



PENGARUH PENAMBAHAN POLIMER ELASTOMER PADA TANAH-SEMEN

*R. Anwar Yamin
Wayan Dharmayasa*

RINGKASAN

Semen telah digunakan sebagai bahan penstabilisasi tanah sejak beberapa dekade yang lalu. Stabilisasi tanah dengan semen tidak saja merubah sifat-sifat fisik dan batas Atterberg tanah asli tetapi juga daya dukung dan modulus kekakuannya. Penggunaan lapis pondasi yang memiliki modulus kekakuan yang tinggi seperti tanah-semen pada struktur perkerasan beraspal dapat menyebabkan terjadinya retak permukaan pada lapis beraspal. Penelitian ini adalah penelitian awal untuk mengetahui pengaruh penambahan polimer elastomer pada sifat fisik, batas Atterberg, daya dukung dan modulus kekakuan tanah-semen. Untuk itu, suatu percobaan terbatas stabilisasi tanah dengan 8% semen tanpa dan dengan penambahan 0,4% polimer elastomer (PE) dilakukan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan 0,4% PE terhadap berat kering tanah-semen relatif tidak merubah batas-batas Atterberg tanah-semen tetapi dapat menurunkan persentase butiran tanah-semen yang lolos saringan nomor 40 dan nomor 200 dan dapat menaikkan nilai CBR tanah-semen dengan nilai yang relatif kecil, yaitu sekitar 2%. Hasil penting dari penelitian ini adalah bahwa penambahan 0,4% PE terhadap berat kering tanah-semen dapat menurunkan modulus kekakuan atau meningkatkan elastisitas tanah-semen antara 33%-40%.

SUMMARY

Cement has been being used as a stabilizer since past decades. Cement stabilization does not only change the physical properties and Atterberg limit of original soils but also its bearing capacity and stiffness modulus. The use of high stiffness modulus materials such as soil-cement as a base layer in asphalt-pavement structure will lead surfacing crack on asphaltic-layer. This is a preliminary research which purposes to know the effect of adding elastomer-polymer (PE) on the physical properties, Atterberg limit, bearing capacity and stiffness modulus of soil-cement. For this reason, a limited testing of soil stabilization using 8% cement with and without addition of 0.4% of PE were carried out. As a results, additional of 0.4% of PE to dry weight of soil-cement did not change relatively Atterberg limit of soil-cement but decreased percentage materials passing sieve number 40 and number 200 and caused relative small increment of soil-cement's CBR of 2%. An important results of this research was an additional of 0.4% of PE to dry weight of soil-cement that led decrement of stiffness modulus of soil-cement in range of 33%-40%.

I. PENDAHULUAN

Semen telah digunakan sebagai bahan penstabilisasi tanah sejak beberapa dekade yang lalu. Proporsi penambahan semen tergantung pada jenis tanah asli dan target CBR yang akan dicapai. Penambahan semen pada tanah dimaksudkan selain untuk meningkatkan daya dukung juga untuk meningkatkan modulus kekakuan tanah tersebut.

Pada struktur perkerasan jalan beraspal, tanah-semen dapat digunakan sebagai bahan untuk lapisan di bawah lapis beraspal, baik sebagai lapis pondasi bawah (subbase) maupun lapis pondasi atas (base).

Pemakaian lapisan pondasi dengan kekuatan dan kekakuan yang tinggi pada struktur perkerasan jalan beraspal dimaksudkan untuk memperkecil regangan yang terjadi pada lapis beraspal. Dalam teori klasik regangan pada struktur berlapis, regangan tarik

maksimum pada struktur ini terjadi pada sisi bawah lapis beraspal. Oleh karena itu, keretakan yang terjadi pada struktur perkerasan beraspal dimulai dari sisi bawah lapis beraspal. Untuk tebal lapis beraspal yang sama, besarnya regangan ini akan kecil bila lapis beraspal tersebut diletakan di atas lapis pondasi dengan kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Dengan demikian diharapkan penggunaan lapis pondasi seperti ini dapat meningkatkan umur pelayanan jalan.

Hasil penelitian saat ini menunjukkan bahwa bila modulus kekakuan lapis pondasi melebihi modulus kekakuan lapis beraspal, maka regangan tarik maksimum tidak lagi terjadi pada sisi bawah lapis beraspal melainkan pada sisi atas lapisan tersebut (KUNST, 1989). Dengan demikian, pada kondisi ini teori klasik regangan pada struktur berlapis tidak dapat lagi sepenuhnya digunakan.

Agar teori ini dapat digunakan sepenuhnya untuk tanah-semen dengan modulus kekakuan yang tinggi,

suatu bahan tambah yang bersifat elastomer diperlukan agar penambahan semen dapat dilakukan secara optimal dengan tanpa menyebabkan peningkatan modulus kekakuan tanah-semen yang melebihi modulus kekakuan campuran beraspal.

II. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk menurunkan modulus kekakuan tanah-semen tetapi dengan tidak mengorbankan daya dukung dan sifat-sifat fisik tanah-semen tersebut.

III. HIPOTESA

Penambahan PE dapat merubah sifat fisik, daya dukung dan modulus kekakuan tanah-semen.

IV. LINGKUP PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian awal yang dilakukan pada tanah yang diambil dari Bukit Sentul yang distabilisasi dengan 8% semen terhadap berat keringnya dengan dan tanpa penambahan 0,4% PE terhadap berat kering tanah-semen.

V. TINJAUAN PUSTAKA

Stabilisasi semen adalah suatu metode perbaikan sifat-sifat tanah dengan menggunakan semen Portland (PC) atau bahan lainnya yang mempunyai sifat pozzolanik seperti abu terbang (fly ash) dan slag.

Pada stabilisasi jenis ini, bahan penstabilisasi bereaksi dengan air dan tanah sehingga membentuk material yang tersementasi dengan kuat. Reaksi antara semen dengan tanah hampir tidak dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah, oleh sebab itu semen dapat digunakan sebagai bahan penstabilisasi hampir pada semua jenis tanah mulai dari pasir berkohepsi rendah sampai tanah lempung kohepsi dengan plastisitas rendah. Menurut SHERWOOD (1993) stabilisasi dengan semen dapat juga diterapkan pada tanah dengan kandungan organik yang tinggi atau pada tanah berminyak (oily soils). Dari hasil penelitiannya, BELL (1993) menyimpulkan bahwa stabilisasi dengan semen akan memberikan efektifitas yang tinggi bila digunakan untuk tanah yang mengandung butir halus antara 5 – 35 %. Pendapat ini diperkuat oleh SHERWOOD (1993) yang mengatakan bahwa stabilisasi semen sangat cocok untuk tanah gembur dan berbutir dengan nilai $IP < 15\%$. Untuk tanah laterit, menurut MORIN et al. (1971), stabilisasi semen memberikan hasil yang terbaik bila tanah tersebut hanya mengandung tidak lebih dari 15% butir halus (lolos # No.200). Pada tanah yang bersifat laterit (tanah lateritis), semakin banyak

proporsi pemakaian semen dan semakin lama waktu pemeraman akan semakin tinggi nilai CBR dan UCS (Unconfined Compressive strength) yang dihasilkan (ASCHURI et al. 1999). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa 10% penambahan semen akan menaikkan CBR sampai 500% dari CBR tanah lateritis asli dan 600% bila digunakan 14% semen.

Selain meningkatkan nilai CBR, penambahan semen pada tanah dapat pula menurunkan kepekaan tanah terhadap perubahan kelembaban dan meningkatkan kekuatan serta volume tanah. Disamping itu, penambahan semen akan menghasilkan ikatan antar partikel tanah sehingga tanah tersebut memiliki kekuatan tarik dan modulus kekakuan yang tinggi pula.

Pemakaian lapisan pondasi yang kuat dan kaku pada struktur perkerasan jalan beraspal dimaksudkan untuk memperkecil regangan yang terjadi pada lapis beraspal. Menurut teori klasik regangan pada struktur berlapis, akibat beban lalu lintas, regangan tarik maksimum pada struktur perkerasan jalan ini terjadi pada sisi bawah lapis beraspal. Akibatnya retak yang terjadi selalu dimulai dari sisi bawah lapis tersebut. Model keretakan dari teori ini banyak digunakan dalam perencanaan tebal lapis beraspal. Tetapi kenyataan menunjukkan bahwa keretakan pada lapis beraspal tidak selalu dimulai dari tepi bawah, kadang-kadang dari permukaannya. Menurut GERRITSEN et al (1987) dan SHELL (1978), penggunaan lapis pondasi dengan modulus kekakuan yang sama atau lebih besar dari modulus kekakuan lapis beraspal adalah salah satu penyebab terjadinya retak permukaan ini. Dari hasil penelitiannya KUNST (1989) menyimpulkan bahwa apabila modulus kekakuan pondasi lebih besar dari modulus kekakuan lapis beraspal maka regangan tarik pada permukaan lapis beraspal selalu lebih besar dari yang terjadi disisi bawahnya, dan hal ini berlaku untuk semua kombinasi antara ketebalan dengan modulus kekakuan lapis beraspal.

Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa agar teori klasik regangan pada struktur berlapis masih sepenuhnya berlaku, modulus kekakuan pondasi harus dibatasi dan semaksimal mungkin harus lebih kecil dari modulus lapis beraspal. Modulus kekakuan aspal sendiri bervariasi dan besarnya sangat tergantung pada temperatur. Pada temperatur 25°C, 37,5°C dan 50°C tipikal nilai modulus kekakuan campuran beraspal terletak dalam rentang 3000-4000 MPa, 500-800 MPa dan 200-300 MPa.

Dalam hal lapis pondasi dari tanah-semen, semakin banyak proporsi pemakaian semen akan semakin tinggi modulus kekakuannya. Selain itu, modulus kekakuan tanah semen akan terus meningkat sejalan dengan waktu. Agar regangan tarik yang terjadi pada struktur perkerasan beraspal kecil dan teori klasik regangan pada struktur berlapis banyak dapat digunakan maka tanah-semen yang dibuat harus sekuat mungkin tetapi dengan modulus kekakuan

yang rendah maka bahan polimer yang memberikan sifat elastomer harus digunakan untuk tujuan tersebut.

Polimer yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari jenis PE yang berbentuk cairan (berat jenis 1-1,2) dengan viskositas 1.200 – 2.000 cps dan memiliki nilai pH antara 11,0 – 12,5. PE ini bersifat larut dalam air, netral dan tidak beracun. Polimer ini dapat digunakan bersama-sama dengan tanah dan semen Portland, sehingga membentuk bahan yang padat dan stabil, namun masih bisa dibentuk dan dikupas sesuai dengan kebutuhan. Disamping mempunyai daya rekat yang tinggi, penggunaan PE dapat mengurangi penyusutan (shrinkage) dan pemuaian (expansion) yang terjadi serta menghasilkan struktur yang sangat lentur dan awet.

VI. PEMBUATAN BENDA UJI DAN PENGUJIAN YANG DILAKUKAN

Pengujian ini menggunakan dua jenis benda uji, yaitu benda uji Tanah-Semen (TS) dan benda uji Tanah-Semen-Polimer (TSP). Masing-masing benda uji dibuat dengan dua cara, yaitu pencampuran tanah dengan bahan penstabilisasi dilakukan di lapangan dan laboratorium.

Sebelum dilakukan penambahan bahan penstabilisasi, tanah asli dibersihkan dari kotoran dan tumbuh-tumbuhan dengan cara pengikisan menggunakan motor grader. Setelah itu dilakukan penggarukan. Untuk pencampuran di lapangan, tanah asli yang sudah digemburkan ini dicampur langsung masing-masing dengan 8% semen untuk membuat benda uji TS dan 8% semen terhadap berat kering tanah ditambah 0,4% PE terhadap berat kering tanah-semen untuk membuat benda uji TSP. Motor grader digunakan juga untuk mencampur tanah dengan bahan penstabilisasi. Setelah campuran merata, contoh uji tanah diambil dan dimasukkan ke dalam kantong plastik. Selanjutnya contoh uji ini diangkut ke laboratorium untuk pembuatan benda uji.

Untuk pencampuran di laboratorium, tanah yang sudah digemburkan di lapangan diambil dan diangkut ke laboratorium. Sebelum dilakukan pencampuran, tanah ini dipecahkan lagi dengan menggunakan palu karet dan disaring dengan menggunakan saringan No.4. Kemudian tanah tersebut dikeringkan sampai beratnya konstan. Air sedemikian banyaknya ditambahkan pada tanah ini sehingga kadar air contoh uji sama dengan kadar air contoh uji di lapangan. Selanjutnya semen, semen dan PE masing-masing dengan dosis yang sama dengan dosis pada pencampuran di lapangan ditambahkan masing-masing untuk membuat benda uji TS dan TSP. Pembuatan benda uji, baik hasil pencampuran lapangan ataupun laboratorium, mengikuti prosedur pembuatan benda uji untuk masing-masing pengujian

yang akan dilakukan. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisa saringan, pengujian batas Atterberg, pemadatan CBR, kuat tekan dan modulus kekakuan. Pemadatan benda uji dilakukan lapis demi lapis sebanyak tiga lapis dengan menggunakan pemadat proctor dengan 25 tumbukkan tiap lapisnya.

VII. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Hasil pengujian pada benda uji TS dan TSP dari hasil pencampuran di lapangan dan di laboratorium diberikan dalam Tabel 1 dan Gambar 1 sampai Gambar 4.

Dari Tabel 1 dan Gambar 1 dapat dilihat bahwa penambahan 0,4% PE terhadap berat kering tanah-semen relatif tidak merubah batas-batas Atterberg tanah-semen tersebut. Dari grafik ini dapat dilihat juga bahwa hasil pengujian dari benda uji yang dicampur di lapangan dan laboratorium tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa proses pencampuran tanah-semen dan tanah-semen-polimer di lapangan dapat menghasilkan campuran yang sama homogenya seperti hasil pencampuran di laboratorium.

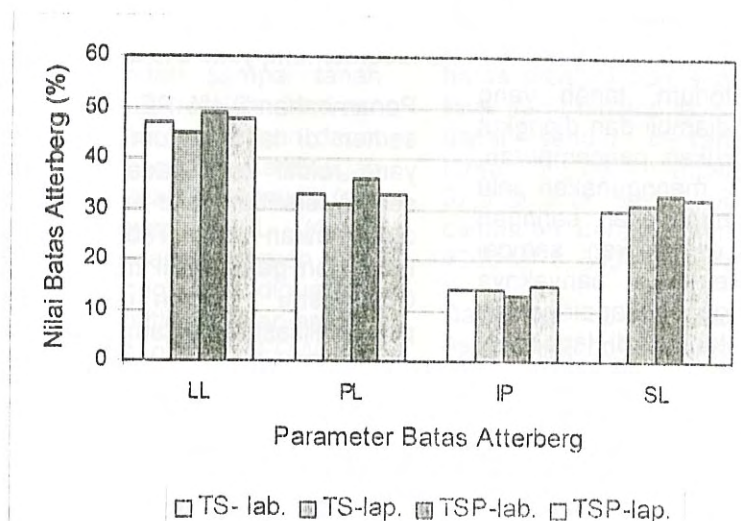
PE ternyata juga mempunyai efek pengikat (bonding effect) pada tanah-semen, hal ini dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar ini, dapat dilihat bahwa akibat penambahan PE pada tanah-semen, terjadi penurunan persentase butiran tanah-semen yang lolos saringan nomor 40 dan nomor 200. Besarnya penurunan akibat penambahan 0,4% PE terhadap berat kering tanah-semen adalah sekitar 6% dan 1% masing-masing untuk saringan nomor 40 dan nomor 200. Kecendrungan yang sama terjadi pula pada tanah-semen hasil pencampuran di lapangan, hanya saja penurunannya yang terjadi lebih kecil dari yang dihasilkan oleh benda uji hasil pencampuran di laboratorium, yaitu 3% dan 0,2%.

Penambahan 0,4% PE terhadap berat kering tanah-semen di laboratorium juga memberikan pengaruh yang relatif kecil pada kenaikan nilai CBR tanah-semen tersebut, yaitu hanya sekitar 2%, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1 dan Gambar 3. Tetapi tabel dan gambar ini menunjukkan juga bahwa nilai CBR justru menurun untuk benda uji yang bahan penstabilisasinya dicampur di lapangan. Penurunan nilai CBR ini mungkin disebabkan karena penundaan waktu pemadatan (benda uji dipadatkan di laboratorium sehari setelah pencampuran) menyebabkan terjadinya reaksi awal antara polimer CBR. Dari kenyataan ini dapat disimpulkan bahwa pada stabilisasi semen pemadatan tanah-semen harus dilakukan segera sesaat setelah pencampuran selesai.

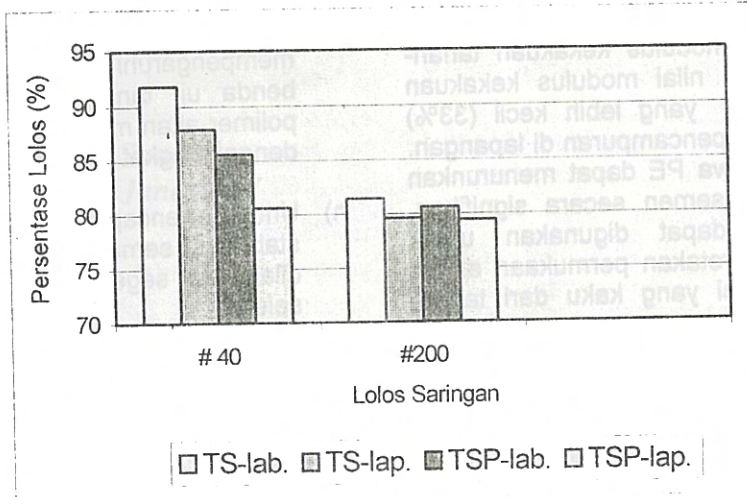
Tabel 1.
HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM BENDA UJI HASIL PENCAAMPURAN
DI LABORATORIUM DAN LAPANGAN

No.	Jenis Pengujian	Hasil Stabilisasi dengan Pencampuran di			
		Laboratorium		Lapangan	
		TS	TSP	TS	TSP
1	Batas cair (%)	47	49	45	48
2	Batas plastis (%)	33	36	31	33
3	Indeks plastis	14	13	14	15
4	Batas susut (%)	30	33	31	32
5	Berat jenis	2,76	2,76	2,76	2,76
6	Lolos saringan No. 40 (%)	91,8	85,6	87,9	80,6
7	Lolos saringan No. 200 (%)	81,4	80,6	79,6	79,4
8	Berat kering kering maksimum (gr/cc)	1,75	1,72	1,55	1,52
9	Kadar air optimum (%)	-	-	-	-
10	Kadar air tanah asli (%)	20,5	20,5	20,5	20,5
11	Kadar air pemadatan (%)	28,1	27,3	-	-
12	Kepadatan (%)	1,90	1,94	1,36	1,22
13	CBR (%)	67	69	42	38
14	Modulus pada 250 kPa (Mpa)	872	521	323	216
15	UCS (kg/cm ²) pada umur:				
	□ 1 hari	6,7	6,2	2,65	2,61
	□ 7 hari	8,4	8,0	2,81	4,26
	□ 14 hari	8,6	8,5	3,56	4,97
	□ 21 hari	10,7	10,8	6,79	5,99
	□ 28 hari	12,7	16	7,54	6,5

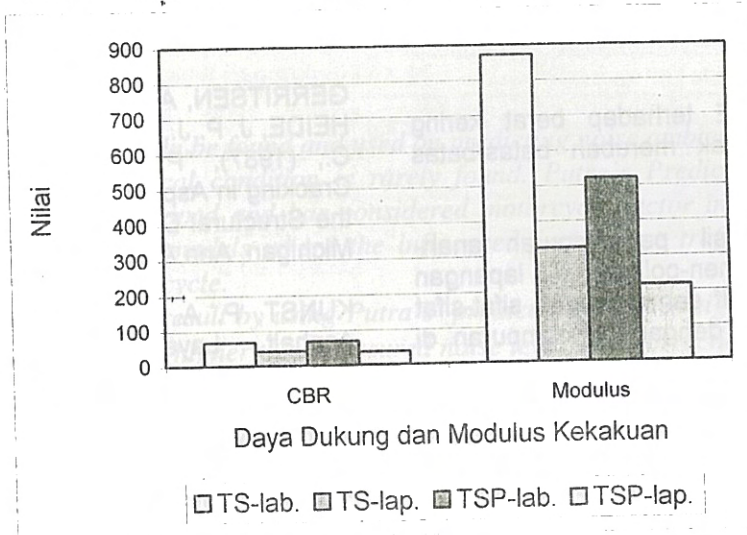
Gambar 1 :
NILAI BATAS ATTERBERG TS DAN TSP HASIL PENCAAMPURAN
LABORATORIUM DAN LAPANGAN



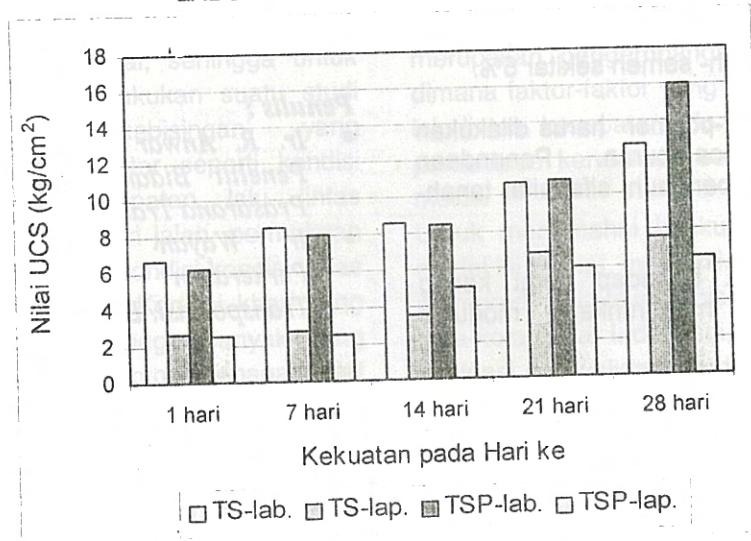
Gambar 2 :
PERSENTASE LOLOS SARINGAN NOMOR 40 DAN NOMOR 200
PADA BENDA UJI TS DAN TSP HASIL PENCAMPURAN
LABORATORIUM DAN LAPANGAN



Gambar 3 :
NILAI CBR DAN MODULUS KEKAKUAN BENDA UJI TS DAN TSP
HASIL PENCAMPURAN LABORATORIUM DAN LAPANGAN



Gambar 4 :
NILAI UCS BENDA UJI TS DAN TSP HASIL PENCAMPURAN
LABORATORIUM DAN LAPANGAN



Penambahan PE ternyata dapat menurunkan modulus kekakuan tanah-semen, seperti yang diperlihatkan juga pada Gambar 3. Pencampuran 0,4% PE terhadap berat kering tanah-semen di laboratorium menyebabkan penurunan modulus kekakuan tanah-semen sampai 40% dari nilai modulus kekakuan tanah-semen. Penurunan yang lebih kecil (33%) terjadi pada benda uji hasil pencampuran di lapangan. Hasil ini membuktikan bahwa PE dapat menurunkan modulus kekakuan tanah semen secara signifikan. Dengan demikian, PE dapat digunakan untuk mengantisipasi terjadinya keretakan permukaan akibat menggunakan lapis pondasi yang kaku dari tanah-semen.

Pengaruh negatif penundaan pemadatan pada nilai CBR terlihat pula pada hasil uji UCS, tetapi pengaruh ini tidak begitu nyata seperti halnya yang terjadi pada nilai CBR. Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai UCS untuk semua jenis benda uji akan meningkatkan sejalan dengan waktu dengan tingkat peningkatan yang relatif sama.

VIII. KESIMPULAN

- a) Penambahan 0,4% PE terhadap berat kering tanah-semen relatif tidak merubah batas-batas Atterberg tanah-semen.
- b) Sifat-sifat benda uji hasil pencampuran tanah-semen dan tanah-semen-polimer di lapangan menunjukkan hasil relatif sama dengan sifat-sifat benda uji yang dibuat dengan pencampuran di laboratorium.
- c) PE ternyata juga mempunyai efek pengikat (bonding effect) pada tanah-semen. Hal ini ditunjukkan dengan lebih kecilnya persentase butiran yang lolos saringan nomor 40 dan nomor 200 dari tanah-semen-polimer dibandingkan dengan tanah-semen.
- d) Bila dilakukan dengan baik, penambahan 0,4% PE terhadap berat kering tanah-semen dapat menaikkan nilai CBR tanah- semen sekitar 5%.
- e) Pengujian tanah-semen-polimer harus dilakukan sesaat setelah pencampuran. Penundaan pengujian sangat mempengaruhi sifat-sifat tanah-semen-polimer.
- f) Penambahan 0,4% PE terhadap berat kering tanah-semen dapat menurunkan modulus

kekakuan atau meningkatkan elastisitas tanah-semen antara 33%-40%.

- g) Penambahan PE pada tanah-semen juga mempengaruhi nilai UCS tanah-semen. Nilai UCS benda uji tanah-semen ataupun tanah-semen-polimer akan meningkatkan sejalan dengan waktu dengan tingkat peningkatan yang relatif sama.
- h) Untuk mencapai hasil yang optimum, pada stabilisasi semen pemadatan tanah-semen harus dilakukan segera sesaat setelah pencampuran selesai.

DAFTAR PUSTAKA :

ASCHURI IMAM dan YAMIN R. ANWAR, (1999), "Stabilisasi Semen pada Tanah Lateritis Marauke (Pilot Project)", Simposium II FSTPT, Int. Tek. Surabaya, Indonesia.

BELL, F. G., (1993), "Engineering Treatment of Soils", E and FN Spon. Suffolk, England.

GERRITSEN, A. H., VAN GURP, C.A.P.M., VAN DER HEIDE, J. P. J., MOLENAAR, A. A. A. and PRONK, A. C., (1987), "Prediction and Prevention of Surface Cracking in Asphalt Pavement", Proc. 6th. Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements", Univ. of Michigan, Ann Arbor.

KUNST, P. A. J. C., (1989), "Surface Cracking on Asphalt Layers", Working Committee B12, Hoevenlaken, Holland.

MORIN, W and TODER, P.C., (1971), "Laterite and Lateritic Soils and others Problem Soils of Africa", US. Agency for Int. Dev. Report AID/CSD-2146.

SHELL, (1978), "Shell Pavement Design Manual", Shell Int. Petroleum Comp. Ltd. London.

SHERWOOD, P., (1993), "Soil Stabilization with Cement and Lime", TRL, London.

Penulis :

- Ir. R. Anwar Yamin, MSc. MIHT. TMIPENZ., Peneliti Bidang Perkerasan Jalan Puslitbang Prasarana Transportasi. Bandung.
- Ir. Wayan Dharmayasa, Peneliti Bidang Perkerasan Jalan Puslitbang Prasarana Transportasi. Bandung.