

PERUBAHAN KARAKTERISTIK FISIK DAN KUAT GESER TANAH LEMPUNG KABUPATEN PROBOLINGGO YANG DISTABILISASI MENGGUNAKAN CAMPURAN KAPUR DAN GARAM DAPUR (NaCl)

Lutfi Indah Apriyani
I Wayan Jirna, Eko Setyawan

Abstrak: Pada beberapa daerah memiliki kondisi tanah yang kurang baik, dapat dilihat dari perubahan volume dan potensi pengembangan yang tinggi. Hasil penelitian pendahuluan terhadap tanah Desa Tamansari Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo diketahui nilai IP = 37,802% dan persentase tanah lolos ayakan no. 200 sebanyak 53,440%. Berdasarkan klasifikasi sistem American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO), tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-7-5(18) merupakan tanah berlempung yang tergolong tanah kurang baik/ buruk untuk dijadikan tanah dasar. Sedangkan menurut sistem Unified Soil Classification System (USCS), tanah tersebut termasuk dalam kelompok OH yaitu lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui perubahan yang terjadi pada karakteristik fisik dan (2) perubahan kuat geser tanah lempung yang distabilisasi menggunakan kapur dan garam dapur. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Persentase penambahan campuran kapur dan garam dapur yaitu 0% kapur dan 0% garam dapur; 10% kapur dan 25% garam dapur; 15% kapur dan 20% garam dapur; 20% kapur dan 15% garam dapur; dan 25% kapur dan 10% garam dapur. Pengujian yang dilakukan yaitu untuk peninjauan tentang karakteristik fisik tanah yaitu uji LL, PL, dan SL, sedangkan peninjauan kuat geser tanah dilakukan uji geser langsung (direct shear test). Dari hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan tanah mengalami perubahan perbaikan karakteristik fisik dan kuat geser tanah (τ_f) setelah distabilisasi dengan kapur dan garam dapur. Perubahan tanah yang paling baik terjadi pada penambahan kapur 10% dan garam dapur 25%. Nilai IP tanah asli sebesar 37,802%, setelah distabilisasi dengan penambahan tersebut turun menjadi 5,682%. Sedangkan nilai kuat geser tanah asli sebesar 0,222 kg/cm², setelah distabilisasi dengan campuran tersebut naik menjadi 0,462 kg/cm²

Kata-kata kunci: Tanah lempung, kuat geser, Stabilisasi, Kapur, Garam Dapur (NaCl)

Abstract: In some regions having poor soil conditions, it can be seen from the change in volume and high development potential. The results of preliminary research on the land of Tamansari Village, Dringu Subdistrict, Probolinggo, it is known that the value of IP = 37.802% and the percentage of land that passed the sieve no. 200 53.440%. Based on the classification system of the American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO), the land is included in groups A-7-5 (18) is a clay soil which is classified as unfavorable / bad soil to be used as subgrade. Meanwhile, according to the Unified Soil Classification System (USCS) system, the soil is included in the OH group, which is organic clay with moderate to high plasticity. This study aims to (1) determine the changes that occur in physical characteristics and (2) changes in shear strength of stabilized clay soil using lime and table salt. In this study using experimental methods. The percentage of addition of lime and table salt is 0% lime and 0% table salt; 10% lime and 25% table salt; 15% lime and 20% table salt; 20% lime and 15% table salt; and 25% lime and 10% table salt. Tests carried out are to review the physical characteristics of the soil, namely the LL, PL, and SL tests, while the review of soil shear strength is carried out by a direct shear test. The results of the study showed that the soil experienced changes in physical characteristics and shear strength (τ_f) after stabilization with lime and salt. The best soil changes occur with the addition of 10% lime and 25% table salt. The original land IP value was 37.802%, after stabilization with the addition it decreased to 5.682%. While the original soil shear strength value of 0.222 kg / cm², after stabilization with the mixture rose to 0.462 kg / cm².

Keywords: Clay, shear strength, Stabilization, Lime, Kitchen Salt (NaCl).

PENDAHULUAN

Tanah merupakan material utama dalam dunia konstruksi, karena semua bangunan akan bertumpu pada tanah. Tetapi tidak semua tanah baik digunakan sebagai tanah dasar suatu bangunan, sebab ada beberapa jenis tanah yang bermasalah baik dari segi daya dukung tanah atau dari segi penurunan atau deformasi tanah. Untuk itu, dalam merencanakan suatu konstruksi harus dilakukan penyelidikan terlebih dahulu terhadap karakteristik dan kekuatan tanah terutama sifat - sifat tanah yang mempengaruhi daya dukung tanah dalam menahan beban konstruksi yang ada di atasnya (Lestari, 2014).

Tanah lempung merupakan tanah berbutir halus yang sangat dipengaruhi oleh air dan juga sifat yang kurang baik seperti plastisitas tinggi, kekuatan geser rendah, kemampuan dan perubahan volume yang tinggi. Tanah lempung yang termasuk jenis tanah bermasalah yaitu apabila memiliki nilai $IP > 17\%$ (Hardiyatmo, 2014). Tanah lempung yang bermasalah merupakan tanah yang memiliki plastisitas tinggi. Tanah lempung yang memiliki plastisitas tinggi memiliki daya dukung yang rendah karena sifat perubahan volume yang tinggi sehingga mempengaruhi sifat-sifat tanah dari sudut geser dalam, kohesi dan berat satuan (Bowles, 1997:278). Dalam penelitian Situmorang (2011) sifat tanah lempung yang plastis membuat tanah tersebut mudah mengembang dan menyusut, permukaan air tanah meningkat tinggi pada musim hujan dan tanah merekah pada musim kemarau.

Berdasarkan persebaran tanah lempung, maka dilakukan survey lokasi di Desa Tamansari Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo, ditemukan banyak tembok rumah warga sekitar yang retak, bangunan rumah yang miring, tegel rumah yang pecah, dan tanah sekitar rumah warga pada musim kemarau terjadi

retak atau pecah-pecah. Hal ini diduga tanah tersebut merupakan tanah yang memiliki kembang susut tinggi.

Berdasarkan hasil uji pendahuluan terhadap tanah Desa Tamansari diperoleh nilai Liquid Limit (LL) = 76,475 %, Plastic Limit (PL) = 39,433 %, Shrinkage Limit (SL) = 9,630 % sehingga didapat nilai Plasticity Index (IP) = 37,042 %. Presentase tanah lolos ayakan no. 200 sebanyak 53,440%. Berdasarkan klasifikasi sistem American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO), tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-7-5 (18). Tanah tersebut merupakan tanah berlempung yang tergolong tanah kurang baik/buruk untuk dijadikan tanah dasar. Sedangkan menurut sistem Unified Soil Classification System (USCS), tanah tersebut termasuk dalam kelompok OH yaitu lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi.

Salah satu upaya untuk mendapatkan sifat tanah yang memenuhi syarat – syarat teknis tertentu adalah dengan metode stabilisasi. Stabilisasi tanah merupakan suatu perlakuan yang dilakukan untuk memperbaiki sifat – sifat teknis tanah. Metode stabilisasi tanah dibagi menjadi 2 klasifikasi utama yaitu menurut sifat teknis dan tujuannya. Berdasarkan sifat teknis, stabilisasi dibagi menjadi 3 jenis yaitu stabilisasi mekanis, stabilisasi fisik, dan stabilisasi kimiawi (Sudjipto, 2007). Menurut Hardiyatmo (2014:203) stabilitas tanah dasar secara kimia yang sering dilakukan misalnya, pencampuran dengan kapur, semen, abu terbang (fly ash), stabilisasi dengan pemberian bahan tambahan, injeksi larutan kapur atau semen, struktur penghalang kelembapan (moisture barrier) dan pengendalian kepadatan dan kadar air dari material tanah dasar, dan lain-lain.

Berdasarkan hasil penelitian Situmorang (2011) tentang perubahan daya dukung tanah

akibat penambahan kapur sebesar 5% dan air garam sebesar 0%, 2%, dan 3% terhadap stabilitas tanah lempung dengan waktu pengeringan selama 0 – 7 hari. Hasil penelitian yang dilakukan yaitu pencampuran tersebut dapat menurunkan batas cair dan indeks plastis.

Berdasarkan masalah yang sudah diuraikan di atas dan hasil penelitian pendahuluan melalui penelitian ini ingin diketahui perubahan karakteristik fisik dan kuat geser tanah lempung Kabupaten Probolinggo yang distabilisasi menggunakan kapur dan garam dapur (NaCl).

METODE

Rancangan dari penelitian ini adalah penelitian deskriptif eksperimental. Untuk pembuatan dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada tanah dengan melihat hasil nilai dari karakteristik fisik dan kuat geser.

Untuk mengetahui karakteristik fisik tanah dilakukan uji analisa saringan dan uji batas-batas atterberg yaitu uji LL (Liquid Limit), uji PL (Plastic Limit) dan uji SL (Shrinkage Limit) sehingga mendapatkan nilai PI (Plasticity Index) tanah. Sedangkan untuk kuat geser tanah dilakukan uji geser langsung (Direct Shear Test) sehingga diperoleh nilai kohesi (c) tanah dan sudut gesek dalam (Φ).

Objek yang dimaksud dalam penelitian ini adalah sampel tanah terganggu (disturb) dari Desa Tamansari Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo yang diambil dari satu titik lokasi menggunakan alat manual yaitu cangkul dan linggis dengan kedalaman $\pm 0,5 - 1$ meter. Presentase variasi campuran (10% kapur : 25% garam dapur), (15% kapur : 20% garam dapur), (20% kapur :

15% garam dapur), dan (25% kapur : 10% garam dapur) dari berat kering tanah. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 48 buah .

Pada penelitian ini standar yang digunakan mengacu pada SNI 1967-2008 untuk uji batas cair, SNI 1966-2008 untuk uji batas plastis, SNI 3422-2008 untuk uji batas susut, dan SNI 3420-2016 untuk uji geser langsung. Data yang terkumpul berupa angka-angka akan disajikan berupa tabel maupun grafik. Yang mana hasil dari pengujian benda uji akan ditetapkan sesuai dengan teori yang mendasari penelitian.

HASIL

Hasil Perhitungan Karakteristik Fisik Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Kapur dan Garam Dapur

Dari pengujian keseluruhan yang telah dilakukan dengan campuran kapur dan garam dapur yaitu: 0% kapur dan 0% garam dapur; 10% kapur dan 25% garam dapur; 15% kapur dan 20% garam dapur; 20% kapur dan 15% garam dapur; dan 25% kapur dan 10% garam dapur, hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Fisik Tanah

Kadar		Batas Cair	Batas Plastis	Batas Susut	Indeks Plastisitas
Kapur (%)	Garam Dapur (%)	(LL) (%)	(PL) (%)	(SL) (%)	(IP) (%)
0	0	77,355	39,553	9,628	37,802
10	25	40,175	34,493	30,947	5,682
15	20	42,86	35,801	29,326	7,059
20	15	46,7	36,624	26,563	10,076
25	10	49,525	38,472	24,644	11,053

Hasil Perhitungan Kuat Geser Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Kapur dan Garam Dapur

Hasil pengujian kuat geser langsung tanah diperoleh hasil berupa nilai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (Φ). Rekapitulasi hasil-pengujian dan perhitungan kuat geser tanah (τ_f) pada berbagai variasi campuran kapur dan garam dapur dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah

Kadar		Nilai Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (ϕ)	Kuat Geser Tanah (rf)
Kapur (%)	Garam Dapur (%)			
0	0	0,084	19,697	0,222
10	25	0,053	46,749	0,462
15	20	0,062	45,228	0,45
20	15	0,064	45,000	0,449
25	10	0,069	44,304	0,445

PEMBAHASAN

Perubahan Karakteristik Fisik Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Kapur Dan Garam Dapur

Perubahan karakteristik fisik tanah dari Desa Tamansari Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo dapat dilihat berdasarkan nilai Batas Susut (SL) dan nilai Indeks Plastisitas (IP) yang distabilisasi dengan kapur dan garam dapur dapat dilihat pada Gambar 1.

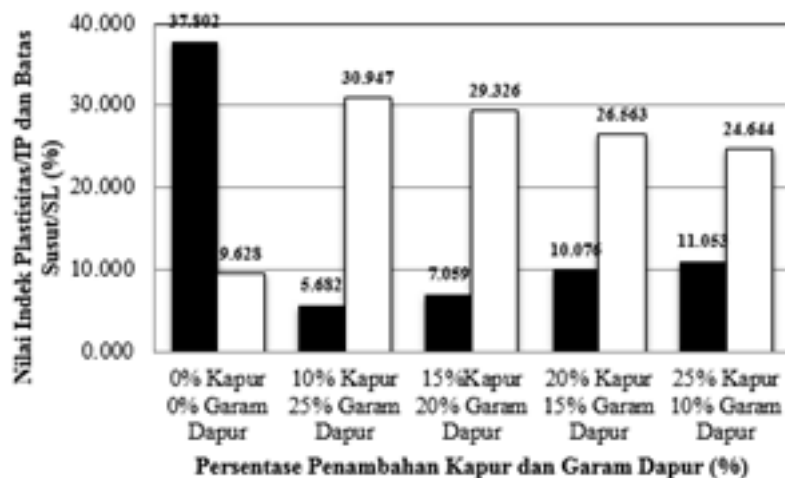
Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui persentase penambahan yang paling baik yaitu kapur 10% dan garam dapur 25% ditunjukkan nilai indeks plastisitas tanah menurun. Nilai IP tanah asli sebesar 37,802%, setelah distabilisasi menjadi 5,682%. Sedangkan nilai SL tanah asli sebesar 9,628%, setelah distabilisasi mengalami kenaikan menjadi 30,947%.

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui perbaikan tanah yang ditambahkan kapur 10% dan garam dapur 25% diduga karena adanya pengikatan reaksi antara tanah, kapur, garam dapur dan air. Menurut Situmorang (2011) proses pengikatan reaksi tersebut terjadi pertukaran ion kalsium yang diserap oleh tanah lempung yang berpengaruh pada penurunan nilai IP.

Hasil penelitian dari Rahayu (2016) pada penambahan kapur terhadap tanah Tuban dengan persentase penambahan 0% sampai 20% didapat nilai IP tanah asli sebesar 20,25% menjadi 9,68%, terjadi penurunan sebesar 10,57%. Penambahan kapur pada tanah akan menghasilkan pengurangan sifat plastisitas dan potensi pengembangan (Hardiyatmo, 2014:2014)

Sedangkan penelitian dari Padma (2017), pemakaian garam dapur terhadap tanah daerah Sragen dengan persentase penambahan garam dapur 0%, 5%, 15%, dan 20% terjadi penurunan sebesar 45,91%. Penambahan garam dapur terhadap tanah disebut stabilisasi klorida yang didasarkan pada sifat hidrokopis (tarikan terhadap air) sehingga dapat mengalami penurunan nilai IP.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan hasil penelitian lain yang pernah dilakukan dapat disimpulkan semakin sedikit kapur dan banyak garam dapur diperoleh nilai IP yang semakin rendah. Nilai IP yang rendah menunjukkan tanah tersebut memiliki daya dukung yang tinggi.



Gambar 1. Hubungan Nilai IP dan SL terhadap Persentase Penambahan Kapur dan Garam Dapur

Di sisi lain tanah yang ditambah kapur semakin sedikit dan garam dapur semakin banyak dapat meningkatkan nilai SL. Naiknya nilai SL berpengaruh pada rendahnya perubahan volume dan potensi pengembangan tanah. Semakin besar nilai SL semakin rendah perubahan volume dan potensi pengembangan, semakin kecil nilai SL semakin tinggi perubahan volume dan potensi pengembangan. Berdasarkan kondisi tersebut maka penambahan kapur dan garam dapur pada tanah menghasilkan karakteristik fisik tanah yang lebih baik dan stabil.

Perubahan Kuat Geser Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Kapur dan Garam Dapur

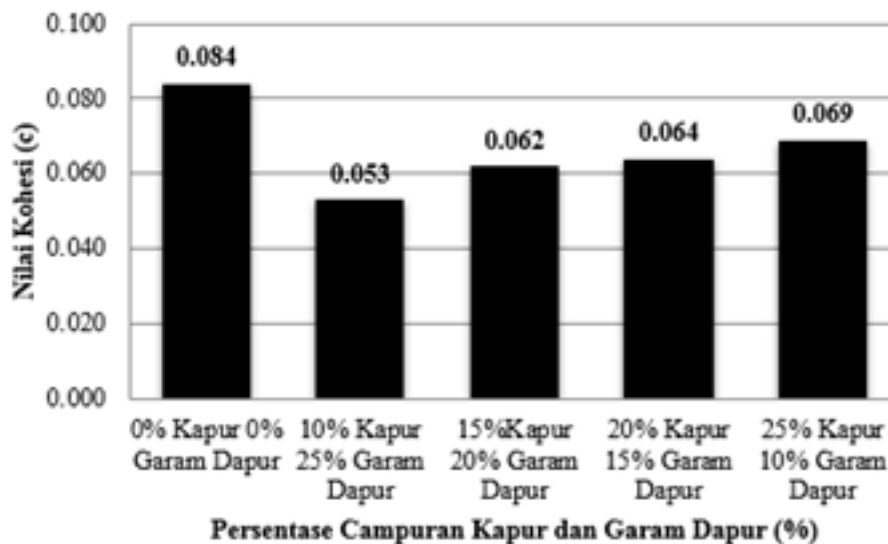
1. Hubungan Penambahan Persentase Kapur dan Garam Dapur terhadap Nilai Kohesi (c)

Berdasarkan hasil uji geser langsung dengan penambahan kapur dan garam dapur yang telah dilakukan diketahui nilai kohesi (c) yang paling kecil dapat dilihat pada Gambar 2.

kohesi (c) yang paling kecil yaitu sebesar 0,053 kg/cm². Menurunnya nilai kohesi (c) menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki kerapatan yang tinggi karena rongga pori terisi sepenuhnya sehingga diduga tanah tersebut lebih padat. Tanah yang padat memiliki daya tarik yang rendah antar partikel.

Hasil penelitian ini didukung oleh Padma (2017) dengan penambahan garam sebesar 0% sampai 25%, nilai paling maksimum penambahan 20% dengan hasil sebesar 0,111 kg/cm², sedangkan penambahan garam dapur 0% dihasilkan nilai kohesi sebesar 0,198 kg/cm². Maka dari itu perubahan yang terjadi sebesar 0,087 kg/cm². Pada penambahan garam dapur 25% terjadi kenaikan nilai kohesi.

Sedangkan menurut penelitian Rahayu (2016), penambahan kapur dengan persentase 0% sampai 20% dapat menurunkan nilai kohesi (c) sebesar 0,028 kg/cm². Semakin besar penambahan kapur, nilai kohesi (c) semakin turun. Menurunnya nilai kohesi dik-



Gambar 2. Hubungan Nilai Kohesi (c) terhadap Persentase Penambahan Kapur dan Garam Dapur

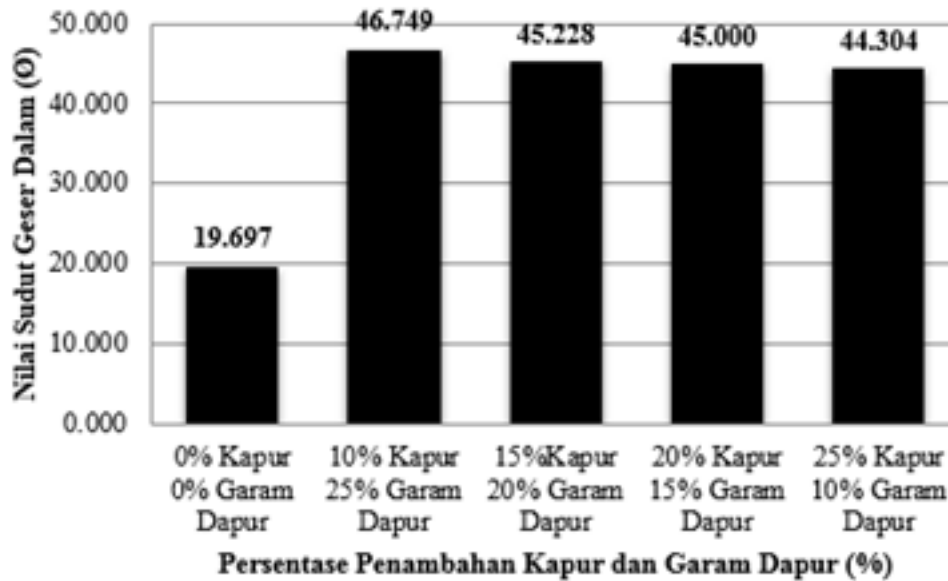
Berdasarkan Gambar 2 dari pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui penambahan yang paling baik yaitu pada kadar 10% kapur dan 25% garam dapur, nilai

arenakan tanah yang diberi penambahan kapur membuat butiran tanah menjadi menjadi lebih besar, sehingga dapat mengisi rongga pori tanah dan mengurangi jarak antar butiran.

2. Hubungan Penambahan Persentase Kapur dan Garam Dapur terhadap Nilai Sudut Gesek Dalam (\emptyset)

Hasil uji geser langsung dengan penambahan kapur dan garam dapur yang telah dilakukan, diketahui bahwa nilai sudut geser dalam (\emptyset) yang paling besar dapat dilihat pada Gambar 3.

gan hasil 15,690. Penambahan garam dapur dapat meningkatkan sudut geser dalam (\emptyset) sebesar 11,680. Semakin banyak penambahan garam dapur maka semakin besar pula nilai sudut geser dalam (\emptyset). Penyebab kenaikan sudut geser dalam (\emptyset) yaitu butiran tanah menjadi lebih besar karena reaksi poz-



Gambar 3 Hubungan Nilai Sudut Geser Dalam (\emptyset) terhadap Persentase Penambahan Kapur dan Garam Dapur

Dari Gambar 3 di atas hasil sudut geser dalam (\emptyset) pada pengujian ini diketahui penambahan yang paling baik yaitu pada kadar kapur 10% dan garam dapur 25%. Nilai sudut geser dalam (\emptyset) yang paling besar yaitu 46,7490. Nilai sudut geser dalam (\emptyset) mengalami kenaikan dari tanah asli diduga disebabkan butiran tanah lebih besar dan seragam sehingga mengakibatkan gesekan antar butiran tanah yang besar. Oleh karena itu, semakin besar nilai sudut geser dalam (\emptyset) maka kuat geser tanah (τ) semakin besar, yang mana tanah tersebut memiliki daya dukung tinggi dan tanah menjadi lebih baik dan stabil.

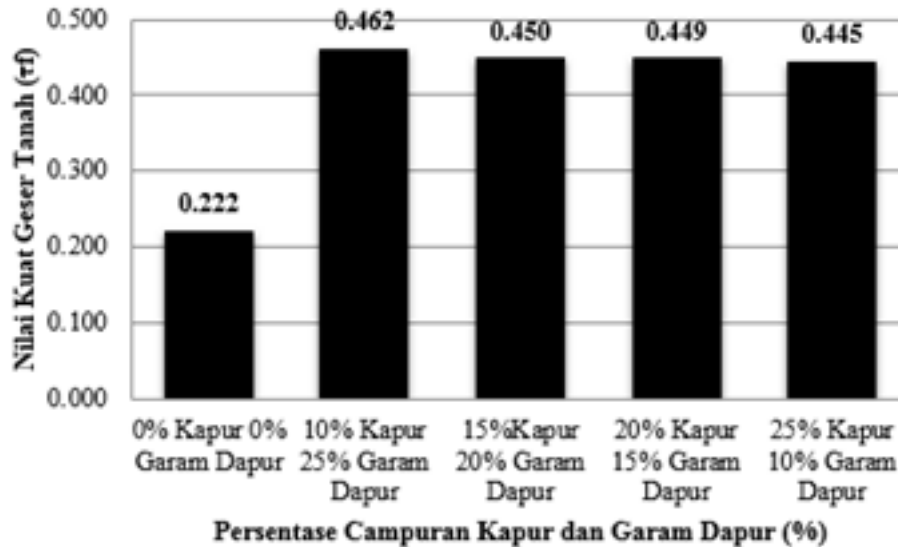
Hasil ini didukung penelitian dari Padma (2017), penambahan garam dapur persentase 0% - 25% didapat sudut geser dalam (\emptyset) yang maksimal pada kadar garam dapur 25% den-

zolanik antara tanah, kapur dan garam dapur. Meningkatnya nilai sudut geser dalam (\emptyset) menjadikan kuat geser tanah semakin besar.

Pada penelitian Rahayu (2016), penambahan persentase kapur 0% - 20% dapat meningkatkan nilai sudut geser dalam (\emptyset) sebesar 22,050. Peningkatan nilai sudut geser dalam (\emptyset) dikarenakan tanah yang diberi penambahan kapur akan menjadikan butiran lebih besar dan beragam.

3. Hubungan Penambahan Persentase Kapur dan Garam Dapur terhadap Kuat Geser Tanah (τ)

Berdasarkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (\emptyset) dapat dihitung kuat geser tanah (τ_f) dengan nilai yang paling besar ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Nilai Kuat Geser (τ) terhadap Persentase Penambahan Kapur dan Garam Dapur

Berdasarkan Gambar 4 dan dari hasil perhitungan kuat geser tanah (τ_f) dapat diketahui penambahan persentase yang paling baik pada kadar kapur 10% dan garam dapur 25%. Nilai kuat geser (τ_f) yang paling besar yaitu 0,462 kg/cm². Tanah yang distabilisasi dengan bahan kapur yang semakin sedikit dan garam dapur semakin banyak dapat meningkatkan nilai kuat geser tanah. Naiknya nilai kuat geser tanah (τ_f) setelah distabilisasi dipengaruhi oleh nilai sudut geser dalam (ϕ) yang meningkat. Hal tersebut disebabkan karena butiran yang dihasilkan dari campuran tersebut lebih besar dan rapat dari tanah awal.

SIMPULAN

Tanah Desa Tamanasari Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo mengalami perubahan karakteristik fisik tanah menjadi lebih baik setelah distabilisasi dengan kapur dan garam dapur. Perubahan paling besar terjadi pada penambahan persentase kapur 10% dan garam dapur 25%. Diperoleh nilai IP tanah asli sebesar 37,802 % dengan nilai SL sebesar 9,628%, sedangkan tanah yang sudah diperbaiki den-

gan penambahan tersebut nilai IP menjadi sebesar 5,682% dan nilai SL sebesar 30,947%.

Kuat geser tanah menjadi lebih baik setelah distabilisasi dengan kapur dan garam dapur. Perubahan nilai kuat geser tanah yang paling besar ditunjukkan pada penambahan persentase kapur 10% dan garam dapur 25%. Nilai kuat geser (τ_f) tanah asli sebesar 0,222 kg / cm², setelah distabilisasi dengan penambahan bahan tersebut naik menjadi 0,462 kg / cm².

Perbaikan kondisi fisik dan mekanik tanah yang distabilisasi dengan bahan tersebut dapat menghasilkan tanah yang lebih baik dan stabil untuk digunakan sebagai tanah dasar suatu bangunan.

DAFTAR RUJUKAN

- Bowles, Joseph E. 1997. Analisis dan Desain Pondasi (jilid 1). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2014. Tanah Ekspansif Permasalahan dan Penanganan. Yogyakarta: Penerbit Gadjah Mada University Press.
- Lestari, I Gusti Agung Ayu Istri. 2014. Kara

- kteristik Tanah Lempung Ekspansif (Studi Kasus Di Desa Tanah Awu, Lombok Tengah). *Ganeç Swara* Vol. 8 No.2, (Online), (unmasmataram.ac.id), diakses 11 Nopember 2018. Mataram: Universitas Islam Al-Azhar Mataram.
- Situmorang, Adolf. 2011. Perubahan Daya Dukung Tanah Akibat Penambahan Air Garam Terhadap Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Kapur. *Jurnal Teknik Sipil UBL*, Voo 2 Nomor 2, (Online), (jurnal.ubl.ac.id), diakses 27 Desember 2018. Pangkal Pinang: Universitas Bangka Belitung.
- Standar Nasional Indonesia (SNI 1966:2008) tentang Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah. Badan Standardisasi Nasional. (Online), (<http://www.sni.litbang.pu.go.id>), diakses 16 Oktober 2018.
- Standar Nasional Indonesia (SNI 1967:2008) tentang Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah. Badan Standardisasi Nasional. (Online), (<http://www.sni.litbang.pu.go.id>), diakses 16 Oktober 2018.
- Standar Nasional Indonesia (SNI 3422:2008) tentang Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah. Badan Standardisasi Nasional. (Online), (<http://www.sni.litbang.pu.go.id>), diakses 20 Maret 2019.
- Standar Nasional Indonesia (SNI 3420:2016) tentang Metode Uji Kuat Geser Langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi Dan Tidak Terdrainase. Badan Standardisasi Nasional. (Online), (<http://www.sni.litbang.pu.go.id>), diakses 20 Maret 2019.
- Sudjianto, A.T. 2007. Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur (NaCl). *Jurnal Teknik Sipil Volume 8 No. 1*, (Online), (petra.ac.id). Malang: Universitas Widyagama.