

Perubahan Sifat Fisik Tanah Lempung Lunak Yang Distabilisasi Dengan Kapur CaCO_3

Iswinarti¹, Iwan Cahyono²

Jurusan Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Jombang^{1,2}

iswinarti59@gmail.com¹, cahyonoiwan15@gmail.com²

Abstract— In this research, the stabilization material used is calcium carbonate limestone (CaCO_3) which is a byproduct of PT Petrokimia Gresik. The stabilized soil is clay soil Sukolilo. The percentage of CaCO_3 lime for stabilization is varied (20%, 30%, 40% dan 50%) and substituted in different times 10, 20, 30, and 60 days. Calcium of CaCO_3 containing Ca and CaCO_3 amounted by 27.64% and 69.10%. The content of the metal weighs is below the permissible threshold, so it is safe to use as a stabilizer. Sukolilo clay soil can be classified as soil soft clay with very high potential swelling. Physical properties of clay increased with increasing percentage of stabilized CaCO_3 limestone material mixed; the maximum increase occurs when the blended stabilization material reach 50%. At 30 days of stabilization age, soil physical properties decreased; after this, it will be increases again with increasing stabilization age.

Keyword: soft clay, stabilization, CaCO_3 limestone, soil physical

Intisari— Dalam penelitian ini, bahan stabilisasi yang digunakan adalah kapur kalsium karbonat (CaCO_3) yang merupakan produk samping dari PT Petrokimia Gresik. Tanah yang distabilisasi adalah tanah lempung Sukolilo. Prosentase kapur CaCO_3 untuk stabilisasi dibuat bervariasi (20%, 30%, 40% dan 50%) dan diperam dalam waktu 10, 20, 30, dan 60 hari. Kapur CaCO_3 yang distudi mengandung Ca dan CaCO_3 masing-masing sebesar 27,64 % dan 69,10%. Kandungan logam beratnya jauh dibawah ambang batas yang diperbolehkan, sehingga kapur tersebut aman untuk digunakan sebagai bahan stabilisasi. Tanah lempung Sukolilo dapat dikelompokkan sebagai tanah lempung lembek dengan swelling potensial sangat tinggi. Sifat fisik tanah lempung meningkat dengan meningkatnya prosentase bahan stabilisasi kapur CaCO_3 yang dicampurkan; peningkatan maksimum terjadi saat bahan stabilisasi yang dicampurkan mencapai 50%. Pada umur stabilisasi 30 hari, sifat fisik tanah mengalami penurunan; setelah itu meningkat kembali dengan bertambahnya umur stabilisasi.

Kata kunci : Tanah lempung lunak, stabilisasi, kapur CaCO_3 , sifat fisik.

I. PENDAHULUAN

Lapisan tanah yang mendominasi wilayah Jawa Timur sepanjang pantai utara serta sepanjang sungai Bengawan Solo dan Kali Brantas adalah tanah soft clay, yang berpotensi untuk distabilisasi adalah seluas 51.500 Ha. Apabila tidak dilakukan perbaikan pada tanah tersebut maka akan muncul berbagai permasalahan konstruksi. Masalah yang selalu dijumpai jika harus membangun konstruksi Sipil diatas tanah soft clay adalah daya dukung yang rendah dan kemampupampatan yang tinggi serta sangat sensitif

terhadap perubahan kadar air. Sehingga kondisi tersebut akan menyebabkan ketidakstabilan bangunan dasar pada konstruksi. Untuk menanggulangi masalah tersebut maka perlu dilakukan perbaikan tanah.

Secara umum, Ingles dan Metcals (1972) mengemukakan dua pendekatan untuk mengatasi problem tanah sulit, salah satunya yaitu tanah lempung digali sampai kedalaman tertentu diganti dengan tanah yang baik atau dirubah sifat-sifatnya dengan cara perbaikan tanah.

Metode perbaikan tanah yang telah banyak dikenal dapat dikelompokkan dalam 2 (dua) grup, yaitu perbaikan tanah cara mekanis dan perbaikan tanah dengan stabilisasi. Metode stabilisasi yang sudah dikembangkan untuk tanah soft clay adalah metode stabilisasi kimia dengan semen atau kapur.

Stabilisasi tanah dengan menggunakan semen dikenal dengan nama cement-treated-ground. Pretty dkk (2013) pernah melakukan penelitian dengan menambahkan semen 20% kedalam tanah lempung dapat meningkatkan daya dukung tanah secara signifikan (767,01%) dari tanah asli dan juga terjadi penurunan pada nilai Indeks Plastis sebesar 56,4%. Namun harga semen relative mahal jika digunakan sebagai bahan stabilisasi. Karena alasan tersebut maka dikembangkan pemakaian kapur untuk bahan stabilisasi karena dianggap lebih ekonomis. Jenis kapur yang umum digunakan adalah kapur hidup (quick lime atau kalsium oksida) dan kapur mati (slake lime atau kalsium hidroksida). Studi sebelumnya mengenai stabilisasi tanah lempung dengan bahan kapur hasilnya sangat memuaskan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Herry dkk (2015), dengan menambahkan 6 % kapur dan abu sekam pada tanah lempung dapat menurunkan IP sebesar 59,35 % dan mengurangi swelling dari tanah aslinya. Begitu juga dalam penelitiannya, Gunarti (2014), mengatakan bahwa dengan mencampur 4,5% RCC + 3% kapur terjadi peningkatan CBR sebesar 193,38% untuk penetrasi 2,5 mm.

Selain itu ada jenis kapur CaCO_3 yang merupakan hasil produk samping perusahaan pupuk (ZA II) Petrokimia Gresik. Hanya saja jenis kapur ini masih sebatas digunakan sebagai pengisi (filler) saja dan kurang efektif sebagai bahan stabilisasi (Ingles dan Metcalf, 1992) padahal jumlah material kapur CaCO_3 yang tersedia sangat banyak. Berdasarkan informasi dari perusahaan pupuk PT Petrokimia Gresik produk samping kapur CaCO_3 yang dihasilkan adalah sebesar 250.000 ton/tahun. Kalau kapur CaCO_3 Petrokimia Gresik dibiarkan, maka akan semakin bertambah banyak sehingga akan mencemari lingkungan dan air tanah. Hasil analisa Laboratorium Uji Kimia Biro Proses dan

Laboratorium PT. Petrokimia Gresik menunjukkan bahwa kandungan CaCO_3 dalam kapur ex PT Petrokimia Gresik ini cukup besar yaitu 71,37 % dan aman bagi lingkungan, hanya saja produk samping ini akan menjadi berbahaya apabila jumlahnya melebihi ambang batas normal. Apabila kapur CaCO_3 ex PT Petrokimia Gresik tersebut digunakan untuk stabilisasi tanah sebagai alternatif pengganti dari semen dan kapur, akan diperoleh 2 (dua) manfaat sekaligus yaitu menanggulangi limbah industri yang jumlahnya berlebihan dan memperoleh bahan stabilisasi pengganti semen dan kapur aktif.

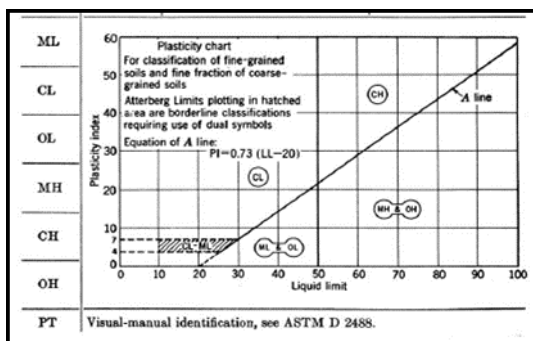
II. TINJAUAN PUSTAKA

Klasifikasi Tanah

Secara umum tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah berbutir kasar dan berbutir halus tergantung pada ukuran partikel paling dominan yang dimilikinya. Tanah pada umumnya terdiri lebih dari satu macam ukuran partikel. Ukuran partikel tanah bervariasi dari lebih besar 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm. Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah yang dapat dipergunakan, namun Sistem klasifikasi tanah yang umum dipakai untuk orang teknik sipil adalah adalah

1. Sistem klasifikasi Unified Soil Classification System (USCS)
2. Sistem klasifikasi American Society for Testing and Materials (ASTM)
3. Sistem klasifikasi U. S. Department of Agriculture (USDA)
4. Sistem klasifikasi American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

Gambar 1 merupakan contoh klasifikasi tanah sistem Unified Soil Classification System (USCS) untuk butiran halus yang didasarkan pada LL dan PI tanah.



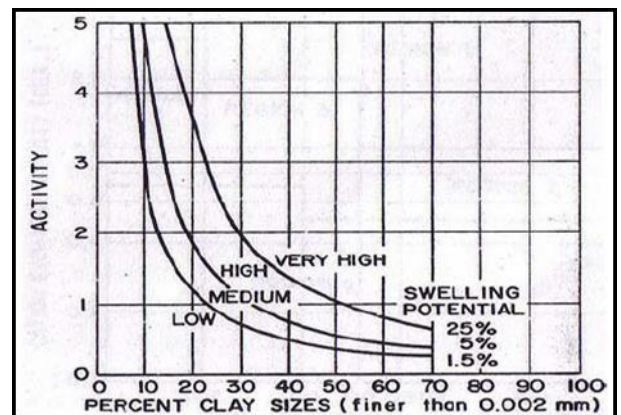
Gambar 1. Grafik klasifikasi tanah berdasarkan USCS (Casagrande, 1948)

Konsistensi Tanah Lempung

Kadar air pada transisi dari keadaan semi padat ke keadaan plastis dinamakan batas plastis (PL), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (LL).

Perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah dinamakan indeks plastis (PI). Batas plastisitas tanah berbutir halus berdasarkan nilai indeks plastisitasnya (PI) menurut Krep & Walker (1971), dikelompokkan sebagai berikut: nilai $PI = 0 - 7\%$ merupakan tanah dengan plastisitas rendah, $7\% - 17\%$ termasuk tanah dengan plastisitas sedang, dan $PI > 17\%$ disebut sebagai tanah dengan plastisitas tinggi.

Skempton (1953) mendefinisikan aktivitas (A) tanah lempung sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (IP) dengan prosentase butiran lebih kecil dari 0,002 mm. Harga aktivitas digunakan untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang (swelling potensial) dari suatu tanah lempung. Chart pada gambar 2. (Nelson & Miller, 1991) dapat digunakan untuk menentukan swelling potensial suatu tanah setelah diketahui harga Aktivitas (A) dan prosen (%) butiran lempung dari tanah tersebut.

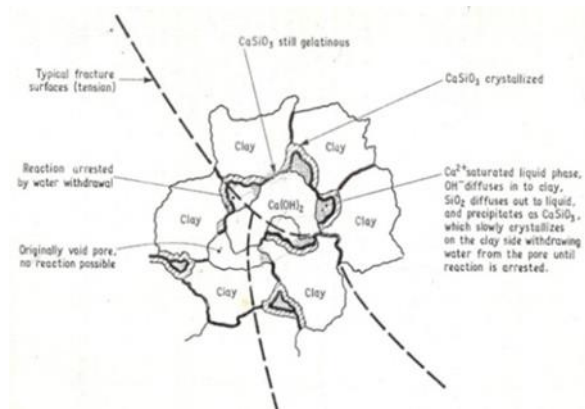


Gambar 2. Hubungan antara prosentase butiran lempung dan Aktivitas (Nelson & Miller 1991)

Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Kapur

Kapur merupakan bahan yang efektif untuk stabilisasi tanah dengan plastisitas tinggi karena tanah menjadi lebih mudah untuk dikerjakan dan kekuatannya meningkat. Kapur sangat disarankan untuk dipakai sebagai bahan stabilisasi tanah kohesif seperti tanah lempung, tetapi tidak disarankan untuk tanah yang tidak berkoheisi.

Pemakaian kapur akan sangat efektif untuk tanah dengan kandungan mineral lempung yang tinggi (heavy clay soils). Pemakaian kapur sebagai bahan stabilisasi tanah lempung untuk memperbaiki perilakunya memiliki beberapa keuntungan yaitu : terjadinya reaksi antara kalsium dan silika yang dikandung masing-masing oleh kapur dan lempung untuk membentuk senyawa CaSiO_3 yang berpagel yang mengikat butiran-butiran tanah serta melapisi pori-pori tanah menjadi gumpalan lebih besar, dengan berjalannya waktu gumpalan gel CaSiO_3 tersebut menjadi kristal yang keras dan kuat sehingga dapat meningkatkan kekuatan tanah, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Pembentukan gel CaSiO_3 (Ingles dan Metcalf, 1972)

Stabilisasi lempung dengan kapur dapat meningkatkan kekuatan tanah, menurunkan plastisitas (LL dan PI) dan mengurangi potensi pengembangan tanah (Kreb dan Walker, 1971). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hariman dkk (2013), dengan mencampurkan kapur 2,5% dan Tras 20% pada tanah lempung terjadi peningkatan kenaikan daya dukung tanah atau nilai CBR lapangan sebesar 390,4% dari daya dukung tanah asli.

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pengujian sifat fisik tanah lempung yang belum distabilisasi dan tanah lempung yang sudah distabilisasi dengan kapur CaCO_3 . Selain itu juga dilakukan test kandungan kimia dan test Toxicity Characteristics Leachate Procedure (TCLP) untuk mengetahui kemungkinan adanya kandungan logam berat atau bahan berbahaya dan beracun (B3) didalam kapur CaCO_3 produk samping PT Petrokimia Gresik. Tahapan penelitian terperinci sebagai berikut :

1. Melakukan test kandungan kimia dan test TCLP pada kapur CaCO_3
2. Melakukan Identifikasi tanah lempung uji sebelum distabilisasi dengan kapur CaCO_3
3. Membuat campuran bahan stabilisasi kapur CaCO_3 dengan tanah lempung lembek dengan prosentase kapur yang bervariasi yaitu : 20%, 30%, 40% dan 50%.
4. Melakukan pemeraman selama 10, 20, 30, 60 hari pada masing-masing variasi campuran stabilisasi tersebut.
5. Melakukan uji sifat fisik yang telah disiapkan pada langkah 4.
6. Menentukan prosentase maksimum bahan stabilisasi kapur untuk hasil yang optimum.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kandungan Kimia dan Logam Berat Kapur CaCO_3 .

Kapur CaCO_3 yang akan dipakai sebagai bahan stabilisasi dengan lempung merupakan produk samping dari pabrik PT Petrokimia Gresik, untuk itu perlu dilakukan test kandungan kimia untuk mengetahui kadar kalsium (Ca) dan kalsium karbonat (CaCO_3) yang ada didalamnya dan test CPLT untuk mengetahui adanya kandungan logam berat atau bahan berbahaya dan beracun (B3) didalam kapur CaCO_3 .

Tabel 1.: Kandungan Kimia Kapur CaCO_3

Parameter	Hasil (%)
Ca	27,64
CaCO_3	69,10
CaSO_4	30,94
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	3,30
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	41,46

Tabel 2.: Kandungan Kimia Logam Berat Kapur CaCO_3

Parameter	Batas Maximum Limit yang diperbolehkan Ekstrak PP 85/99	Hasil Uji	Limit Deteksi (LD)
Mercury (Hg)	0,2	0,0202	0,0014
Plumbum (Pb)	5,0	< LD	0,0405
Cadmium (Cd)	1,0	< LD	0,0100
Chrom (Cr)	5,0	0,0360	0,0198
	10,0	0,337	0,0196

Dari hasil test yang ditunjukkan pada table 1. dapat diketahui bahwa kandungan kapur CaCO_3 cukup besar, sedangkan kandungan Ca cukup kecil dibandingkan dengan Ca yang terdapat pada kapur aktif yaitu kapur hidup (CaO) dan kapur mati (Ca(OH)_2). Sedangkan pada table 2. dari hasil test TCLP dapat diketahui bahwa kapur CaCO_3 tidak membahayakan lingkungan karena logam berat yang dikandungnya sangat kecil yaitu masih jauh dibawah ambang batas diperbolehkan. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kapur CaCO_3 produk samping PT Petrokimia Gresik aman dipakai sebagai bahan stabilisasi.

Sifat Fisik Tanah Lempung Sebelum Stabilisasi

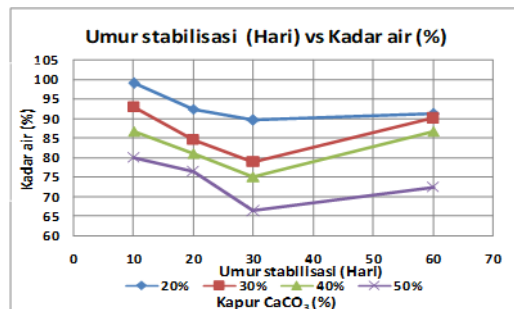
Pengujian awal dilakukan untuk memperoleh data tanah sebelum distabilisasi yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 3. Dari hasil uji menyatakan bahwatanah daerah Sukolilo yang mempunyai harga $\text{LL}=104,07\%$ dan $\text{PI}=67,515\%$ termasuk dalam kelompok tanah lempung CH yaitu tanah lempung dengan plastisitas tinggi, (USCS). Menurut Nelson dan Miller, (1991), tanah ini mempunyai nilai swelling potensial yang sangat tinggi ($>25\%$) dengan nilai Aktivitas=1,25 dan nilai butiran lempung=54,23%.

Tabel 3 : Hasil Uji Sifat Fisik sebelum distabilisasi.

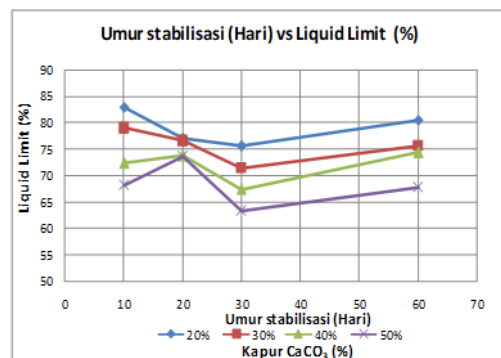
Parameter	Notasi	Satuan	Hasil Uji
Liquid Limit	LL	%	104,07
Plastic Index	PI	%	67,52
Water Content	w_c	%	103,93
Unit Weight	γ_t	t/m	1,43
Spesifik Gravity	G_s	3	2,69
Void ratio	e		2.83
Particles :			
- Clay	C	%	54.11

Sifat Fisik Tanah Lempung yang Distabilisasi

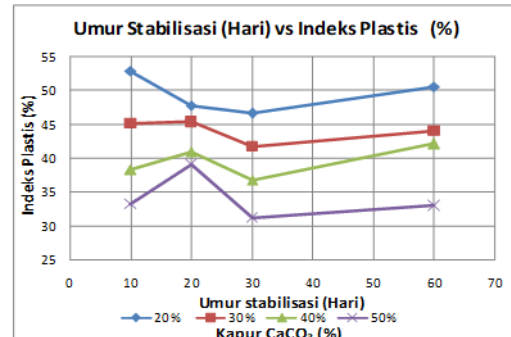
Sifat fisik yang diteliti dari tanah yang terstabilisasi yaitu berupa Water content (WC), Liquid Limit (LL), Plastic Index (PI), Spesifik gravity (Gs), berat volume tanah (γ_t) dan angka pori (e). Hasil uji sifat fisik masing-masing dapat dilihat pada Gambar 4. (a), (b), (c), (d), (e) dan (f).



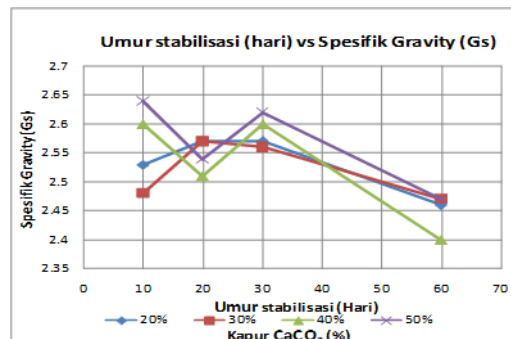
Gambar 4.(a).Grafik Umur Stabilisasi dengan WC



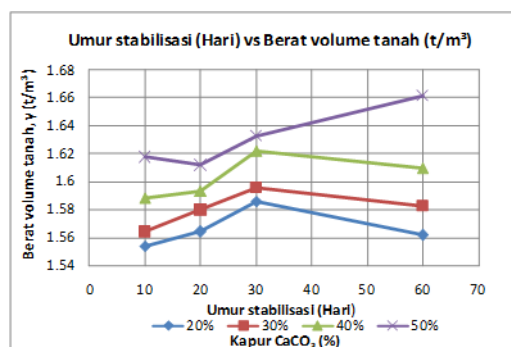
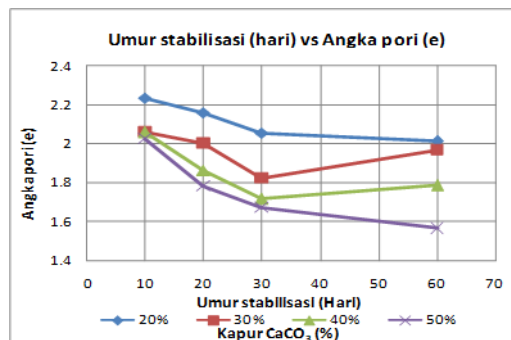
Gambar 4.(b).Grafik Umur Stabilisasi dengan LL



Gambar 4.(c).Grafik Umur Stabilisasi dengan PI



Gambar 4.(d).Grafik Umur Stabilisasi dengan Gs

Gambar 4.(e).Grafik Umur Stabilisasi dengan γ_t 

Gambar 4.(f).Grafik Umur Stabilisasi dengan e

Harga Gs (Gambar 4.d) mengecil saat distabilisasi dengan bahan kapur 20% dan terjadi fluktuasi setelah ditambah 30% dan 40%. Penurunan yang berpengaruh terjadi pada penambahan 50% bahan kapur dengan usia stabilisasi mencapai 30 hari. Sedangkan harga berat volume tanah (γ_t) meningkat dengan bertambahnya bahan kapur yang ditambahkan (Gambar 4.e) dimana peningkatan maksimum terjadi pada penambahan 50% bahan kapur dengan usia stabilisasi mencapai 30 hari. Hal ini disebabkan semakin banyak penambahan bahan kapur maka semakin banyak gumpalan gel CaCO_3 yang terbentuk yang menyebabkan banyak rongga pori terisi oleh kapur sehingga berat volume tanah bertambah berat.

Dengan bertambahnya bahan kapur yang dicampurkan maka harga angka pori mengalami penurunan seperti pada gambar 4.f) . Hal ini terjadi karena makin banyak bahan kapur yang ditambahkan maka makin banyak gumpalan gel CaSiO_3 yang mengikat dan melapisi partikel tanah makin banyak dan gumpalan-gumpalan gel tersebut akan mengisi rongga pori sehingga volume pori tanah menjadi kecil yang berarti angka pori menjadi kecil. Penurunan angka pori maksimum terjadi pada penambahan 50% bahan kapur dengan usia stabilisasi mencapai 30 hari.

V. KESIMPULAN

Dari hasil uji laboratorium dan pembahasan yang telah diuraikan diatas, baik tanah lempung sebelum distabilisasi maupun yang sudah distabilisasi dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Tanah lempung asli dari daerah Sukolilo termasuk tanah lempung mengembang dengan nilai swelling potensial sangat tinggi ($>25\%$) dan mempunyai daya dukung tanah (q_u) yang rendah.
2. Unsur kimia logam berat yang dikandung oleh kapur CaCO_3 yang merupakan produk samping PT Petokimia Gresik sangat kecil dan jauh dibawah ambang batas yang diperbolehkan, sehingga aman untuk digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah lempung.
3. Prosentase bahan kapur CaCO_3 Yang harus dicampurkan sebagai bhan stabilisasi agar dapat memberikan hasil yang paling maksimum adalah 50%; perubahan sifat fisik dan teknis yang terjadi adalah sebagai berikut :
 - a. Harga kadar air (w_c), LL, dan PI terjadi penurunan masing-masing sebesar 36,11%, 39,12%, dan 53,68% terhadap harga sebelum distabilisasi.
 - b. Harga spesifik gravity (Gs) dan angka pori (e) terjadi penurunan masing-masing sebesar 8,24% dan 44,84% terhadap harga sebelum distabilisasi.

- c. Harga berat volume tanah (γ_t) terjadi peningkatan sebesar 16,31% terhadap harga sebelum distabilisasi.

Pada penelitian mengenai Stabilisasi tanah lempung lunak dengan Kapur CaCO_3 ini, adalah skala Laboratorium. Untuk itu para peneliti diharapkan dapat meneruskan penelitian kelanjutan dalam skala Lapangan, yang nantinya akan dipakai sebagai acuan dalam pelaksanaan stabilisasi dilapangan yaitu lime treated ground guna memperbaiki karakteristik tanah serta meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ingles, O. G. and Metchalf, J. B., (1972), "Soil Stabilization- Principles and Practice", Butterworths, Australia
- [2] Casagrande, A. (1948), "Classification and Identification of Soils", Transactions, ASCE, Vol.113, 901-930.
- [3] Pretty dkk (2013), 'Pengaruh Stabilisasi Semen Terhadap Swelling Lempung Ekspansif', Jurnal Sipil Statik Vol.1.6, Mei 2013 (382-389) ISSN: 2337-6732
- [4] Krebs, R.D., and Walker, R.D., 1971, "Highway Materials", Mc. Grow-Hill. Inc, USA
- [5] Jhon D Nelson and Deborah J Miller, 1991, Expansive Soil "Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering", CourierCompanies.Inc, USA
- [6] Herry W dkk (2015), "Stabilisasi tanah Lempung Ekspansif Dengan Menggunakan Campuran Abu-Sekam Dengan Kapur", Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya, Nopember 2015, Vol. 01, No. 02, hal 135-140
- [7] Gunarti, 2014, "Daya Dukung Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Spent Catalyst RCC 15 dan Kapur", Jurnal Bentang, Vol.2 No.1, Januari 2014.
- [8] Skempton, A.W. and D.J. Henkel (1953), "The Post-Glacial Clays of the Thames Estuary at Tilbury and Shellhaven", 3rd ICSMFE.vol. 1, pp 302-308.
- [9] Hariman P. dkk 92013), "Pengaruh Campuran Tras dan Kapur pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Daya Dukung Tanah.

