

PENGARUH DIAMETER *MINI COLUMN* TERHADAP BEBAN DAN DEFORMASI PELAT FLEKSIBEL DI ATAS TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

Muhamad Yogma Tafalas¹, Agus Setyo Muntohar², Willis Diana³

¹Mahasiswa (20120110273), ²Dosen Pembimbing I, ³Dosen Pembimbing II

ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki daya dukung yang rendah, oleh sebab itu diperlukan suatu upaya stabilisasi agar nilai daya dukungnya meningkat sehingga dapat digunakan sebagai tanah dasar dalam suatu konstruksi. Metode perbaikan tanah dengan teknik kolom kapur atau bahan pozzolan merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah ekspansif akibat beban dan juga dapat digunakan untuk menahan pelat terhadap gaya angkat ke atas saat tanah mengembang. Pada naskah ini disajikan hasil pengujian pengembangan-deformasi dan beban-deformasi pada pelat fleksibel yang didukung dan tanpa didukung oleh kolom-kolom SiCC. Teknik kolom yang digunakan dalam penelitian ini memiliki dua bentuk, yaitu kolom dengan bentuk polos dan kolom dengan bentuk pembesaran di kepala kolom atau *T-Shape*. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh diameter kepala kolom terhadap beban dan deformasi pelat terhadap pengembangan tanah. Pengamatan defleksi pelat akibat beban dan pengembangan dilakukan dengan model di laboratorium. Kolom dan pelat diuji di atas tanah ekspansif yang diletakkan dalam drum uji dengan ukuran tinggi 95 cm dan lebar 54 cm. Lapisan tanah lempung ekspansif setebal 70 cm berada di atas lapisan pasir jenuh air setebal 20 cm. Diameter kolom (D_c) yang digunakan adalah 5,08 cm dengan panjang 50 cm. Diameter kepala kolom yang digunakan adalah 15,24 cm ($3D_c$). Pengujian beban (*loading test*) dilakukan setelah 4 hari penjenuhan dan setelah kolom berumur 14 hari. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa pemasangan kolom SiCC mampu mengurangi defleksi akibat pengembangan di tengah pelat dari 64,79 mm menjadi 61,65 mm dan 57,11 mm masing-masing untuk kolom polos dan kolom *T-Shape*. Defleksi akibat beban sebesar 140 kg terhadap pelat fleksibel yang didukung oleh kolom polos dan kolom *T-Shape* masing-masing adalah 35,1 mm dan 9,05 mm. Hasil menunjukkan bahwa tanah yang diperkuat oleh kolom *T-Shape* mampu mengurangi defleksi yang terjadi pada pelat akibat beban mencapai 4 kali bila dibandingkan tanah yang diperkuat dengan kolom polos. Selanjutnya, pelat fleksibel di atas tanah lempung yang tidak didukung oleh kolom hanya mampu menerima beban sebesar 21 kg. Defleksi akibat beban terhadap pelat fleksibel pada beban 21 kg adalah sebesar 6,05 mm

Kata kunci: pelat fleksibel, teknik kolom Eko-SiCC, defleksi, tanah ekspansif

1. PENDAHULUAN

Kerusakan bangunan berupa gedung dan perkerasan jalan yang dibangun di atas tanah lempung ekspansif telah menjadi perhatian untuk ditangani secara serius. Penyusutan dan pengembangan tanah lempung ekspansif akan memberikan pengaruh besar terhadap konstruksi yang didukungnya. Pengaruh ini contohnya antara lain kenaikan (*heave*) dan retak-retak (*cracking*) pada perkerasan jalan raya, bangunan, bendungan, dan lain-lain.

Metode yang digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah antara lain dengan cara penggantian material atau mencampur tanah, pemakaian cerucuk bambu, perubahan sifat kimiawi, dan penggunaan geosintesis. Teknik perbaikan tanah ekspansif secara kimiawi dengan menggunakan kapur telah banyak diterapkan. Kajian tentang penggunaan kolom-kapur atau kolom kapur/semen untuk memperkuat tanah ekspansif telah diteliti oleh Swamy (2002), Tonoz dkk. (2003), Rao dan Thyagaraj (2003), Hewayde dkk (2005) menjelaskan bahwa teknik kolom ini dapat juga dianggap seperti fondasi tiang mini (*mini pile*) yang berfungsi untuk mengendalikan gaya angkat dan deformasi.

Pemasangan kolom-kolom dari pozzolan ke dalam tanah dasar yang menyerupai tiang-tiang diharapkan dapat meningkatkan kuat dukung dan mengurangi deformasi pada fondasi akibat tekanan pengembangan tanah ekspansif. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengkaji perilaku sistem fondasi dengan pelat fleksibel yang didukung oleh kolom-kolom pada tanah ekspansif di laboratorium. Pengamatan model laboratorium meliputi defleksi pelat akibat pengembangan dan beban yang bekerja pada sistem fondasi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Material yang digunakan

Tanah

Pengujian dilakukan di Laboratorium Geoteknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Tanah lempung yang digunakan sebagai bahan dasar dalam pengujian berasal dari Ngawi, Jawa Timur. Sifat-sifat fisika tanah yang digunakan seperti pada Tabel 1. Distribusi ukuran butir tanah disajikan oleh kurva pada Gambar 1.

Tabel 1. Karakteristik Tanah Asli

Parameter	Nilai
Berat jenis,	2,61-2,68
Batas-batas Atterberg:	
Batas cair, LL	69 %
Batas plastis, PL	27%
Indek plastisitas, PI	42%
Pemadatan Proctor standar:	
Berat unit kering maksimum, MDD	12,2 kN/m ³
Kadar air optimum, OMC	27
Klasifikasi USCS	CH

Pasir

Pasir yang digunakan untuk membuat campuran kolom dalam penelitian ini diambil dari Laboratorium Keairan dan Lingkungan, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Ukuran pasir yang digunakan adalah pasir lolos saringan No. 10 dan tertahan pada saringan No. 40.

Abu Sekam Padi

Abu sekam padi yang digunakan pada penelitian ini berasal dari daerah Kecamatan Godean, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dan memiliki ukuran butir 0,075 mm atau lolos saringan No.200. Abu sekam padi yang digunakan mengandung 87,68% silika.

Kapur Karbit

Kapur yang digunakan pada penelitian ini adalah kapur yang berasal dari limbah karbit dan biasanya disebut sebagai kapur karbit. Kapur karbit yang digunakan berasal dari Kecamatan Sedayu, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Ukuran butir kapur karbit yang digunakan kurang dari 0,075 mm atau lolos saringan No.200. Unsur kimia penyusun limbah karbit yang utama adalah CaO sebanyak 60%.

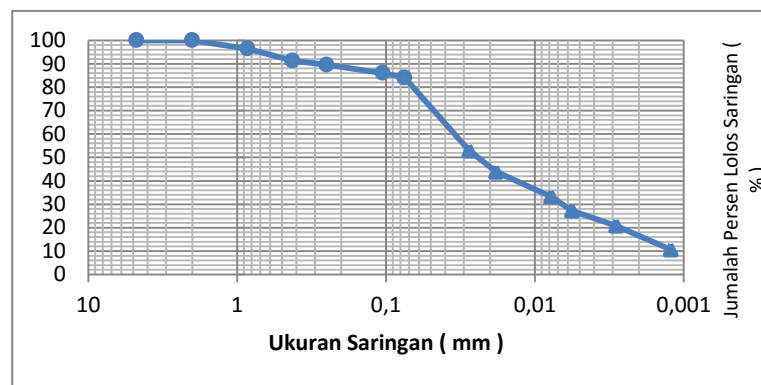
Stabilisasi Tanah dengan Kolom Kapur

Stabilisasi tanah dengan menggunakan metode kolom kapur merupakan salah satu jenis stabilitas tanah secara kimiawi. Kapur aktif yang ditempatkan di lubang-lubang yang sebelumnya dibuat pada drum uji akan mengabsorpsi air tanah dan menimbulkan reaksi hidrasi seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut ini (Apriyono, 2008),



Dari reaksi di atas, akan terjadi pembentukan hidrat dan absorbs kapiler, yang megakibatkan peningkatan kekuatan (daya dukung) tanah, permeabilitas dan memperkecil penurunan. Kapur aktif yang telah mati, akan bereaksi dengan mineral lempung ekspansif monmorillinit, akan menetralsir muatan negatif lempung, sehingga kemampuan tanah dalam menyerap air akan berkurang (Bowles, 1989).

Proses stabilisasi dengan kolom kapur, memanfaatkan permukaan lubang, sebagai permukaan serapan kapur di dalam tanah. Diameter lubang yang kecil, akan memberikan permukaan serapan yang kecil sehingga proses stabilisasi terhadap daerah disekitarnya akan berjalan dengan lambat. Kolom kapur yang dibasahi dengan air akan bereaksi lebih cepat dibanding dengan yang tida dibasahi oleh air (Apriyono, 2008)

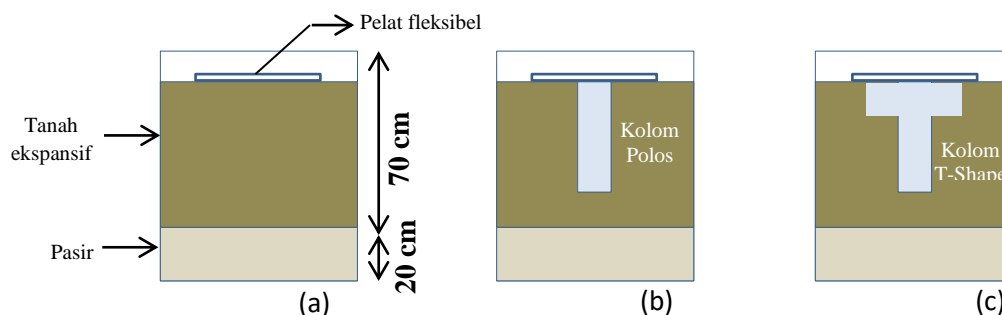


Gambar 1 Distribusi ukuran butir tanah yang digunakan

2.2. Pemodelan Laboratorium

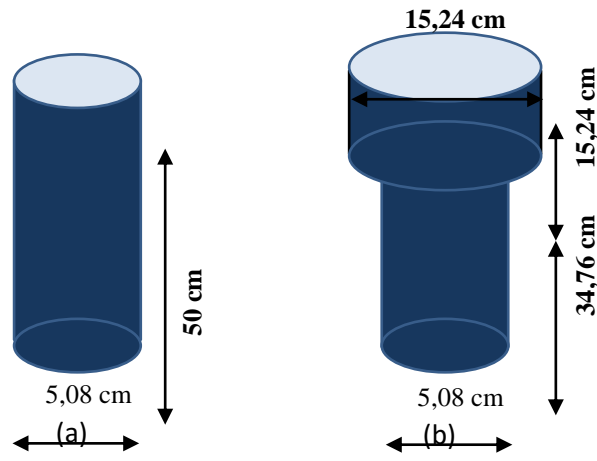
Tanah ekspansif yang digunakan dalam penelitian ditempatkan dalam drum uji dengan diameter 54 cm dan tinggi 95 cm, kemudian dipadatkan setinggi 70 cm pada dejabat kepadatan 95% MDD dengan kondisi optimum kering. Sebelum tanah dasar dipadatkan, terlebih dahulu dimasukkan pasir ke dalam drum uji yang kemudian dipadatkan. Ketebalan pasir setelah dipadatkan 20 cm (Gambar 2a).

Benda uji disiapkan dalam tiga kondisi yakni drum uji berisi tanah sebagai pembanding dan drum uji berisi tanah yang diperkuat oleh dua variasi kolom SiCC. Dua variasi kolom SiCC, yaitu kolom SiCC dengan bentuk lingkaran polos dan dengan bentuk pembesaran di kepala kolom atau *T-Shape* (Gambar 2b dan 2c). Diameter kolom (D_c) yang digunakan adalah 5,08 cm dengan panjang 50 cm (Gambar 4). Diameter kepala kolom yang digunakan adalah 15,24 cm ($3D_c$). Mortar SiCC dibuat dari campuran bahan abu sekam padi, limbah karbit, pasir, dan air yang kemudian dicetak di dalam drum uji berisi tanah yang sudah di bor (*cast in place*).



Gambar 2 Sketsa drum uji (a) tanah (b) tanah dan kolom polos (b) tanah dan kolom *T-Shape*⁴

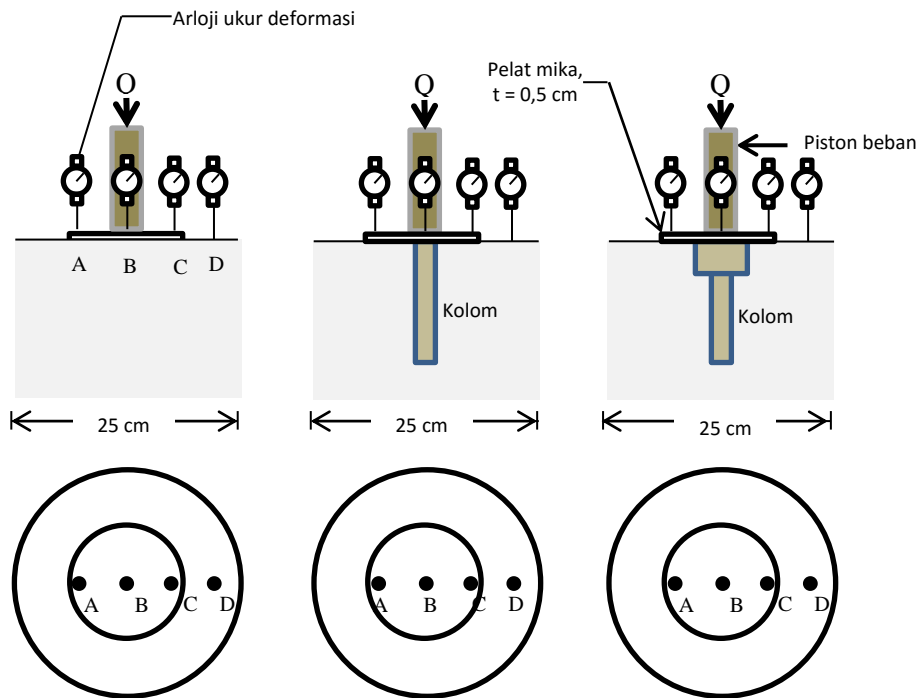
⁴Gambar tidak menggunakan skala



Gambar 2 Bentuk dan ukuran kolom yang digunakan (a) kolom polos (b) kolom T-Shape⁵

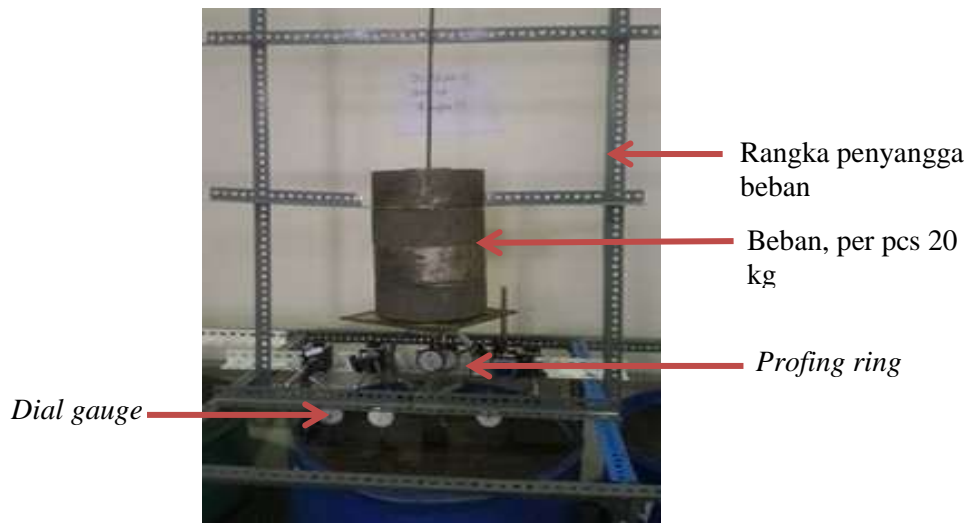
2.3. Tahap Pengujian

Pengujian beban dilakukan di atas pelat fleksibel berbahan *plexiglass* yang berfungsi sebagai fondasi dengan diameter 25 cm dan tebal 0,5 cm. Pengujian pembebanan dilakukan setelah kolom berumur 14 hari. Pembebanan dilakukan secara bertahap hingga mencapai keruntuhan. Sebelum pengujian beban, tanah dalam tong digenangi air selama 4 hari untuk mengamati pengembangan. Pengembangan diamati dari sejumlah *dial gauge* yang dipasang seperti pada Gambar 2. Sejumlah arloji pengukur deformasi (*dial gauge*) diletakkan di 3 titik di atas pelat dan 1 titik tepat di atas tanah seperti di pasang pada gambar 2. Letak titik beban adalah di pusat pelat (titik B) dan dan arloji pengukur deformasi pada jarak-jarak 0; 10; dan 35 cm dari pusat pelat atau pada titik-titik A, B, C, D (Gambar 2). Pengaturan uji beban pada pelat yang didukung kolom-kolom dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 2 Sketsa model sistem pelat

⁵Gambar tidak menggunakan skala

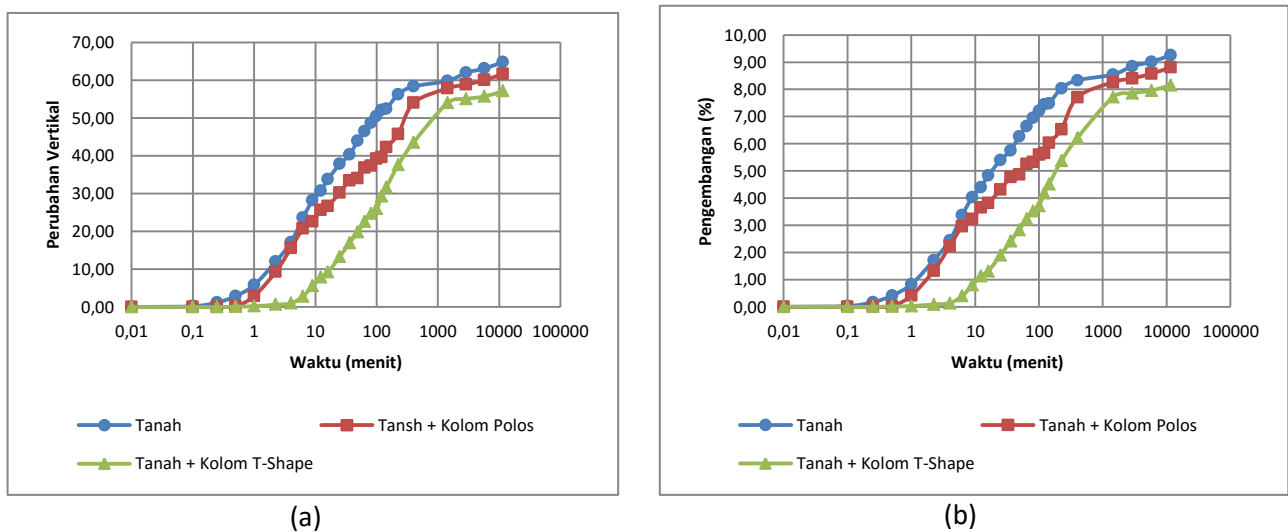


Gambar 3 Pengaturan uji model laboratorium

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perilaku Deformasi Akibat Pengembangan

Selama pengembangan, tanah dalam kondisi *undrained* yang menyebabkan kondisi tanah dalam keadaan tergenang air. Deformasi pada pelat fleksibel akibat pengembangan tanah seiring waktu akan terus meningkat. Muntohar (2014) melakukan pengujian terhadap deformasi pelat fleksibel menunjukkan bahwa tanah yang didukung kolom kapur mampu mengurangi defleksi akibat pengembangan dan beban. Pada gambar 4 ditunjukkan diagram hubungan persen pengembangan dan diagram hubungan perubahan vertikal terhadap waktu. Hasil menunjukkan bahwa defleksi pelat fleksibel tanpa diperkuat kolom selama 4 hari penjuenan akibat pengembangan adalah sebesar 9,26% (Gambar 4a) atau sebesar 64,79 mm (Gambar 4b). Sementara defleksi terhadap pelat fleksibel yang diperkuat oleh kolom polos sebesar 8,81% (Gambar 4a) atau sebesar 61,65 mm (gambar 4b). Selanjutnya, tanah yang diperkuat menggunakan kolom *T-Shape*, defleksi terhadap pelat akibat pengembangan adalah sebesar 8,16% (gambar 4) atau sebesar 57,11 mm (Gambar 4b) dari tinggi awal tanah.



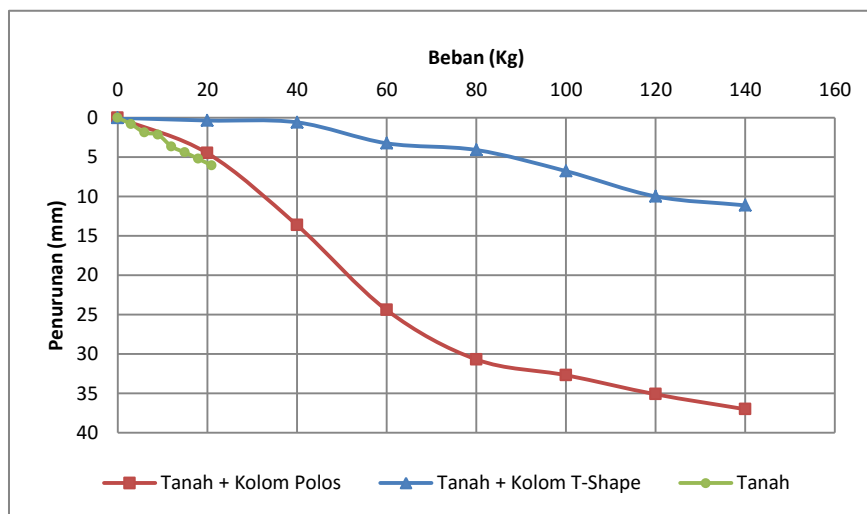
Gambar 4 Hubungan (a) pengembangan dan waktu ditengah pelat dan (b) perubahan vertikal dan waktu di tengah pelat

Presentase perbedaan vertikal diperoleh dari perbandingan antara penurunan terhadap tinggi tanah awal. Nilai perbedaan defleksi pelat fleksibel di atas tanah lempung dengan dan tanpa perkuatan kolom SiCC relatif kecil. Hal ini disebabkan oleh kolom-kolom yang masih berada di zona aktif pengembangan (*active zone*). Model kolom yang digunakan adalah model *floating piles* yang mana antara tanah dan kolom hanya berupa hubungan mekanis (*mechanically improved*), sehingga ketika terjadi pengembangan maka hasil yang diperoleh tidak terlalu berbeda jauh.

3.2. Perilaku Deformasi Akibat Pembebanan

Perilaku sistem fondasi pelat fleksibel yang didukung oleh kolom-kolom terhadap beban yang bekerja di atasnya seperti disajikan pada Gambar 5. Secara umum, defleksi pelat bertambah besar dengan bertambahnya tekanan atau beban yang bekerja di atas pelat (Muntohar, 2014). Gambar 5 menunjukkan hasil bahwa defleksi pelat yang terjadi pada tanah tanpa kolom cukup besar, yaitu sekitar 6,05 mm untuk beban 20 kg. Pelat fleksibel di atas tanah tanpa kolom hanya mampu menahan beban sampai 20 Kg. Selanjutnya, defleksi pelat fleksibel di atas tanah lempung yang diperkuat oleh kolom polos dan kolom *T-Shape* dengan beban 140 kg masing-masing 35,1 mm dan 9,05 mm. Hasil menunjukkan bahwa tanah yang diperkuat oleh kolom *T-Shape* mampu mengurangi defleksi yang terjadi pada pelat akibat beban mencapai 4 kali. Kondisi kolom seperti *floating piles* menyebabkan beban yang diterima oleh pelat fleksibel yang diperkuat kolom SiCC akan dilawan oleh gesekan (*friction*) yang terjadi antara kolom dan tanah lempung.

Perbesaran kepala kolom mampu meningkatkan daya atau kemampuan kolom (*column efficacy*) dalam menerima dan meneruskan beban ke tanah di sekitarnya. Liu dkk. (Dalam Mahardika, 2012) menyebutkan penggunaan kolom dengan perbesaran di bagian kepala menghasilkan bidang kontak yang lebih besar, sehingga beban yang bekerja di permukaan pelat akan lebih besar yang diteruskan ke kepala kolom.



Gambar 5 Hubungan beban dan penurunan di tengah pelat

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat dirumuskan kesimpulan sebagai berikut:

- Pemasangan kolom SiCC mampu mengurangi defleksi akibat pengembangan di tengah pelat dari 64,79 mm menjadi 61,65 mm dan 57,11 mm masing-masing untuk kolom polos dan kolom *T-Shape* akibat pengembangan.
- Pemasangan kolom-kolom SiCC juga mampu mengurangi defleksi yang diakibatkan oleh beban sebesar 140 kg. Defleksi akibat beban terhadap pelat fleksibel yang didukung oleh kolom polos

dan kolom *T-Shape* masing-masing adalah 35,1 mm dan 9,05 mm. Hasil menunjukkan bahwa tanah yang diperkuat oleh kolom *T-Shape* mampu mengurangi defleksi yang terjadi pada pelat akibat beban mencapai 4 kali bila dibandingkan tanah yang diperkuat dengan kolom polos.

- c. Pelat fleksibel di atas tanah lempung yang tidak didukung oleh kolom hanya mampu menerima beban sebesar 21 kg. Defleksi akibat beban terhadap pelat fleksibel pada beban 21 kg adalah sebesar 6,05 mm.

4.2. Saran

- a. Pada penelitian selanjutnya, dapat digunakan variasi panjang kolom.
- b. Pada penelitian selanjutnya, dapat digunakan variasi tinggi tanah lempung yang digunakan.
- c. Pada penelitian selanjutnya, untuk dapat diperhatikan masalah penyetingan alat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Muntohar, A.S., 2003, "Lime-column in expansive soil: A study on the compressive strength", Proceeding the 1st International Conference on Civil Engineering, 1-3 October 2003, Malang, East Java.
- Muntohar, A.S., Rosyidi, S.A.P., Diana, W., dan Iswanto (2014). Perilaku Beban – Deformasi Pelat Fleksibel Didukung Dengan Kolom-Kolom Eco-Sicc Di Tanah Ekspansif. Laporan Penelitian Tahun I "Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi", Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta (unpublished).
- Sholeh, M., "Pengaruh Proses Pembasahan Dan Pengeringan Pada Tanah Ekspansif Yang Distabilisasi Dengan Kapur Dan Eco Cure21 (Studi Kasus : Jalan Bojonegoro - Padangan Km 133 + 550)", Master Thesis, Department of Civil Engineering, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2010.
- Muntohar, A.S., (2014), Improvement of Expansive Subgrade Using Column Technique of Carbide Lime and Rice Husk Ash Mixtures, *Southeast Asia Conference on Soft Soils Engineering and Ground Improvement (SOFT SOILS 2014)*, Bandung, Indonesia, 20–23 Oktober 2014, pp. I4-1 - I4-6.
- Muntohar, A.S., A laboratory test on the strength and load-settlement characteristic of improved soft soil using lime-column, *Dinamika TEKNIK SIPIL*, Vol. 10 (3), 2010, pp. 202-207
- Apriyono, A., dan Sumiyanto, Pengaruh Variasi Jarak Kolom Kapur Dalam Stabilisasi Lempung Lunak Pada Tinjauan Nilai Indek Pemampatan (Cc) Tanah, *Dinamika TEKNIK SIPIL*, Vol. 11 No. 1, 2011, pp. 61 – 65
- Budi, G.S., 2003, Penyebaran kekuatan dari kolom yang terbuat dari limbah karbit dan kapur. *Jurnal Dimensi Teknik Sipil*, Vol. 5 No. 2: 99-102.
- Budi, G.S., "Penyebaran kekuatan dari kolom yang terbuat dari limbah karbit dan kapur". *Jurnal Dimensi Teknik Sipil*, Vol. 5 No.2, 2003, pp. 99-102
- Muntohar. A.S., dan Nugraha, R.A., Pengaruh Pembesaran Kepala Kolom Bentuk T-Shape Pada Sistem Fondasi Jalan Raya Terhadap Deformasi Akibat Pengembangan Tanah Ekspansif, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil XI – 201*, ISBN 978 – 602 – 72056 – 0 – 4