Prosentase fly ash yang digunakan adalah 13 % dari berat kering tanah lempung sedangkan prosentase geosta berkisar antara 0 - 15 % dari berat kering tanah lempung. Peningkatan prosentase penggunaan geosta mengakibatkan beberapa perubahan antara lain :

- Penurunan nilai batas cair
- Meningkatnya nilai batas plastis
- Penurunan plastisitas index

Hal ini disebabkan karena pada reaksi antara bahan kimia dan tanah mengakibatkan partikel tanah menjadi lebih besar sehingga tanah menjadi lebih kepasiran dan kohesi partikel menurun.

3.2.2. Pengaruh Stabiisasi dengan Bahan Kimia pada Strength Properties Tanah Lempung

3.2.2.1. Unconfined Compression (UCS) Test

UCS Test dilakukan pada stabilisasi dengan menggunakan semen, semen + geosta, clean set cement, kapur, dan aspal emulsi. Variasi yang dilakukan dalam UCS Test antara lain prosentase bahan kimia, waktu curing, dan kadar air. Untuk dapat melihat pengaruh bahan kimia pada perubahan nilai UCS tanah lempung maka dilakukan kajian terhadap beberapa UCS Test antara lain :

1. Bahan Kimia Yang Digunakan Setnen.

Contoh tanah yang digunakan diambil dari kawasan Margomulyo dan Kenjeran merupakan tanah liat lunak
Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.2.

Variasi yang dilakukan adalah dengan merubah besarnya prosentase semen dan lama waktu curing.

Hasil yang didapatkan:

a. Tanah Margomulyo

Tabel 16 Hubungan antara Nilai q_u , Prosentase Semen, dan Lamanya Waktu Curing

Curing ke- (hari)	Nilai q_u (kg/cm ²)		
	Semen 1 (10%)	Semen 2 (7%)	Semen 3 (5%)
3	2.34	0.64	0.17
7	2.34	1.87	0.25
14	4.69	2.47	0.98
28	8.03	3.87	1.43

Sumber: Tan Miaw We & Linda Arisutji, 1995, hal 54

b. Tanah Kenjeran

Tabel 17 Hubungan antara Nilai q_u , Prosentase Semen, dan Lamanya Waktu Curine

Curing ke- (hari)	Nilai q_u (kg/cm ²)		
	Semen 1 (10%)	Semen 2 (7%)	Semen 3 (5%)
3	2.58	1.59	0.83
7	4.70	3.29	1.15
14	6.80	4.37	1.74
28	10.77	4.56	2.06

Sumber: Tan Miaw We & Linda Arisutji, 1995, hal 54

Dari data diatas dapat disimpulkan :

Peningkatan nilai UCS berbanding lurus / sesuai dengan meningkatnya waktu curing dan prosentase semen.

Prosentase semen yang dianjurkan 7 % karena lebih ekonomis, iebih mudah pelaksanaan di lapangan, dan campuran tanah-semen lebih merata.

2. Bahan Kimia Yang Digunakan Semen dan Geosta.

Contoh tanah diambil dari kawasan Margomulyo, dimana tanahnya merupakan tanah liat lunak.

Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.3.

Nilai UCS yang dibandingkan antara lain nilai LICS tanah asli, nilai UCS tanah asli + semen, dan nilai UCS tanah asli + semen + geosta dengan waktu curing masing-masing 7 hari, 11 hari, 18 hari dan 32 hari. Volume tanah asli yang digunakan dalam pengujian adalah 1 m^3 . Sedangkan berat semen dan geostayang digunakan masing-masing 100 kg dan 1 kg.

Tabel 18 Hubungan nilai UCS dengan waktu curing

Jenis tanah	qu (kg/cm ²)			
	7 hari	11 hari	18 hari	32 hari
Tanah asli	3.24	3.97	4.31	4.34
Tanah asli + Semen	3.94	4.39	4.60	5.53
Tanah asli + Semen + Geosta	5.11	5.61	6.17	8.49

Sumber : Silvia Ridina Dewi & Dino Jaurie, 1995, hal 74

Dari tabel dapat dilihat bahwa penambahan geosta pada campuran tanah asli + semen akan meningkatkan nilai qu. Lamanya waktu curing juga mempengaruhi nilai qu. Semakin lama waktu curing nilai qu campuran tanah asli + semen + geosta juga meningkat. Fenomena ini juga terlihat pada campuran tanah asli + semen. Jumlah geosta yang digunakan adalah 1 % dari berat semen.

3. Bahan Kimia Yang Digunakan Clean Set Cement

Sampel tanah yang dipakai untuk percobaan diambil dari kawasan Margomulyo, Surabaya dan merupakan tanah lempung yang lunak.

Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.4.

Variasi sample digunakan variasi prosentase kadar clean set cement dan variasi lamanya waktu curing.

Tabel 19 Stress-Strain untuk kadar clean set cement 10 % dan variasi waktu curing 7, 14, dan 28 hari

Strain	Stress (Kg/cm ²)		
	7hari	14 hari	28 hari
0	0	0	0
0.0025	0.706	0.564	0.353
0.0050	1.943	2.393	1.126
0.0075	2.878	4.044	2.668
0.01	3.487	4.440	4.538
0.0125	3.646	4.429	5.798
0.0150			6.048

Sumber: Johanes Makado & V. Sudianto Loana, 1996, hal 37

Tabel 20 Strain-Stress untuk kadar clean set cement 5 %, 10 % dan 15 % dengan waktu curing selama 7 hari

Strain	Stress (Kg/cm ²)		
	5 %	10%	15 %
0	0	0	0
0.0025	0.536	0.706	1.531
0.0050	0.873	1.943	4.540
0.0075	1.067	2.878	6.627
0.01	1.148	3.487	6.989
0.0125	1.160	3.646	

Sumber : Johanes Makado & V. Sudianto Loana, 1996, hal 39

Hasil kedua tabel diatas dapat disimpulkan bahwa:

- Peningkatan pemakaian kadar clean set cement menunjukkan kenaikan kekuatan tekan untuk umur curing yang sama
- Pengaruh lama umur curing dengan kadar semen yang sama terhadap peningkatan kekuatan tekan tampak pada hasil percobaan, dimana umur curing 28 hari memiliki kekuatan tekan tinggi.

4. Bahan Kimia Yang Digunakan Kapur.

Sampel tanah yang dipakai merupakan tanah lempung yang derajat keekspansifannya tinggi. Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.5.

Penelitian ini terdiri beberapa variasi campuran dan waktu curing. Kapur yang dipakai sebagai bahan stabilisasi tanah adalah jenis kapur hidup dan kapur padam. Prosentase kadar kapur yang dipakai adalah 2%,5%, dan 7 % dari berat kering tanah asli pada kondisi Jiquid limit, kedua jenis kapur yang dipakai adalah dalam bentuk bubuk.

Waktu curing tiap prosentase kadar kapur divariasikan selama 0, 3, 7, 14 dan 28 hari. Dan masing-masing dibuat 2 macam sample tanah yaitu A dan B.

Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 21 Hasil Unconfmed Compression Test untuk contoh tanah + kapur hidup

Kadar Kapur (%)	Curing (hari)	qu (kg/cm ²)		qu (kg/cm ²)
		A	B	
2	3	0.2	0.2	0.2
	7	0.3	0.3	0.3
	14	0.5	0.49	0.5
	28	0.87	0.68	0.8
5	3	0.85	1.03	0.9
	7	1.7	1.76	1.7
	14	2.03	2.2	2.1
	28	2.9	2.3	2.6
7	3	2.7	2.8	2.8
	7	3.1	3.7	3.4
	14	5.4	4	4.7
	28	7.9	8.3	8.1

Sumber: Lily Kusuma, 1998, hal 40

Tabel 22 Hasil Unconfined Compression Test untuk contoh tanah + kapur padam

Kadar Kapur (%)	Curing (hari)	qu (kg/cm ²)		qu (kg/cm ²)
		A	B	
2	14	Tidak bisa karena terlalu lunak		-
	28			
5	14	0.1	0.1	0.1
	28	0.14	0.13	0.14
7	14	0.42	0.55	0.49
	28	1.43	0.66	0.55

Sumber : Lily Kusuma, 1998, hal 41

Dari tabel diatas dapat disimpulkan :

Peningkatan nilai UCS berbanding lurus / sesuai dengan meningkatnya waktu curing dan prosentase semen.

5. Bahan Kimia Yang Digunakan Aspal Emulsi

Sample tanah diambil dari kawasan Surabaya Barat merupakan tanah lempung ekspansif. Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.6. Dan aspal emulsi yang digunakan adalah tipe CSS 1/H-60.

Tabel 23 UCS Test untuk tanah dan campuran tanah + aspal emulsi

Kadar Aspal (%)	qu (kg/cm ²)		
	0 hari	7 hari	14 hari
0	-	1.050	-
2	1.499	1.949	1.972
4	1.859	2.283	2.373
6	2.466	2.900	3.088
8	2.985	3.440	3.634
10	2.281	2.740	3.199
12	2.061	2.599	2.828
14	1.633	1.996	2.322
16	1.645	1.912	2.076

Sumber: Jeki Ezar & Gunawan, 2000, hal 37

Hasil UCS Test juga menunjukkan kadar aspal optimum 8 % dimana pada kadar aspal dibawah 8 % cenderung terjadi peningkatan nilai qu sedangkan pada kadar aspal diatas 8 % terjadi penurunan nilai qu.

Semakin lama waktu curing juga akan mengakibatkan peningkatan nilai qu karena dengan semakin lamanya waktu curing, jumlah air dalam aspal emulsi yang dapat mengurangi daya ikat aspal menjadi berkurang akibat evaporasi dan terabsorpsi kedalam agregat tanah.

Prosentase aspal emulsi yang dianjurkan 8 %.

6. Bahan kimiayang digunakan Asam Fosfat

Tanah yang dipakai untuk penelitian adalah tanah liat berlumpur yang berasal dari Iowa dengan karakteristik sebagai berikut:

Tabel 24 Data Sample Tanah yang Dipakai Percobaan

Textural composition % ^o	
Gravel (> 2.0 mm)	0
Sand (2.0 - 0.074 mm)	0.2
Silt (74 - 5 μ)	58.0
Clay (< 5 μ)	41.8
Colloids (< 1 μ)	31.0
Predominant clay mineral [†]	Montmorillonite and illite
Probable predominant exchangeable cation	Calcium
Specific gravity, 25° C/4° C	2.72
Chemical properties	
Cat ex. cap., m.e./100 gm [‡]	28.2
carbonates, [§]	0.8
pH	6.2
Organic matter, %	0.5
Physical properties	
Liquid limit, %	53.1
Plastic limit, %	25.7
Plasticity index	27.4
Shrinkage limit, %	19.9
Centrifuge moist. equiv., %	21.3
Classification	
Textural ^{o•}	Silty clay
Engineering (AASHO)	A-7-6(18)

^o Dispersed by air-jet with sodium metaphosphate dispersing agent.

[†] From differential thermal analysis and X-ray diffraction analysis of fraction passing No. 200 sieve.

[‡] Fraction passing No. 40 sieve.

[§] From differential thermal analysis.

^{o•} Textural classification is based on former Bureau of Public Roads System (8, p. 18) except that sand and silt sizes are separated on No. 200 sieve (0.074 mm).

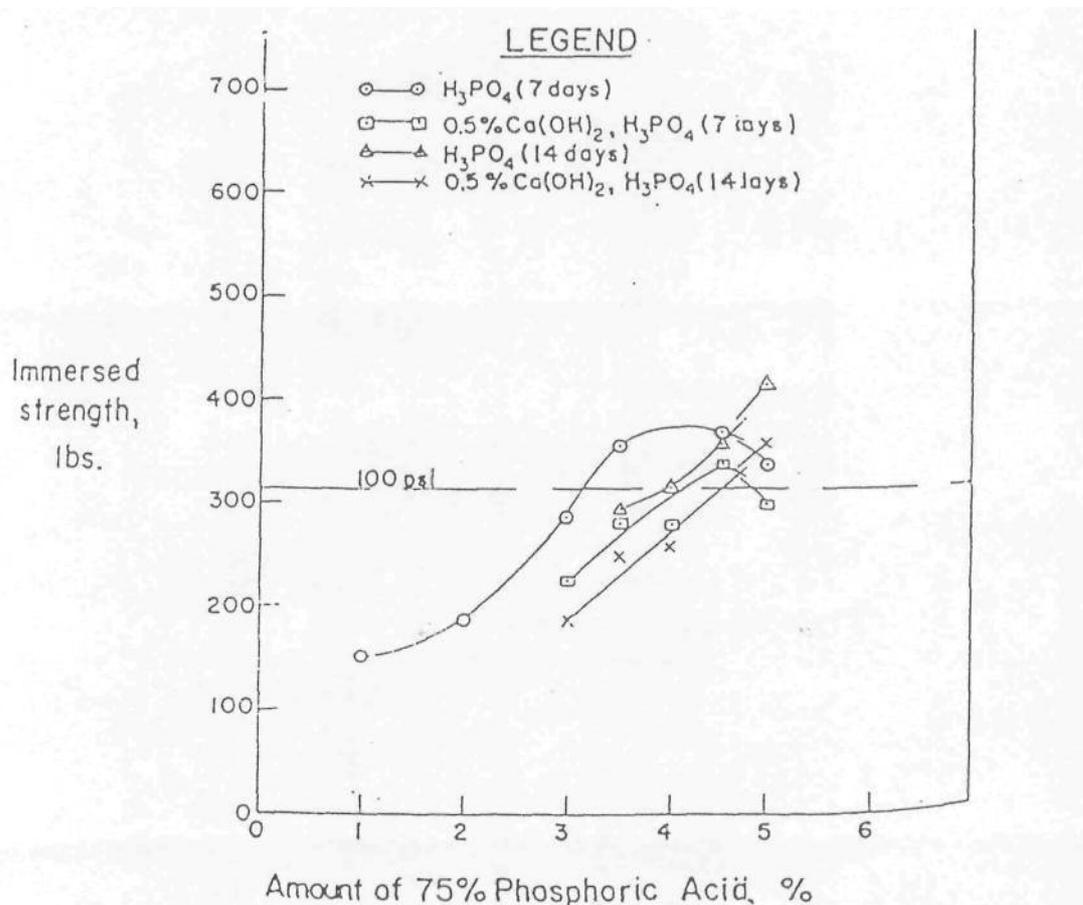
Tanah dicampur dengan asam fosfat dengan kadar 75 %. Perlu diperhatikan

bahwa tanah di Iowa banyak mengandung CaCO₃.

Jalannya Percobaan.

- Tanah dalam keadaan kering.
- Asam Fosfat dan air suling ditambahkan samapai mencapai nilai optimum kelembaban tanah untuk pemampatan.
- Setelah pencampuran menyelumh, sample tanah dibentuk tabung dengan diameter 2 inci dan tinggi 2 inci mendekati kepadatan Standar Proctor.
- Sample tanah tersebut dibungkus dengan Saran Wrap, lalu dicuring selama 7 hari dan 14 hari pada suhu $70 \pm 3^\circ\text{F}$ dan kelembaban relatif 90 %.
- Setelah masa curing, sample direndam dalam air suling pada tempera,tur ruangan selama 24 jam dan diuji dengan UCS.

Hasil Pengujian adalah sebagai berikut:

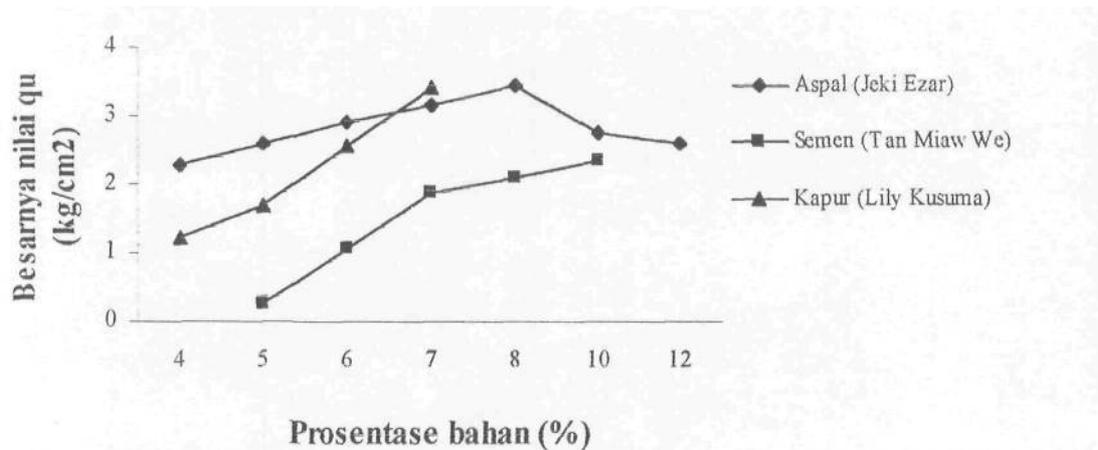


Gambar 16 Hubungan antara penambahan Asam Fosfat 75 % dengan UCS Test

Analisa grafik hasil pengujian sample.

Dari grafik dapat dilihat bahwa kekuatan optimum terjadi pada masa curing 7 hari. Bila jumlah asam fosfat yang digunakan ditambah maka kekuatan tanah akan meningkat pada masa curing 14 hari. Titik perpotongan kurva merupakan tingkat / nilai minimal untuk mencapai hasil yang memuaskan dalam jangka panjang.

7. Gambar Hubungan antara Prosentase Bahan dan Besarnya Nilai qu



Gambar 18 Hubungan antara prosentase bahan dan besarnya nilai qu

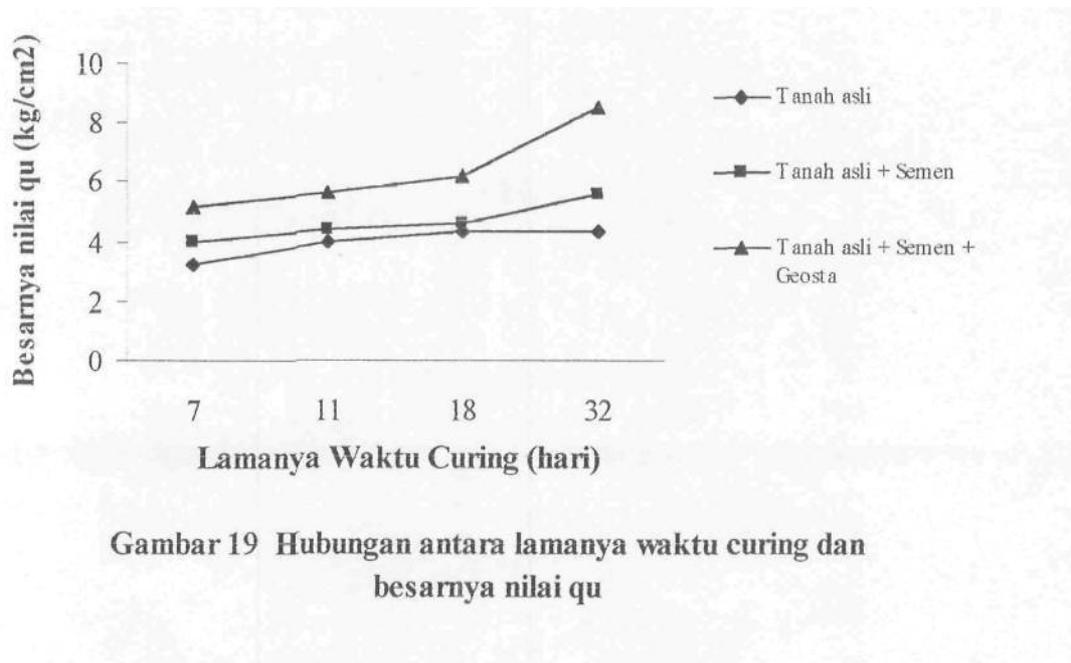
Gambar di atas menunjukkan peningkatan prosentase bahan stabilisasi akan meningkatkan besarnya nilai UCS. Penggunaan kapur sebagai bahan stabilisasi menunjukkan peningkatan daya dukung yang signifikan. Tetapi pemakaian kapur yang terlalu banyak tidak efektif karena kapur bereaksi dengan silikat maka setelah kandungan silikat dalam tanah habis, kapur akan berhenti bereaksi.

Penggunaan semen sebagai bahan stabilisasi juga menunjukkan peningkatan daya dukung. Penggunaan semen di atas prosentase 12 % tidaklah

efisien karena peningkatan daya dukung tanah yang distabilisasi tidak signifikan lagi (kecil). Sedangkan penggunaan aspal sebagai bahan stabilisasi sebaiknya tidak melewati prosentase optimum karena dapat menyebabkan penurunan daya dukung. Hal ini disebabkan karena volume pori yang terisi aspal menjadi lebih besar dari volume pori yang ada sehingga perilaku kekuatan campuran lebih didominasi oleh kekuatan aspal.

8. Gambar Hubungan antara Lamanya Waktu Curing dan Besarnya

Nilai q_u



Gambar 19 Hubungan antara lamanya waktu curing dan besarnya nilai q_u

Dari gambar di atas dapat dilihat perbedaan besarnya nilai q_u dari tanah asli, tanah yang distabilisasi dengan semen, serta tanah yang distabilisasi dengan semen dan geosta. Lamanya waktu curing juga mempengaruhi besarnya nilai UCS. Semakin lama waktu curing akan meningkatkan nilai UCS. Peningkatan nilai q_u pada stabilisasi dengan semen dan geosta dibandingkan stabilisasi dengan semen saja menunjukkan bahwa pada tanah tersebut mengandung bahan organik..

3.2.2.2. CBR Test

CBR Test dilakukan pada stabilisasi dengan menggunakan semen, semen + geosta, fly ash dan aspal emulsi. Variasi yang dilakukan dalam UCS Test antara lain prosentase bahan kimia dan waktu curing. Untuk dapat melihat pengaruh bahan kimia pada perubahan nilai CBR tanah lempung maka dilakukan kajian terhadap beberapa CBR Test antara lain :

1. Bahan Kimia Yang Digunakan Semen.

Contoh tanah yang digunakan diambil dari kawasan Margomulyo dan Kenjeran.

Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.2.

Dibuat:

- variasi jumlah semen 10 %, 7 % dan 5 % dari y dry
- variasi lamanya curing 7, 18, dan 32 hari

Hasil yang didapatkan :

a. Tanah Margomulyo

Tabel 25 Hubungan Antara Besarnya Nilai CBR, Prosentase Semen, dan Waktu Curing

Curing ke- (hari)	Nilai CBR		
	Semen 1 (10%)	Semen 2 (7%)	Semen 3 (5%)
7	15.76	5.72	2.53
18	31.61	12.90	4.82
32	53.75	23.19	7.43

Sumber: Tan Miaw We & Linda Arisutji, 1995, hal 41

b.. Tanah Kenjeran

Tabel 26 Hubungan Antara Besarnya Nilai CBR, Prosentase Semen, dan Waktu Curing

Curing ke- (hari)	Nilai CBR		
	Semen 1 (10%)	Semen 2 (7%)	Semen 3 (5%)
7	31.21	18.05	9.39
18	38.72	20.58	10.13
32	60.70	24.66	13.31

Sumber : Tan Miaw We & Linda Arisutji, 1995, hal 41

Dari data diatas dapat disimpulkan :

- Peningkatan nilai CBR sesuai dengan lamanya waktu curing
- Penambahan prosentase semen juga meningkatkan nilai CBR, namun penggunaan prosentase semen 10 % untuk pelaksanaan di lapangan sulit dijamin kehomogenitasannya.

2. Bahan Kimia Yang Digunakan Semen dan Geostcu

Contoh tanah diambil dari kawasan Margomulyo, dimana tanahnya merupakan tanah liat lunak

Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.3.

Nilai CBR yang dibandingkan antara lain nilai CBR tanah asli, nilai CBR tanah asli + semen, dan nilai CBR tanah asli + semen + geosta dengan waktu curing masing-masing 7 hari, 11 hari, 18 hari dan 32 hari. Volume tanah asli yang digunakan dalam pengujian adalah 1 m^3 . Sedangkan berat semen dan geosta yang digunakan masing-masing 100 kg dan 1 kg.

Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut:

Tabel 27 Hubungan Nilai CBR dengan Waktu Curing

Jenis tanah	Nilai CBR (%)			
	7hari	11 hari	18hari	32 hari
Tanah asli	0.16	0.19	0.38	0.98
Tanah asli + Semen	15.43	17.70	17.70	18.57
Tanah asli + Semen + Geosta	16.89	22.68	30.83	32.92

Sumber : Silvia Ridina & Dino Jaurie, 1995, hal 63

Dari tabel dapat dilihat bahwa penambahan geosta pada campuran tanah asli + semen akan meningkatkan nilai CBR. Lamanya waktu curing juga mempengaruhi nilai CBR. Semakin lama waktu curing nilai CBR campuran tanah asli + semen + geosta juga meningkat. Fenomena ini juga terlihat pada campuran tanah asli + semen. Jumlah geosta yang digunakan adalah 1 % dari berat semen.

3. Bahan Kimia Yang Digunakan Fly Ash

Sample tanah yang diambil dari kawasan Margomulyo dimana tanahnya merupakan tanah lempung lunak

Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.7

Adapun kadar kandungan kimia Fly Ash yang dipakai pada saat percobaan mempunyai kandungan seperti pada tabel 28.

Tabel 28 Kandungan Fly Ash

Kandungan	Kadar (%)
Silika, SiO_2	36.07
Besi Oksida, YtO_2 ,	16.78
Aluminium Oksida, Al_2O_3	23.28
Kalsium Oksida, CaO	14.93
Magnesium Oksida, MgO	0.88
Sulfat, SO_4	2.83
pH	11.3

Sumber : Gusti Antung & Yudhistira, 1999, hal 27

Komposisi campuran yang dipakai pada saat percobaan adalah:

- Tanah 1 m³
- Fly Ash 100 kg
- Air 10 liter

Variasi campuran:

- Fly Ash dengan kadar 5 %, 10 %, dan 15 % dari berat kering tanah asli
- Waktu curing selama 7, 14, dan 28 hari
- Masing-masing dibuat 3 sample tanah

Tabel 29 Hubungan antara Nilai CBR, Waktu Curing, dan Prosentase Fly Ash

Lama Curing (hari)	Komposisi Campuran	Nilai CBR (%)			CBR (%)
		Sample 1	Sample 2	Sample 3	
7	FA 5 %	0.18	0.17	0.16	0.17
	FA 10 %	0.36	0.36	0.33	0.35
	FA 15 %	0.17	0.51	0.41	0.46
14	FA 5 %	0.20	0.19	0.18	0.19
	FA 10 %	0.35	0.57	0.58	0.57
	FA 15 %	0.39	0.24	0.37	0.38
28	FA 5 %	0.36	0.24	0.37	0.36
	FA 10 %	0.62	0.51	0.50	0.56
	FA 15 %	0.67	0.72	0.64	0.64

Sumber: Gusti Antung & Yudhistira, 1999, hal 37

Analisa Hasil Test:

- Terjadi peningkatan nilai CBR sesuai dengan peningkatan prosentase kadar fly ash dan waktu curing.

4. Bahan Kimia Yang Digunakan Aspal Emulsi

Sample tanah diambil dari kawasan Surabaya Barat merupakan tanah lempung ekspansif. Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.6. Dan aspal emulsi yang digunakan adalah tipe CSS 1/ H-60.

Tabel 30 Hasil CBR Test untuk tanah asli dan campuran tanah + aspal emulsi

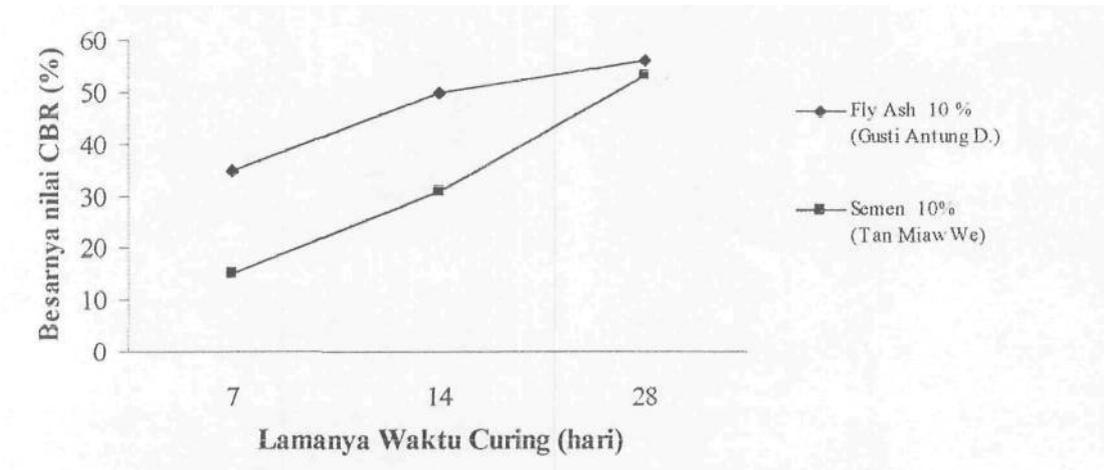
Kadar Aspal (%)	CBR (%)	
	15 pukulan	25 pukulan
0	0.84	1.33
2	1.11	1.74
4	1.50	1.93
6	1.66	2.18
8	1.77	2.31
10	1.69	2.26
12	1.52	1.85
14	1.44	1.60
16	1.41	1.55

Sumber: Jeki Ezar & Gunawan, 2000, hal 35

Dari tabel 30 diatas menunjukkan peningkatan nilai CBR sesuai dengan peningkatan kadar aspal sampai nilai optimum 8 % dimana pada kadar aspal diatas 8 % nilai CBR akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pemakaian aspal yang melebihi kadar aspal optimum menyebabkan volume pori yang terisi aspal menjadi lebih besar volume pori yang ada sebagai akibatnya kekuatan campuran menjadi lemah atau perilaku kekuatannya lebih didominasi oleh kekuatan aspal yang bersangkutan.

Disamping itu terlihat bahwa meningkatnya kepadatan tanah akibat energi atau jumlah pukulan pada pemadatan yang lebih tinggi juga akan menghasilkan harga CBR yang makin tinggi. Semakin padat tanah maka makin tinggi kekuatan gesernya akibatnya daya dukung tanah meningkat.

5. Gambar Pengaruh Stabilisasi dengan Bahan Kimia pada CBR Test.



Gambar 20 Hubungan antara waktu curing dan besarnya nilai CBR

Tanah yang distabilisasi berasal dari kawasan Margomuiyo yang merupakan tanah lempung lunak. Dari gambar 20 dapat dilihat perbedaan besarnya nilai CBR antara berbagai bahan stabilisasi pada waktu curing awal (7 hari). Pada waktu curing 28 hari, daya dukung tanah yang distabilisasi dengan fly ash dibandingkan dengan tanah yang distabilisasi dengan semen hampir sama. Semakin lama waktu curing akan meningkatkan nilai CBR.

3.2.2.3. Flexural Test.

Flexural Test dilakukan pada stabilisasi dengan menggunakan clean set cement. Variasi yang dilakukan dalam Flexural Test antara lain prosentase bahan kimia dan waktu curing. Untuk dapat melihat pengaruh bahan kimia pada perubahan nilai Flexural tanah lempung maka dilakukan kajian sebagai berikut:

1. Bahan Kimia Yang Digunakan Clean Set Cement

Sampel tanah yang dipakai untuk percobaan diambil dari kawasan Margomulyo, Surabaya dan merupakan tanah lempung yang lunak. Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.4.

Variasi sample digunakan variasi prosentase kadar clean set cement dan variasi lamanya waktu curing.

Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel 31 dan tabel 32

Tabel 31 Tensile-Strain pemakaian kadar clean set cement 10 % dan variasi umur curing selama 7, 14, dan 28 hari

Strain	Tensile (Kg/cm ²)		
	7hari	14hari	28 hari
0	0	0	0
0.00042	0.495	0.356	0.680
0.00083	1.051	0.866	1.143
0.00125	1.329	1.421	2.069
0.00167	1.699	2.069	2.625
0.00208		2.532	

Sumber: Johanes Makado & V. Sudianto Loana, 1996, hal 43

Tabel 32 Tensile-Strain untuk kadar clean set cement 5 %, 10 % dan 15 %
dengan umur curing selama 7 hari

Strain	Tensile (Kg/cm ²)		
	5 %	10 %	15 %
0	0	0	0
0.00042	0.171	0.495	0.958
0.00083	0.271	1.051	1.884
0.00125	0.310	1.329	2.532
0.00167	0.356	1.699	
0.00208	0.449		

Sumber : Johanes Makado & V. Sudianto Loana, 1996, hal 45

Dari kedua tabel diatas dapat disimpulkan :

- Terjadi peningkatan kekuatan tarik pada campuran tanah-clean set cement sesuai dengan bertambahnya umur curing dan kadar clean set cement yang dipakai.
- Peningkatan kadar campuran semen menyebabkan sifat semakin getas. Hal ini tampak dari besarnya strain yang terjadi saat runtuh dimana pada kadar semen 15 % mempunyai nilai strain yang paling kecil.
- Prosentase clean set cement yang dianjurkan yaitu 10 %.

3.2.3. Pengaruh Stabilisasi dengan Bahan Kimia pada Deformation Properties Tanah Lempung

3.2.3.1. Free Swelling Test

Free Swell Test dilakukan pada stabilisasi dengan menggunakan semen + geosta, kapur, dan aspal emulsi. Variasi yang dilakukan dalam Free Swelling Test antara lain prosentase bahan kimia dan waktu curing. Untuk dapat melihat

pengaruh bahan kimia pada perubahan nilai Free Swelling tanah lempung maka dilakukan kajian sebagai berikut:

1. Bahan Kimia Yang Digunakan Semen + Geosta,

Contoh tanah diambil dari kawasan Margomulyo, dimana tanahnya merupakan tanah liat lunak.

Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.3.

Nilai Ah yang dibandingkan antara lain nilai Ah tanah asli, nilai Ah tanah asli + semen, dan nilai Ah tanah asli + semen + geosta dengan waktu curing masing-masing 7 hari, 11 hari, 18 hari **dan 32 hari**. **Volume tanah** asli yang digunakan dalam pengujian adalah 1m³. Sedangkan berat semen dan geosta yang digunakan masing-masing 100 kg dan 1 kg.

Tabel 33 Hubungan Free Swelling dengan waktu curing

Jenis tanah	Δh (%)			
	7 hari	11 hari	18 hari	32 hari
Tanah asli	14.70	13.09	12.96	13.22
Tanah asli + Semen	0.62	0.37	0.16	0.06
Tanah asli + Semen + Geosta	0.31	0.17	0.13	0.02

Sumber: Silvia Ridina & Dino Jaurie, 1995, hal 77

Dari tabel 33 dapat dilihat bahwa campuran tanah asli + semen + geosta mempunyai nilai Ah lebih kecil dibandingkan nilai Ah campuran tanah asli + semen dan nilai Ah tanah asli. Hal ini berarti bahwa pada campuran tanah asli + semen + geosta perubahan volume campuran sebagai akibat proses kembang susut sangat kecil bahkan pada umur curing 32 hari sudah mendekati nol. Jumlah geosta yang digunakan adalah 1 % dari berat semen.

2. Bahan Kimia Yang Digunakan Kapur.

Sampel tanah yang dipakai merupakan tanah lempung yang derajat keekspansifannya tinggi. Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.5.

Penelitian ini terdiri beberapa variasi campuran dan waktu curing. Kapur yang dipakai sebagai bahan stabilisasi tanah adalah jenis kapur hidup dan kapur padam. Prosentase kadar kapur yang dipakai adalah 2 %, 5 %, dan 7 % dari berat kering tanah asli pada kondisi liquid limit, kedua jenis kapur yang dipakai adalah dalam bentuk bubuk.

Waktu curing tiap prosentase kadar kapur divariasikan selama 0, 3, 7, 14 dan 28 hari. Dan masing-masing dibuat 2 macam sample tanah yaitu A dan B.

Dari percobaan yang dilakukan didapatkan penambahan volume tanah asli untuk benda uji A = 0,72 % dan benda uji B = 0,83 %.

Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel 34 dan tabel 35 dibawah ini.

Tabel 34 Hubungan Free Swelling dengan waktu curing dan prosentase kapur hidup

Umur Curing (Hari)	Pertambahan Volume (%)					
	2 % Kapur Hidup		5 % Kapur Hidup		7 % Kapur Hidup	
	A	B	A	B	A	B
0	0.65	0.71	0.81	0.67	1.1	1.21
3	0.38	0.43	0.18	0.15	0.05	0.1
7	0.27	0.47	0.11	0.12	0.09	0
14	0.13	0.18	0.07	0.08	0.08	0.03
28	0.21	0.17	0	0.1	0.02	0.104

Sumber : Lily Kusuma, 1998, hal 35

Tabel 35 Hubungan Free Swelling dengan waktu curing dan prosentase kapur padam

Umur Curing (Hari)	Pertambahan Volume (%)					
	2 % Kapur Padam		5 % Kapur Padam		7 % Kapur Padam	
	A	B	A	B	A	B
14	0.36	0.49	0.28	0.44	0.37	0.27
28	0.10	0.39	0.22	0.28	0.10	0.07

Sumber : Lily Kusuma, 1998, hal 35

Analisa Hasil Test

- Seraakin besar kadar kapur yang dicampur ke contoh tanah, semakin besar nilai pengembangan (swell potensial) yang dapat direduksi.
- Pemakaian kapur hidup lebih efektif dibandingkan kapur padam.

3. Bahan Kimia Yang Digunakan Aspal Emulsi

Sample tanah diambil dari kawasan Surabaya Barat merupakan tanah lempung ekspansif. Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.6. Dan aspal emulsi yang digunakan adalah tipe CSS 1/ H-60.

Variasi dilakukan dengan mengubah besarnya prosentase aspal emulsi.

Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 36

Tabel 36 Hubungan Free Swelling dengan Prosentase aspal emulsi

KadarAspal(%)	Sweiling (%)
0	22.6
2	20.3
4	16.5
6	10.6
8	8.3
10	7.8
12	7.2
14	6.8
16	6.5

Sumber : Jeki Ezar & Gunawan, 2000, hal 34

Hasil Free Swelling Test memperlihatkan penambahan prosentase / kadar aspal emulsi akan mengurangi besarnya kembang susut tanah tetapi seiring peningkatan aspal emulsi dalam campuran tanah-aspal emulsi mengakibatkan penurunan prosentase besarnya kembang susut tanah.

3.2.3.2. Proctor Test

Untuk melihat pengaruh bahan kimia pada y dry dan W_c , maka dilakukan proctor test. Salah satu kajian terhadap proctor test yaitu pada pemakaian bahan kimia menggunakan fly ash + geosta.

Contoh tanah yang dipakai merupakan tanah lempung lunak. Data tanah dapat dilihat pada lampiran 1.1

Variasi campuran yang dilakukan antara lain tanah lempung asli, tanah lempung asli + fly ash (13 %), tanah lempung asli + fly ash (13 %) + Geosta (1 %, 5 %, 7,5 %, 10 %, dan 15 % dari berat kering tanah lempung).

Variasi umur curing yang dilakukan adalah 0 hari (tanpa umur curing) dan 28 hari

Tabel 37 Pengaruh Fly Ash dan Geosta Terhadap Karakteristik Pematatan

Karakteristik	Lempung Asli	% Geosta dengan kadar Fly ash 13 %					
		0	1	5	7.5	10	15
y diy maks	1.18	1.3	1.32	1.33	1.35	1.36	1.38
Kadar air optimum	42	38	36	35	34		31

Sumber: Media Teknik No 2 Tahun XVII edisi Agustus, Tri Utomo S.H., 1996

Dari tabel 37 dapat dilihat bahwa dengan penambahan fly ash dan kenaikan prosentase geosta menyebabkan kenaikan nilai y dry dan penurunan nilai W_c optimum. Ini bisa dijelaskan sebagai berikut dengan penambahan fly ash dan geosta akan menghasilkan partikel tanah yang lebih besar sehingga terjadi perubahan gradasi menjadi lebih beragam dan membuat tanah menjadi lebih rapat, akibatnya kepadatan kering maksimum bertambah. Sedang menurunnya W_c optimum dapat mengacu pada Head (1984) yang menunjukkan bahwa semakin kasar partikel tanahnya cenderung semakin rendah kadar air optimumnya. Prosentase fly ash yang dipakai adalah 13 % dari berat tanah lempung.