

PENGARUH JARAK DAN PANJANG KOLOM DENGAN DIAMETER 5CM PADA STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF MENGGUNAKAN METODE DSM BERPOLA *TRIANGULAR* TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH

Muhammad Ainun Ma'azza¹, Yulvi Zaika², Eko Andi Suryo³
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail : ainunbukanhabibi@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif merupakan jenis tanah yang memiliki sifat kembang susut yang sangat tinggi, akibat perubahan kadar air dalam tanah. Mengembangnya tanah lempung ekspansif ini disebabkan oleh bertambahnya kadar air pada tanah dan diikuti oleh kenaikan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan dan sebaliknya apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan yang cukup tinggi.

Pada penelitian ini dilakukan perbaikan tanah lempung ekspansif dengan menggunakan metode *deep soil mixing* berpola *triangular* dengan diameter kolom 5 cm yang bertujuan untuk meningkatkan nilai daya dukung. Metode *deep soil mixing* merupakan metode pencampuran dengan bahan aditif pada tanah untuk meningkatkan stabilitas tanah. Jenis aditif yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash* hal ini dikarenakan penambahan *fly ash* pada tanah ekspansif mampu meningkatkan daya dukung tanah. Pada penelitian ini digunakan 9 variasi jarak dan kedalaman kolom berupa variasi jarak antar kolom (5; 6,25; 7,5 cm) dan variasi kedalaman kolom (5; 10; 15 cm).

Hasil dari stabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan metode *deep soil mixing* berpola *triangular* dengan diameter kolom 5 cm menunjukkan peningkatan nilai daya dukung hingga 270% dari daya dukung tanah asli. Stabilisasi menggunakan bahan aditif 15% *fly ash* pada metode DSM berpola *triangular* dapat mengurangi nilai pengembangan (*swelling*) seiring dengan bertambahnya volume tanah yang distabilisasi. Prosentase tanah yang terstabilisasi sebesar 26,18 % telah mampu menghentikan pengembangan (*swelling*) tanah asli.

Kata kunci: Tanah, lempung ekspansif, *Deep Soil Mixing*, *fly ash*, daya dukung.

¹ Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

² Ketua Komisi Pembimbing, Dosen Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

³ Anggota Komisi Pembimbing, Dosen Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan konstruksi bangunan harus diikuti dengan teknologi dan inovasi yang memadai. Dalam suatu konstruksi baik gedung maupun jalan, tanah merupakan bagian paling penting karena hampir semua konstruksi baik jalan maupun gedung menumpu pada suatu lapis tanah. Indonesia mempunyai beberapa jenis karakteristik tanah, salah satunya tanah lempung ekspansif.

Tanah lempung ekspansif memiliki sifat kembang dan susut yang tinggi. Akibat kepekaannya terhadap kelembaban tersebut menyebabkan pergerakan naik turun pada tanah sehingga menimbulkan kerusakan pada elemen struktur di atasnya. Proses kerusakan akibat ulah tanah ekspansif ini berjalan lambat dalam kurun waktu yang lama.

Kondisi tanah lempung ekspansif perlu dilakukan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah (Sherwood, 1993). Stabilisasi tanah yang banyak digunakan di Indonesia adalah metode stabilisasi tanah permukaan. Sedangkan apabila tanah yang perlu di stabilkan adalah tanah dalam, maka perlu digunakan metode Deep Soil Mixing (DSM). Ahyu (2014) menjelaskan bahwa stabilisasi tanah dengan menggunakan metode DSM tipe Single Square mampu meningkatkan daya dukung tanah hingga 275,79% dari tanah tanpa stabilisasi yang semula 3,8 kg/cm² meningkat menjadi 14,28 kg/cm².

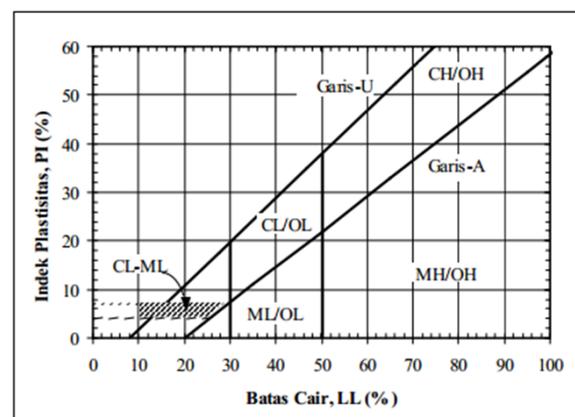
Banyaknya referensi yang ada serta kurangnya studi laboratorium dan lapangan tentang metode Deep Soil Mixing di Indonesia, maka diperlukan pengembangan penelitian yang memudahkan pengaplikasian metode DSM dalam upaya perbaikan tanah lempung ekspansif.

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi jarak dan kedalaman kolom tipe Triangular dengan diameter 5 cm pada metode Deep Soil Mixing terhadap nilai daya dukung (*qu*) tanah lempung ekspansif, mengetahui

pengaruh variasi jarak dan kedalaman kolom yang optimum serta mengukur pengaruh stabilisasi tanah lempung ekspansif pada metode DSM dengan bahan aditif 15% *fly ash* terhadap nilai pengembangan (*swelling*) tanah.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah merupakan hasil pelapukan batuan dari proses fisika dan kimia. Secara garis besar tanah dapat dibagi menjadi beberapa macam berdasarkan ukuran partikel yang ada dengan variasi yang besar.



Gambar 1. Grafik Plastisitas untuk klasifikasi tanah sistem *Unified* (Holtz and Kovacs, 1981)

Tanah lempung adalah jenis tanah yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu yang menyebabkan sifat-sifat plastis pada tanah bila tercampur dengan air (Grim, 1953). Partikel - partikel mineral lempung pada umumnya memiliki ukuran koloid 1 - 2 mikron. Namun, tanah yang memiliki ukuran lebih kecil dari 2 mikron bukan berarti sudah termasuk dalam jenis tanah lempung.

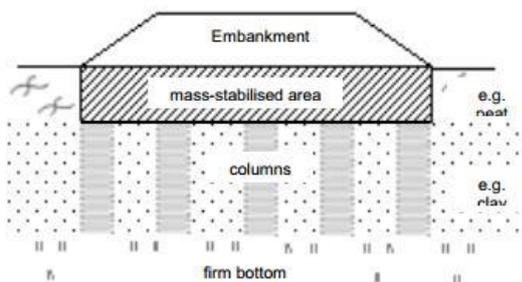
Wesley (2010) menjelaskan bahwa tanah lempung ekspansif hanya timbul apabila terdapat dua faktor, yaitu :

1. Adanya lempung yang mengandung jenis material tertentu terutama yang termasuk golongan smectite seperti *montmorillonite* (mineral lempung dengan aktifitas tinggi)
2. Iklim yang agak kering, dengan musim kering yang panjang, dengan hujan sewaktu-waktu.

Stabilisasi adalah salah satu upaya untuk memperbaiki serta meningkatkan kualitas material guna memenuhi standart yang telah ditetapkan. Stabilisasi pada tanah juga dapat dilakukan secara mekanis berupa penumbukan atau pemadatan maupun dengan penggunaan bahan-bahan aditif. Salah satu cara untuk melakukan stabilisasi tanah adalah dengan *Fly-ash*.

Fly-ash merupakan limbah padat yang hasil dari pembakaran batu bara PLTU. *Fly-ash* bisa didapatkan dari pabrik-pabrik yang menggunakan batubara. *Fly-ash* yang berlimpah sangat memungkinkan untuk diolah dan dimanfaatkan sebagai material konstruksi bangunan maupun sebagai bahan penstabil tanah, khususnya pada tanah lempung ekspansif karena banyak pabrik yang memakai batu bara sebagai bahan bakar.

Moesley (2000) menemukan metode baru dalam melakukan stabilisasi tanah, yaitu metode *Deep Soil Mixing* yang dikembangkan di Jepang. Metode DSM merupakan metode pencampuran bahan aditif dengan tanah agar terjadi pengikatan hingga kedalaman tertentu untuk meningkatkan stabilitas tanah. Pengikatan antara bahan aditif dengan tanah pada metode ini biasanya akan membentuk kolom tanah stabil atau dengan menstabilkan seluruh volume tanah yang biasa disebut sebagai stabilisasi massa.

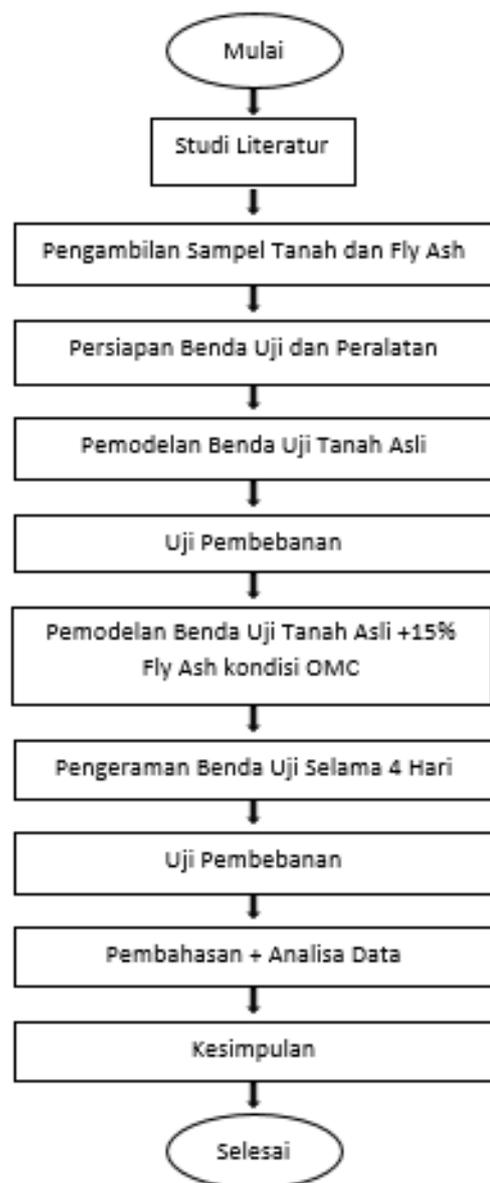


Gambar 2. Skema stabilisasi massa dan kolom stabilisasi (Euro Soil Stab, 2002)

METODE

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis kuantitatif yang digunakan untuk menghitung daya dukung serta membandingkan antara daya dukung tanah asli dengan tanah yang sudah distabilisasi dengan analisis BCI (*Bearing Capacity Improvement*). Dari perhitungan ini didapatkan pengaruh variasi yang memberikan perubahan nilai daya dukung secara signifikan terhadap tanah asli.

Secara umum bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

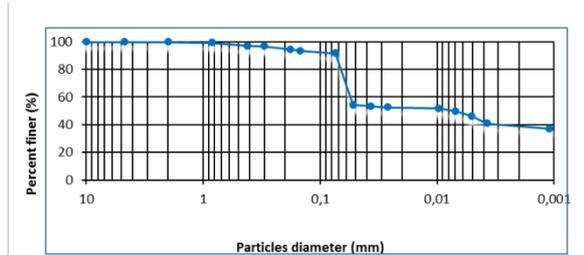


Gambar 3. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Klasifikasi Tanah

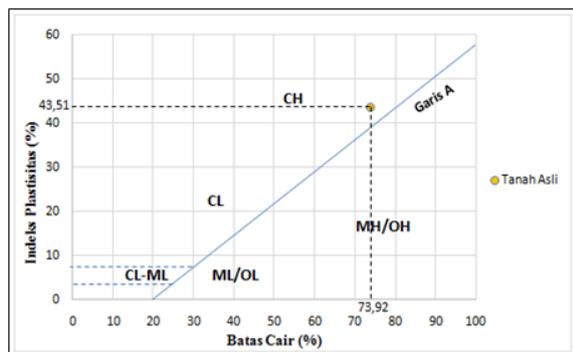
Uji pendahuluan terdiri atas uji *specific gravity*, klasifikasi tanah, indeks plastisitas, batas susut dan proktor stanUjidar.



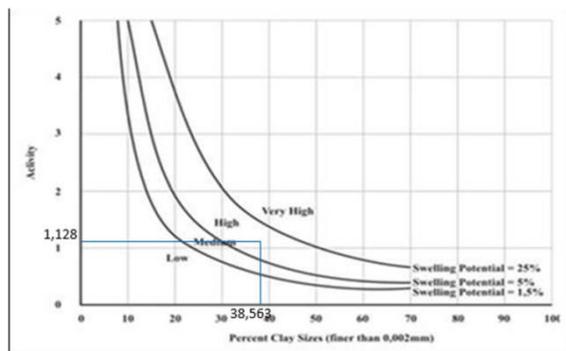
Gambar 4. Gabungan analisa saringan dan hidrometer

Tabel 1. Hasil pemeriksaan batas-batas *atterberg*

Bahan	LL (%)	PL (%)	SL (%)	PI (%)
Tanah Asli	73,92	30,41	2,8	43,51



Gambar 4. Klasifikasi tanah sistem *Unified*



Gambar 5. Grafik klasifikasi tanah sistem berdasarkan potensi mengembang

2. Kriteria Tanah Lempung Ekspansif

Hasil uji batas *atterberg* akan diperoleh nilai prosentase SL dan PI yang berperan besar dalam menentukan parameter tanah lempung ekspansif.

Tabel 2. Derajat ekspansifitas berdasarkan SL

SL Tanah asli (%)	SL (%)	Degree of Expansion
2,8	> 12	Non Critical
	10 – 12	Marginal
	< 10	Critical

Tabel 3. Derajat ekspansifitas berdasarkan PI

PI Tanah asli (%)	SL (%)	Degree of Expansion
43,51	< 15	Low
	15 – 30	Medium
	23 – 32	High
	> 32	Very High

3. Uji Pembebanan Sampel Tanah Asli

Pengujian pembebanan ini dilakukan terhadap sampel tanah yang belum dilakukan stabilisasi dengan metode DSM. Pengujian telah dilakukan oleh Ahya (2015) dengan kadar air optimum (OMC) sebesar 27,908 % dan berat isi kering (γ_d) di boks sebesar 1,28 gr/cm^3 . Hasil dari uji pembebanan tanah asli didapatkan hubungan beban dengan penurunan yang disajikan pada **Gambar 6** dan hubungan tegangan dengan penurunan disajikan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Hubungan beban dengan penurunan tanah asli



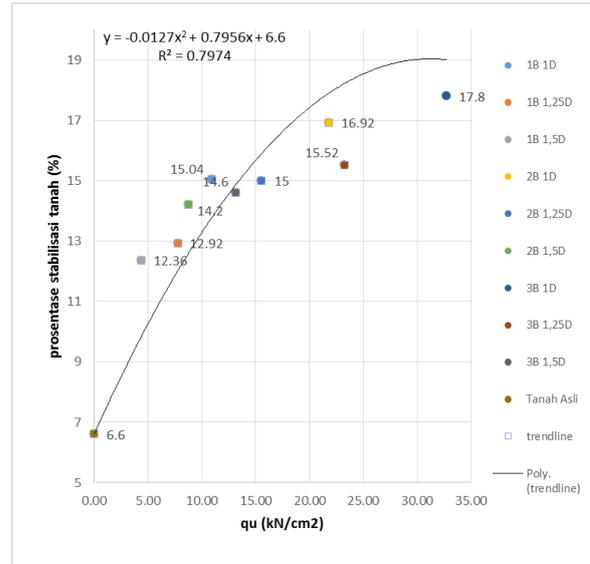
Gambar 8. Hubungan tegangan dengan penurunan tanah asli

Dari **Gambar 7** terlihat bahwa saat awal pemberian beban, penurunan yang terjadi sebanding dengan beban yang bekerja. Seiring berlanjutnya beban yang diberikan, maka hubungan beban dan penurunan tidak lagi sebanding di mana beban yang terjadi tidak meningkat secara signifikan dengan penurunan yang terus berlanjut. Hal ini disebabkan karena daya dukung tanah (q_u) sudah berada pada batas beban maksimum yang dapat diterima. Dari hubungan tegangan dengan penurunan pada **Gambar 8** di dapat bahwa daya dukung tanah asli sebesar $6,6 \text{ kg/cm}^2$ dengan penurunan sebesar $16,57 \text{ mm}$.

4. Uji Pembebanan Sampel Tanah Stabilisasi DSM

Prosentase tanah yang distabilisasi dengan kolom DSM dihitung pada area tanah yang menerima uji beban atau seluas *bearing plate*, yaitu 25 cm^2 dengan kedalaman 20 cm . Hasil pengujian eksperimen daya dukung terhadap prosentase stabilisasi tanah sebagai berikut:

Dari Gambar 9 dapat diketahui bahwa hubungan nilai daya dukung tanah dengan prosentase stabilisasi tanah menggunakan kolom DSM berbanding lurus. Semakin besar prosentase tanah yang distabilisasi, maka semakin besar pula nilai daya dukung yang didapatkan.



Gambar 9. Perbandingan nilai daya dukung terhadap prosentase stabilisasi tanah

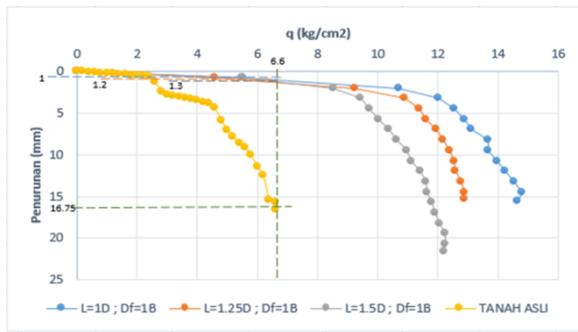
Hasil pengujian eksperimen terhadap nilai daya dukung tanah dengan variasi panjang kolom DSM adalah sebagai berikut.



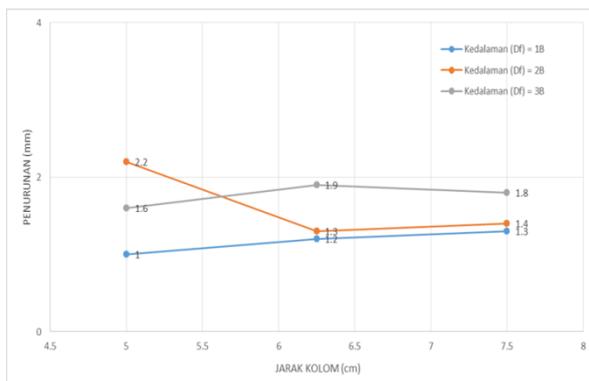
Gambar 10. Perbandingan nilai daya dukung dengan variasi kedalaman kolom (D_f) terhadap jarak antar kolom (L)

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai q_u tanah asli adalah $6,6 \text{ kg/cm}^2$. Setelah tanah distabilisasi dengan kolom DSM, nilai q_u mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kedalaman kolom (D_f) pada jarak antar kolom (L) yang sama. Nilai daya dukung tertinggi terdapat pada kedalaman kolom (D_f) 15 cm . hal ini dikarenakan prosentase stabilisasi yang semakin besar akan meningkatkan daya dukung tanah.

Setelah uji pembebanan pada model uji tanah asli, maka uji pembebanan dilakukan pada benda uji yang telah distabilisasi menggunakan kolom DSM 15% *fly ash*. Analisis penurunan dari hasil uji beban pada variasi panjang kolom terhadap jarak antar kolom terlihat bahwa pada jarak 10cm dan 15cm besarnya nilai penurunan yang terjadi pada q (tegangan) yang sama, tapi tidak sesuai dengan hipotesa awal, sedangkan pada jarak 5cm nilai penurunan yang terjadi ketika jarak antar kolom sama dengan 1D adalah 1 mm dan semakin dalam pada jarak 2D atau 3D. Maka sesuai dengan hipotesa awal yaitu semakin besar jarak antar kolom maka semakin besar pula penurunannya.



Gambar 11. Grafik hubungan tegangan dengan penurunan terhadap kedalaman kolom (Df) = 5 cm

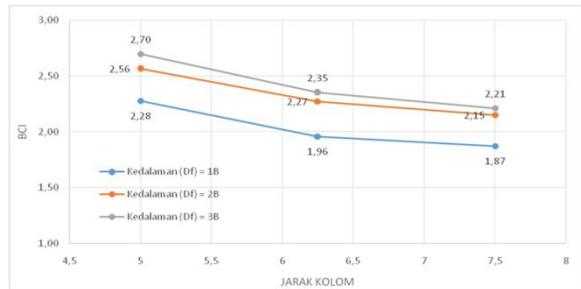


Gambar 12. Grafik hubungan penurunan terhadap variasi jarak antar kolom

Dari **Gambar 12.** dapat dilihat bahwa pada kedalaman (Df) 5 cm dan 15 cm besarnya penurunan (*settlement*) berbanding lurus dengan jarak antar kolom, dimana besarnya *settlement* akan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jarak antar kolom. Pada kedalaman kolom (Df) 5 cm, besarnya *settlement* naik saat jarak

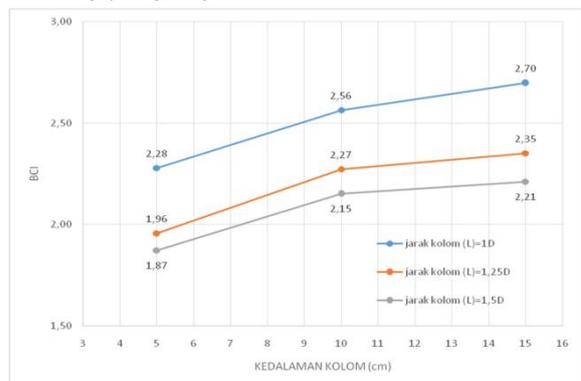
kolom 5 cm dan sedikit turun pada jarak 6,25 cm dan 7,5 cm. Pada kedalaman kolom (Df) 10 cm tidak sesuai dengan hipotesa awal, hal ini dimungkinkan karena faktor kesalahan yang terjadi pada saat perataan permukaan tanah.

5. Analisis Pengaruh Variasi Jarak dan Kedalaman Kolom DSM 15 % *fly ash* berdasarkan BCI



Gambar 13. Grafik pengaruh variasi jarak antar kolom terhadap nilai BCI

Dari Gambar 13 dapat dilihat bahwa pertambahan jarak antar kolom (L) mengakibatkan penurunan pada nilai daya dukung dan BCI_u . Nilai BCI yang didapat pada jarak antar kolom (L) 5cm dengan kedalaman kolom (DF) 15cm yaitu sebesar 2,7, dan memiliki prosentase peningkatan daya dukung tanah sebesar 14,69% dari kedalaman yang sama dan jarak antar kolom yang berbeda. Sedangkan, pada jarak antar kolom (L) 7,5cm dengan kedalaman kolom (DF) 15cm nilai BCI sebesar 2,21, dan memiliki prosentase peningkatan daya dukung sebesar 6,3%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin pendek jarak antar kolom (antar kolom bersinggungan) maka semakin besar daya dukung yang terjadi.



Gambar 14. Grafik pengaruh variasi kedalaman kolom terhadap nilai BCI

Dari Gambar 14 dapat dilihat bahwa semakin bertambah kedalaman kolom (Df) maka semakin meningkat pula nilai daya dukung dan BCI_u. Pada kedalaman kolom (DF) 15 cm dengan jarak antar kolom (L) 5 cm peningkatan nilai BCI yang terjadi sangat signifikan yaitu 2,70, dan mengalami prosentase peningkatan daya dukung sebesar 5,20% dari jarak yang sama dan kedalaman yang berbeda. Sedangkan untuk kedalaman kolom (DF) 10 cm dengan jarak antar kolom (L) 7,5 cm didapatkan nilai BCI beserta daya dukung sebesar 2,15 dan telah mengalami prosentase peningkatan daya dukung tanah sebesar 14,89% dari jarak yang sama dan kedalaman yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dalam suatu kolom peningkatan nilai daya dukung akan semakin besar juga.

6. Pemeriksaan Pengembangan terhadap Prosentase Tanah Stabilisasi

Pada penelitian ini akan dilakukan pemeriksaan pengembangan terhadap prosentase kolom tanah stabilisasi.

Tabel 4. Prosentase pengembangan terhadap prosentase kolom tanah stabilisasi penelitian DSM

Df	L	Volume Kolom	Volume Benda Uji	Prosentase Stabilisasi	Pengembangan (swelling)	Penurunan Swelling dari tanah Asli
(cm)	(cm)	(cm ³)	(cm ³)	(%)	(%)	(%)
5	5	490.87	4500.00	10.91	3.54	0.59
	6.25	349.25		7.76	3.74	0.39
	7.5	197.15		4.38	3.88	0.25
10	5	981.75		21.82	0.79	3.34
	6.25	698.50		15.52	2.89	1.24
	7.5	394.30		8.76	3.69	0.44
15	5	1472.62		32.72	0.00	4.13
	6.25	1047.75		23.28	0.02	4.11
	7.5	591.45		13.14	3.30	0.83

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa prosentase tanah yang distabilisasi metode DSM semakin dalam kolom stabilisasi maka semakin besar prosentase stabilisasi yang didapatkan. Prosentase stabilisasi terbesar didapatkan ketika jarak antar kolom semakin berdekatan, hal ini ditunjukkan pada saat kedalaman kolom (Df) 15cm dengan jarak antar kolom (L) 5cm maka didapat prosentase stabilisasi sebesar 32,72% dari tanah sebelum distabilisasi. Semakin besar volume kolom DSM, maka semakin besar prosentase stabilisasi tanah yang didapatkan. Peningkatan prosentase stabilisasi tanah menyebabkan penurunan prosentase pengembangan (swelling) yang terjadi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian yang dilakukan mengenai pengaruh variasi jarak dan kedalaman stabilisasi tanah ekspansif di Bojonegoro dengan metode deep soil mixing (DSM) tipe triangular diameter 5 cm terhadap daya dukung tanah, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar jarak antar kolom DSM maka semakin kecil daya dukung yang dihasilkan.
2. Semakin besar kedalaman kolom DSM maka daya dukung yang dihasilkan semakin besar.
3. Semakin besar kedalaman suatu kolom DSM maka penurunan yang terjadi semakin kecil.
4. Semakin besar jarak kolom DSM maka penurunan yang terjadi semakin besar.
5. Daya dukung terbesar dihasilkan oleh kolom stabilisasi DSM terdapat pada jarak antar kolom terpendek dengan kedalaman kolom paling dalam.
6. Berdasarkan nilai BCI pada variasi jarak antar kolom (L) peningkatan prosentase daya dukung paling signifikan terletak pada jarak antar kolom terpendek, sementara pada jarak terjauh pengaruh peningkatan daya dukung menjadi kurang signifikan.

7. Berdasarkan nilai BCI pada variasi kedalaman kolom (Df) peningkatan prosentase daya dukung paling signifikan terletak pada kedalaman 1B dan 2B, sedangkan pada kedalaman 3B peningkatannya menjadi kurang signifikan.
8. Berdasarkan nilai prosentase stabilitasi tanah, menunjukkan semakin besar prosentase stabilitasi tanah yang terjadi, maka semakin kecil nilai pengembangan (*swelling*) yang didapatkan.
9. Pengembangan (*swelling*) terhenti pada saat prosentase stabilisasi tanah mencapai 23,28%.

SARAN

Beberapa saran yang dapat diberikan terkait dengan hasil penelitian antara lain :

1. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan bahan aditif yang lebih bervariasi untuk mengetahui besarnya nilai daya dukung tanah yang didapatkan.
2. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan menggunakan benda uji dari jenis tanah yang berbeda selain tanah lempung ekspansif Bojonegoro.
3. Perlu dilakukan uji laboratorium sifat mekanis tanah untuk mendapatkan kohesi (C) dan sudut geser (ϕ) tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Anshorie, Ahya Al. 2015. Pengaruh Variasi Jarak dan Panjang Kolom Stabilisasi Tanah Ekspansif Di Bojonegoro dengan Metode Deep Soil Mix Tipe Single Square Diameter 5Cm Terhadap Daya Dukung Tanah. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.

Euro Soil Stab. 2002. *Design Guide Soft Soil Stabilization*. Project No. BE96-3177, Ministry of Transport Public Works and Management.

Holtz, Robert D and Kovacs, William D. 1993. *An Introduction to Geotechnical Engineering*. Prentice Hall Paperback. United Kingdom.

Sherwood, P.T., 1993. *Soil stabilization with cement and lime*. London: H.M.S.O.