



# PENGARUH KAPUR TERHADAP SIFAT TANAH LEMPUNG PADA STABILISASI

M. Suherman

## RINGKASAN

Pada prinsipnya stabilisasi kapur adalah untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada, yaitu stabilitas volume, kekuatan dan tegangan-regangan, kelulusan air dan daya tahan. Stabilitas volume termasuk pengembangan dan penyusutan dapat diperbaiki dengan pertukaran kation yang berhidrat tinggi seperti : sodium oleh kation hidrat rendah atau kalsium, magnesium, aluminium dengan sementasi.

Terjadinya kekuatan dan kekakuan yang tinggi dapat dicapai dengan mengeliminasi pori yang besar oleh ikatan partikel dan agregat, oleh flokulasi susunan partikel dan menjaga pengembangan. Kelulusan air dapat di tetapkan dengan perubahan distribusi ukuran butir

## SUMMARY

The principal of lime stabilization is to improve the properties of existing soils or control volume stability, strength and stress-strain, permeability and durability. Volume stability (swelling and shrinkage) can be improved by the replacement of high hydration cations such as sodium or by low hydration cations, such as calcium, magnesium, aluminum by cementation.

The developments of high strength and high stiffness are achieved by the elimination of large pores, by bonding particles and aggregates together, by maintains the flocculent particle arrangement, and by the prevention of swelling. The permeability is altered by the modification of pore size distribution.

## I. PENDAHULUAN

Maksud dari stabilisasi tanah lempung ini adalah melakukan pencampuran tanah lempung dengan bahan stabilisasi kapur pada persentase tertentu. Dengan adanya penambahan kapur, maka terjadi perubahan sifat tanah lempung yaitu meningkatnya kemampuan dukung yang lebih tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan jalan.

Tanah dasar yang berupa lempung pada umumnya mempunyai kemampuan dukung yang relatif rendah dan plastisitas tinggi sehingga sering tidak mencukupi. dalam memenuhi spesifikasi bahan jalan yang disyaratkan.

Untuk menghadapi masalah tersebut, maka diperlukan suatu usaha penanganan dengan melakukan stabilisasi tanah lempung dari daerah setempat dengan bahan pengeras, sehingga dapat merubah sifat fisik maupun sifat teknik tanah tersebut.

Penelitian stabilisasi tanah lempung dengan kapur dilakukan pada tahun 2000 dimana tanah lempung diambil dari daerah Lamongan – Gresik Jawa Timur.

## II. TEORI DASAR

### 2.1 Tanah Lempung

Tanah lempung adalah butiran koloidal yang sangat halus mempunyai ukuran butir lebih kecil atau sama dengan 2 micron. Tanah ini terbentuk dari hidrat aluminium silika dan bercampur bahan organik, bersifat kohesif, berplastis, mudah terkonsolidasi bila terbebani dan mempunyai sifat kembang-susut akibat perubahan kadar air.

### 2.2. Tanah Lempung Sebelum di Stabilisasi

Tanah lempung yang akan dirubah sifat fisik dan teknik mempunyai sifat berikut.

#### a. Parameter Tanah

Tabel 2.1  
SIFAT FISIK DAN TEKNIK TANAH

No.	Parameter	Satuan	Nilai
A	Tanah asli		
1	Berat isi tanah ( $\gamma$ )	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,83
2	Lolos saringan No 200	(%)	97,06
3	Batas Cair (LL)	(%)	80,90
4	Indeks plastisitas (PI)	(%)	48,50
B	Tanah Dipadatkan		
5	Nilai CBR (100%)	(%)	2,37
6	Kuat tekan bebas ( $q_u$ )	(kg/cm <sup>2</sup> )	1,75
7	Kadar air optimum(w)	(%)	30,0
8	Kepadatan ( $\gamma_d$ )	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,18

#### b. Kimia Tanah

Hasil pemeriksaan kimia, tanah yang akan digunakan mempunyai kandungan silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) = 59,62 %, aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 13,93 %, ferri oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 2,33 %, dan kalsium oksida (CaO) = 6,36 %

### 2.3 Kapur

Kapur sebagai bahan stabilisasi yang sering digunakan mengandung kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) Kapur yang sering didapat diperdagangan merupakan hasil pembakaran batu kapur atau dolomit.

Kapur yang digunakan untuk campuran stabilisasi mempunyai senyawa kimia seperti di bawah ini.

Tabel 2.2  
SENYAWA KIMIA KAPUR

No.	Parameter	Nilai
1	Kalsium Oksida (CaO)	44,51
2	Magnesium Oksida (MgO)	26,05
3	Aluminium Oksida (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,21
4	Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> )	1,00
5	Ferri Oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,10
6	Hilang Pijar (Hp)	27,0

### 2.4 Reaksi Kapur dengan Tanah

#### a. Absorpsi Air

Kapur yang dicampur dengan tanah yang mengandung air, maka akan terjadi reaksi  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaOH}_2 + 15,6 \text{ kcal/mol}$ . Melalui reaksi kimia tersebut 0,321 kg air bereaksi dengan 1,0 kg kapur dan menimbulkan panas sebesar 278 kcal. Pada saat yang bersamaan, volume kapur menjadi kira-kira dua kali lebih besar dari volume awal, sehingga berakibat turunnya persentase kandungan air dalam tanah.

#### b. Pertukaran Ion

Butiran lempung dalam kandungan tanah berbentuk halus dan bermuatan negatif. Ion yang bermuatan positif, seperti ion hidrogen (H<sup>+</sup>), ion sodium (Na<sup>+</sup>), ion kalium (K<sup>+</sup>) serta air yang berpolarisasi, semuanya melekat pada permukaan butiran lempung. Dengan demikian maka permukaan butiran lempung menjadi kehilangan kekuatan tolaknya (refulsion force) dan terjadilah kohesi pada butiran tanah itu sendiri sehingga berakibat meningkatnya kekuatan konsistensi tanah.

#### c. Reaksi Pozzolan

Dengan berlalunya waktu, maka silika (SiO<sub>2</sub>) dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang terkandung dalam tanah lempung akan bereaksi dengan kapur dan membentuk kalsium silika hidrat. Pembentukan senyawa ini terus berlangsung untuk waktu relatif lama, sehingga menyebabkan tanah menjadi keras.

### 2.5 Pengaruh Kapur Terhadap Perubahan Sifat Tanah

Pengaruh kapur terhadap tanah yang berdominan lempung adalah merubah sifat fisik dan sifat teknik.

#### a. Perubahan Distribusi Butiran Tanah

Perubahan yang mula-mula nampak adalah pengelompokan butiran halus menjadi kelompok butiran kasar akibat flocculation. Dengan terjadinya perubahan ini maka tanah akan mempunyai butiran yang lebih kasar dan gembur.

#### b. Perubahan Plastisitas Tanah

Menurut A.M Jonhson (1948) menyatakan bahwa pada percobaan-percobaan terhadap 30 macam lempung dan 8 macam kerikil pasir lempungan, dengan menambahkan 2% - 5% kapur, kekuatan tanah meningkat dengan tingkat yang berbeda-beda. Disamping itu diperlihatkan pula bahwa stabilisasi kapur dapat memperkecil indeks plastisitas tanah lempung. Tanah yang mempunyai nilai indeks plastisitas (PI) antara 15% sampai 20% dapat diturunkan menjadi rata-rata 8% dengan penambahan kapur sekitar 2% hingga 3%.

#### c. Perubahan Kekuatan Tanah

Pengaruh stabilisasi terhadap kekuatan tanah adalah meningkatkan daya dukung yang diakibatkan oleh senyawa kimia yang disusul dengan pengerasan hidrasi. Besarnya kekuatan tanah biasanya dinyatakan dengan nilai california bearing ratio (CBR) atau nilai unconfined compressive strength (qu).

#### d. Pengembangan dan Penyusutan

Stabilisasi dengan kapur dapat juga berpengaruh terhadap sifat pengembangan tanah (swell) ataupun penyusutan (shrinkage). Umumnya hasil stabilisasi akan memperkecil sifat pengembangan dan akan menaikkan nilai batas susut tanah.

## III. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen atau percobaan uji laboratorium, yaitu melakukan pencampuran tanah dengan bahan stabilisasi kapur, kemudian dipadatkan dalam cetakan.

### 3.1. Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah lempung diambil dari ruas jalan antara Gresik- Lamongan Km Gsk 16+500 di Propinsi Jawa Timur.

### 3.2. Desain Campuran

#### Persentase kadar kapur

Persentase kapur yang diberikan adalah sebesar 4%, 6% dan 8% dari berat kering tanah lempung.

#### Lama Pemeraman

Waktu pemeraman benda uji dilakukan selama 0 hari, 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. untuk memberikan proses reaksi dari kapur terhadap tanah lempung.

#### Pemeriksaan laboratorium

Pemeriksaan laboratorium meliputi klasifikasi termasuk pembagian butir, uji kekuatan tanah dengan CBR (rendaman) dan kuat tekan bebas (qu) serta uji pengembangan.

#### IV. DATA DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Data

Percobaan campuran (stabilisasi) kapur dengan tanah lempung dilakukan di laboratorium mekanika tanah Pusat Litbang Prasarana Transportasi di Bandung. Tanah yang di uji berupa tanah asli dan tanah hasil campuran dimana tanah campuran dengan

persentase kapur sebesar 4%, 6% dan 8%. Waktu pemeraman diberikan 0 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari.

Hasil pengujian laboratorium yang berupa Atterberg limit, CBR, kuat tekan bebas dan pebagian butir terhadap tanah asli dan tanah campuran dapat disajikan seperti tabel dan grafik berikut :

Tabel 4.1  
NILAI INDEKS PLASTISITAS (PI)

No	Campuran Tanah	Nilai PI (%)			
		Waktu Pemeraman			
		0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Tanah Asli	48,58	-	-	-
2	Tanah Campuran	47,82	46,62	44,82	39,03
	a. Campuran 4 % kapur	45,57	43,17	31,71	28,64
	b. Campuran 6 % kapur	41,03	40,15	26,43	24,02
	c. Campuran 8 % kapur				

Tabel 4.2  
NILAI CBR

No	Campuran Tanah	Nilai CBR (%)			
		Waktu Pemeraman			
		0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Tanah Asli	2,37	-	-	-
2	Tanah Campuran	6,00	14,50	27,83	23,37
	a. Campuran 4 % kapur	11,67	25,00	36,00	32,00
	b. Campuran 6 % kapur	15,33	27,33	37,67	35,43
	c. Campuran 8 % kapur				

Tabel 4.3  
KUAT TEKAN BEBAS (qu)

No	Campuran Tanah	Nilai kuat Tekan Bebas (qu) kg/cm <sup>2</sup>			
		Waktu Pemeraman			
		0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Tanah Asli	1,75	-	-	-
2	Tanah Campuran	4,00	4,46	5,73	5,21
	a. Campuran 4 % kapur	4,50	5,41	6,70	6,51
	b. Campuran 6 % kapur	5,23	6,70	7,47	7,03
	c. Campuran 8 % kapur				

Tabel 4.4  
PENGEMBANGAN VOLUME (PV)

No	Campuran Tanah	Pengembangan Volume PV (%)			
		Waktu Pemeraman			
		0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Tanah Asli	5,15	-	-	-
2	Tanah Campuran	4,89	1,35	1,11	0,82
	a. Campuran 4 % kapur	4,54	0,48	0,35	0,34
	b. Campuran 6 % kapur	3,95	0,09	0,08	0,07
	c. Campuran 8 % kapur				

Tabel 4.5  
UKURAN BUTIR

No	Jenis Tanah	Tanah Asli	Waktu Pemeraman 4 % Kapur			
			0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Lolos saringan No. 200 %	97,06	84,22	81,44	73,86	80,04
2	Pasir %	2,94	15,78	18,56	26,14	19,96
3	Lanau %	53,06	47,22	53,94	51,86	60,04
4	Lempung %	44,00	37,00	27,50	22,00	20,00

Tabel 4. 5  
UKURAN BUTIR

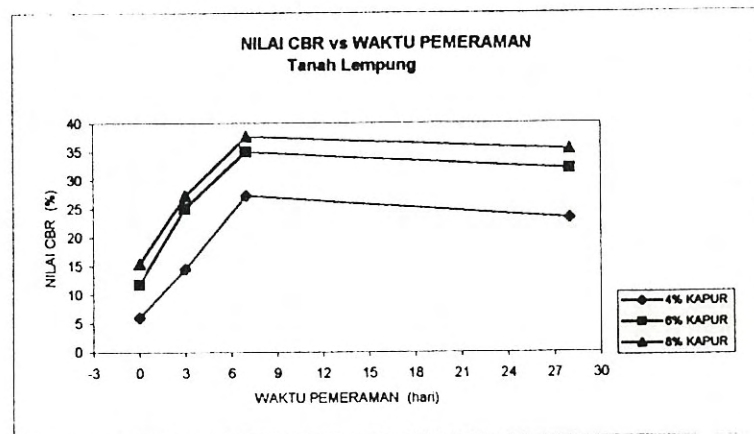
No	Jenis Tanah	Tanah Asli	Waktu Pemeraman 4 % Kapur			
			0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Lolos saringan No. 200 %	97,06	84,22	81,44	73,86	80,04
2	Pasir %	2,94	15,78	18,56	26,14	19,96
3	Lanau %	53,06	47,22	53,94	51,86	60,04
4	Lempung %	44,00	37,00	27,50	22,00	20,00

No	Jenis Tanah	Tanah Asli	Waktu Pemeraman 6% Kapur			
			0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Lolos saringan No. 200 %	97,04	82,90	65,06	68,42	55,38
2	Pasir %	2,94	17,10	34,94	31,58	44,62
3	Lanau %	53,06	52,90	51,06	60,92	43,38
4	Lempung %	44,00	30,00	14,00	7,50	12,00

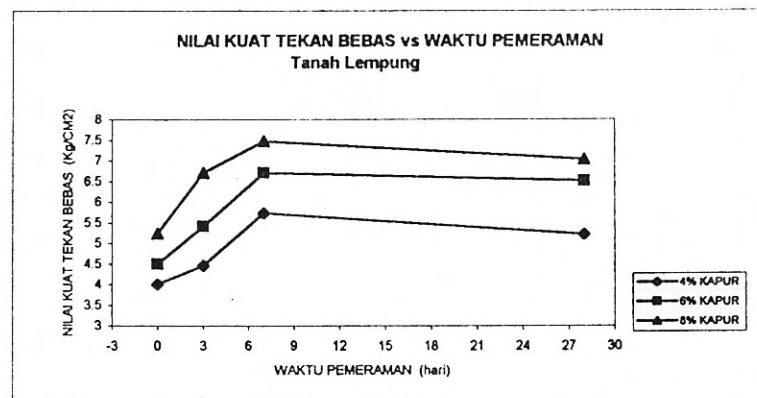
No	Jenis Tanah	Tanah Asli	Waktu Pemeraman 8 % Kapur			
			0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Lolos saringan No. 200 %	97,06	54,52	56,96	64,00	48,20
2	Pasir %	2,94	45,48	43,04	36,00	51,80
3	Lanau %	53,06	39,02	44,46	59,00	45,70
4	Lempung %	44,00	15,50	12,50	5,00	2,50

Grafik dari nilai perubahan sifat teknik dan sifat fisik tanah hasil campuran dapat digambarkan seperti di bawah ini :

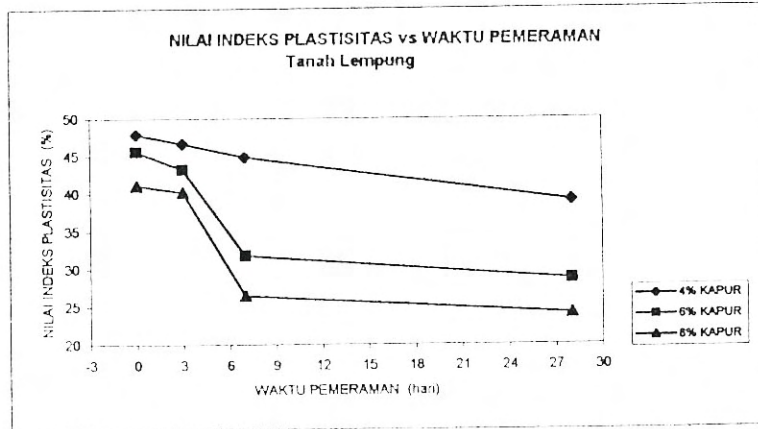
Grafik 4. 1  
NILAI CBR STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR



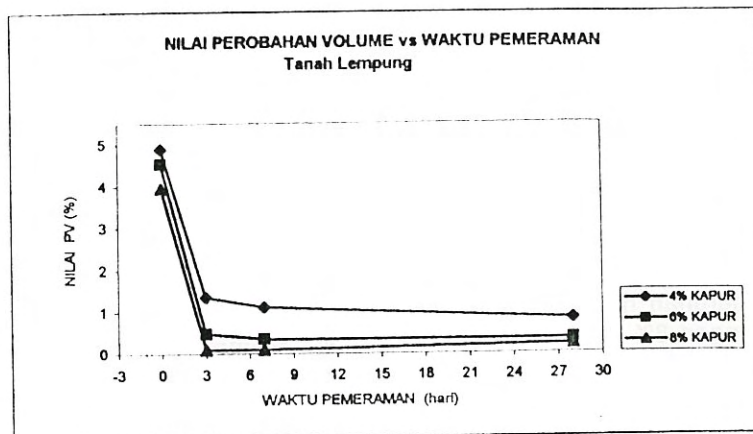
Grafik 4.2  
NILAI  $q_u$  STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR



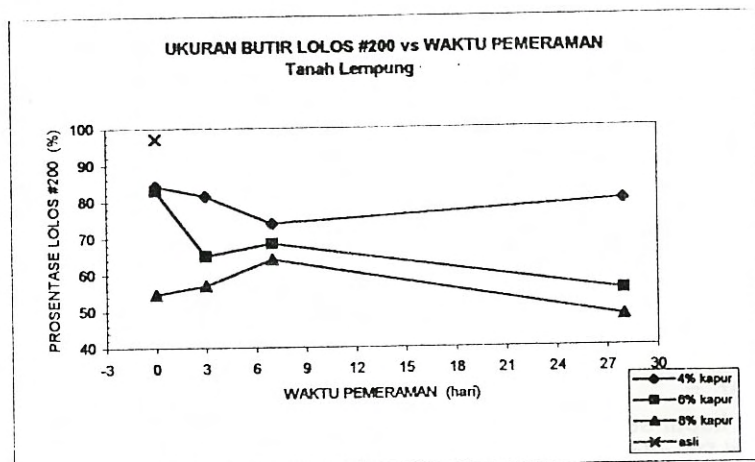
Grafik 4.3  
NILAI PI STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR



Grafik 4.4  
NILAI Pv STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR



Grafik 4.5  
UKURAN BUTIR STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR



## 4.2 Pembahasan

Tanah lempung yang telah dicampur dengan kapur dengan selama pemeraman berumur 7 hari, menghasilkan peningkatan kekuatan tanah :

### 1. Perubahan Kekuatan

#### a. Nilai CBR

Tanah lempung sebelum dilakukan stabilisasi mempunyai nilai CBR = 2,37 %. Setelah distabilisasi dengan 4% kapur menjadi CBR= 27,33% atau terjadi kenaikan kekuatan  $F_k=11,53$ . dan distabilisasi dengan 6% kapur menjadi CBR= 35,00% atau terjadi kenaikan kekuatan  $F_k=14,76$  serta distabilisasi dengan 8% kapur menjadi CBR= 37,67% atau terjadi kenaikan kekuatan  $F_k=15,89$ .

#### b. Nilai Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ )

Tanah lempung sebelum dilakukan stabilisasi mempunyai nilai kuat tekan bebas  $q_u= 1,75 \text{ kg/cm}^2$ . Setelah distabilisasi dengan 4% kapur menjadi  $q_u= 5,73 \text{ kg/cm}^2$ , atau terjadi kenaikan kekuatan  $F_k= 3,27$  dan distabilisasi dengan 6% kapur menjadi  $q_u= 6,70 \text{ kg/cm}^2$ , atau terjadi kenaikan kekuatan  $F_k = 3,83$  serta distabilisasi dengan 8% kapur menjadi  $q_u= 7,47 \text{ kg/cm}^2$ , atau terjadi kenaikan kekuatan  $F_k = 4,27$ .

#### 1. Perubahan Nilai Indeks Plastisitas (PI)

Tanah lempung sebelum dilakukan stabilisasi mempunyai nilai indeks plastisitas  $PI = 48,58 \%$ . Setelah distabilisasi dengan 4% kapur menjadi  $PI= 44,82 \%$ , atau terjadi penurunan nilai plastisitas  $F_t = 0,92$  dan distabilisasi dengan 6% kapur menjadi  $PI= 31,71\%$ , atau terjadi penurunan nilai plastisitas  $F_t = 0,65$  serta distabilisasi dengan 8% kapur menjadi  $PI= 26,43\%$ , atau terjadi penurunan nilai plastisitas  $F_t = 0,54$ .

#### 2. Perubahan Ukuran Butir

Tanah lempung sebelum dilakukan stabilisasi mempunyai ukuran butir : lolos saringan No 200 = 97,06%, pasir 2,94%, lanau 53,06 % dan lempung 44,00%.

Setelah dilakukan stabilisasi dengan kapur 4%, 6% dan 8% selama waktu pemeraman 7 hari, ukuran butir berubah menjadi :

Pada campuran 4% kapur, lolos saringan No 200 = 73,86%, pasir = 26,14%, lanau 51,86% dan lempung =22,0%. Pada campuran 6% kapur, lolos saringan No 200 = 68,42%, pasir = 31,58%, lanau 60,92% dan lempung = 7,5%.

Pada campuran 8% kapur, lolos saringan No 200 = 64,00%, pasir = 36,00%, lanau 59,00% dan lempung = 5,0%.

#### 3. Perubahan Pengembangan Volume

Tanah lempung sebelum distabilisasi mempunyai nilai pengembangan volume  $PV = 5,15 \%$ . Setelah dilakukan stabilisasi dengan kapur selama pemeraman 7 hari, maka perubahan nilai PV adalah :

Campuran 4% kapur, nilai pengembangan volume menjadi  $PV= 1,11 \%$  atau terjadi pengurangan  $F_t=0,21$  dan campuran 6% kapur, nilai pengembangan volume

menjadi  $PV = 0,35 \%$  atau terjadi pengurangan  $F_t = 0,07$  dan campuran 8% kapur, nilai pengembangan volume menjadi  $PV = 0,08 \%$  atau terjadi pengurangan  $F_t = 0,02$ .

## V. KESIMPULAN

Stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan bahan stabilisasi kapur dapat merubah sifat fisik dan teknis. Dengan kadar campuran kapur 4%, 6% dan 8% perubahan sifat-sifat tanah meliputi :

1. Meningkatkan kekuatan tanah.  
Kekuatan tanah lempung yang mempunyai nilai CBR dan kuat tekan bebas ( $q_u$ ) yang relatif kecil, setelah distabilisasi dengan kapur, daya dukungnya menjadi meningkat, Pada pemeraman 7 hari, faktor peningkatan kekuatan ( $F_k$ ) tanah yang dinyatakan dengan nilai CBR adalah berkisar  $F_k = 11,53 - 15,89$ , sedangkan nilai kuat tekan bebas  $q_u$  berkisar  $F_k= 3,27 - 4,26$ .
2. Menurunkan nilai indeks plastisitas (PI)  
Nilai indeks plastisitas tanah lempung yang tinggi, setelah distabilisasi dengan kapur nilai PI menjadi lebih kecil.  
Pada pemeraman 7 hari faktor penurunan ( $F_t$ ) indeks plastisitas  $F_t = 0,92 - 0,54$ .
3. Merubah ukuran butir yang halus menjadi lebih kasar  
Tanah lempung yang mempunyai butiran halus setelah distabilisasi dengan kapur, butiran ini berubah menjadi lebih kasar yaitu berupa tanah lanau dan pasir. Tanah lanau juga mengalami perubahan menjadi lebih kasar yaitu berupa tanah pasir
4. Memperkecil pengembangan volume (PV)  
Nilai pengembangan volume tanah lempung yang dipadatkan, setelah distabilisasi dengan kapur nilai PV menjadi lebih kecil. Pada pemeraman 7 hari faktor penurunan ( $F_t$ ) nilai pengembangan volume  $F_t = 0,21 - 0,07$ .

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, J.E Physical and Geotechnical Properties of Soil, Mc Graw Hill Book Company, 1979.
2. Department of The Environment Transport And Road Research Laboratory, Soil Mechanics for Road Engineer, London Her Majesty's Stationary Office, 1952.
3. Ingles O G and Matcaff J H, Soil Stabilization Principles and Practice, Butterworths, Sydey 1972
4. Manual For Design and Construction of Cement and Lime Stabilized Pavement Materials, 1998, Institute of Road Engineering, Ministry of Public Works.

Penulis :

M. Suherman, Peneliti Madya Bidang Geoteknik, Pusat Litbang Prasarana Transportasi

