

ALTERNATIF PERKUATAN TANAH LEMPUNG LUNAK (*SOFT CLAY*), MENGUNAKAN CERUCUK DENGAN VARIASI PANJANG DAN DIAMETER CERUCUK

Suroso, Harimurti dan Meddy Harsono
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang

ABSTRAK

Berbagai metode perbaikan tanah telah banyak dikembangkan. Salah satunya dengan metode perkuatan tanah sebagai alternatif pemecahan masalah terhadap penurunan dan daya dukung tanah yang rendah. Penelitian ini tentang alternatif perkuatan tanah lempung lunak (*soft clay*) dengan kaolin sebagai media pengganti lempung dengan menggunakan cerucuk. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif perkuatan tanah lempung lunak (*soft clay*) yang mempunyai daya dukung yang kurang baik dalam mendukung pondasi sebagai landasan konstruksi.

Pemakaian cerucuk pada lempung lunak dapat meningkatkan daya dukung lempung lunak. Dari kenaikan daya dukung tersebut terlihat bahwa cerucuk memberikan kontribusi yang cukup besar pada lempung lunak. Dalam penelitian ini diperoleh kontribusi mencapai 2,2 kali daya dukung tanah lempung lunak tanpa dipasang cerucuk. Semakin besar diameter cerucuk secara keseluruhan memberikan peningkatan daya dukung yang efektif. Tetapi dari diameter 1cm ke diameter 1,5cm pada panjang cerucuk 20cm memberikan peningkatan daya dukung yang paling efektif sebesar 57,5%. Begitu pula pada variasi panjang semakin panjang cerucuk memberikan peningkatan daya dukung yang efektif. Peningkatan paling efektif dari panjang cerucuk 18cm ke panjang 20cm pada diameter 0,5cm dengan peningkatan daya dukung sebesar 62,1%.

Dari keseluruhan uji pembebanan dapat diketahui bahwa seiring bertambahnya panjang cerucuk dan semakin besar diameter, maka daya dukung tanah akan terus meningkat. Penambahan pada panjang dan diameter akan memberikan pola peningkatan yang cenderung linear. Oleh karena itu pada penelitian ini belum bisa didapatkan suatu nilai optimum dari penambahan panjang maupun diameter.

Kata Kunci : metode perkuatan tanah, lempung lunak, cerucuk

PENDAHULUAN

Umumnya, permasalahan yang timbul pada konstruksi di atas tanah lunak adalah geseran (*shearing*). Mekanisme hilangnya keseimbangan dapat terjadi pada tanah dengan daya dukung rendah, diakibatkan dari beban berat tanah itu sendiri. Permasalahan lain biasanya berupa tolakan ke atas (*uplift*) yang banyak terjadi pada lapisan lempung (*clay*) dan lanau (*silt*) akibat perbedaan tekanan air dan juga sering terjadinya penurunan permukaan (*settlement*) juga permasalahan yang

sering terjadi. Hal ini pada umumnya disebabkan oleh beratnya beban yang harus ditanggung oleh tanah lunak.

Seiring dengan perkembangan teknologi di bidang konstruksi, pemakaian cerucuk pun disesuaikan dengan kebutuhan aktualnya. Berbagai inovasi berdasarkan sistem ini banyak bermunculan, dari memadukannya dengan bambu, kayu maupun matras beton.

Oleh karena itu, berdasarkan penelitian yang telah ada dan untuk mengkaji karakteristik aplikasi cerucuk

pada tanah lempung lunak, maka perlu dilakukan penelitian. Sehingga diharapkan hasil penelitian dapat

memberikan alternatif dalam perkuatan daya dukung tanah lunak untuk konstruksi.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Lempung

Lempung adalah agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah. Istilah “*gumbo*” digunakan, khususnya di Amerika bagian barat, Untuk lempung yang keadaan plastisnya ditandai dengan wujudnya yang bersabun atau seperti terbuat dari lilin, serta amat keras. Pada kadar air yang lebih tinggi (basah) lempung tersebut bersifat lengket (Terzaghi, 1987).

Berdasarkan mineral penyusunnya, tanah lempung ialah tanah yang terdiri dari partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila bercampur dengan air. Sifat plastis ini menunjukkan sifat bahan yang dapat diubah-ubah tanpa

mengalami perubahan volume dan kembali ke bentuk asalnya, serta tidak disertai retak-retak pada saat perubahan tersebut. Jadi, tanah dapat disebut sebagai tanah bukan lempung (*non-clay soils*) walaupun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil. Sebagai contoh, partikel-partikel quartz, feldspar dan mika dapat berukuran submikroskopis, namun tidak menunjukkan sifat plastis pada tanah

Lempung Lunak

Tanah lempung lunak didefinisikan sebagai lempung yang mempunyai tegangan geser kurang dari 25 Kpa. (Edward W and Rolf Peter B, 1981).

(Peck dkk,1953) mengklasifikasikan lempung berdasarkan hubungan antar konsistensi, identifikasi, dan kuat geser tekan bebas (q_u), seperti pada Tabel 1.

(Braja M DAS, 1985) mengklasifikasikan lempung berdasarkan kadar air, seperti pada Tabel 2.

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Lempung Berdasarkan Kuat Geser Tekan Bebas

Konsistensi tanah lempung	Identifikasi di lapangan	q_u (kg/cm ²)
Sangat lunak	Dengan mudah ditembus beberapa inchi dengan kepalan tangan.	< 0.25
Lunak	Dengan mudah ditembus beberapa inchi dengan ibu jari.	0.25-0.5
Sedang	Dapat ditembus beberapa inchi pada kekuatan sedang dengan ibu jari.	0.5-1.0
Kaku	Melekuk bila ditekan dengan ibu jari, tapi dengan kekuatan besar.	1.0-2.0
Sangat kaku Keras	Melekuk bila ditekan dengan kuku ibu jari. Dengan kesulitan, melekuk bila ditekan dengan kuku ibu jari	2.0-4.0 >0.4

Tabel 2. Kalsifikasi Tanah Lempung Berdasarkan Kadar Air

Tipe tanah lempung	Kadar air ,w (%)
Kaku	21
Lembek	30 - 50
Lunak*	90 - 120

*Batas cair > 50%

Daya Dukung Tanah

Dalam perencanaan pondasi gedung atau bangunan lain ada 2 (dua) hal utama yang harus diperhatikan, yaitu:

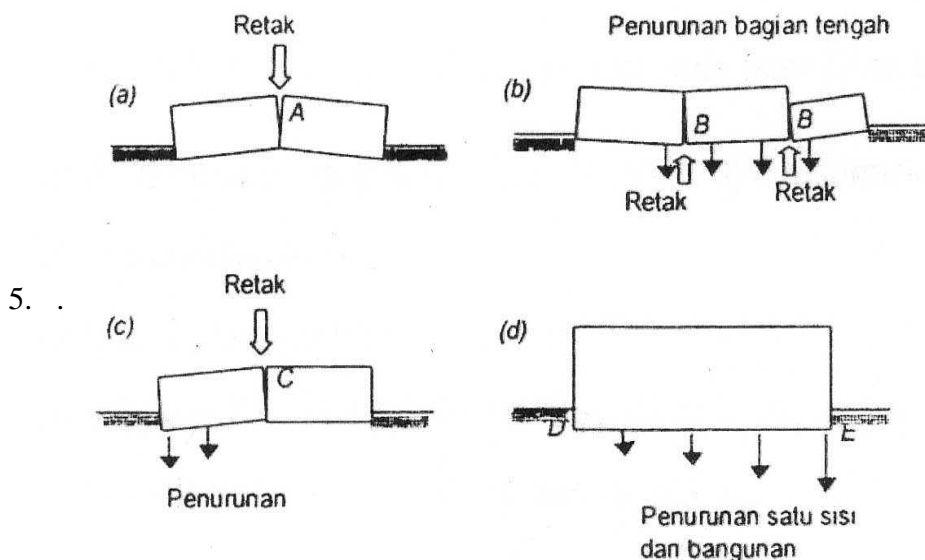
1. Daya dukung, yaitu apakah tanah yang bersangkutan cukup kuat untuk menahan beban pondasi tanpa terjadi keruntuhan akibat menggeser (*shear failure*). Hal ini tergantung dari kekuatan geser tanah.
2. Penurunan yang akan terjadi, hal ini tergantung dari jenis atau macam tanah.

1. Keruntuhan geser akibat terlampauinya daya dukung tanah, hal ini akan menyebabkan penurunan sebagian (*differential settlement*) dan penurunan diseluruh bangunan.
2. Kerusakan akibat defleksi yang besar pada pondasinya, kerusakan ini umumnya terjadi pada pondasi dalam.
3. Distorsi pada tanah pendukungnya (*shear distorsion*) dari tanah pendukungnya.
4. Turunnya tanah akibat perubahan angka pori.

Penurunan

Ada beberapa penyebab terjadinya penurunan akibat pembebanan yang bekerja diatas tanah, yaitu :

Contoh kerusakan bangunan akibat penurunan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh kerusakan bangunan akibat penurunan

Metode Perbaikan Tanah

Ada beberapa metode yang digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak, yaitu:

1. Pemasangan cerucuk kayu (*dolken*) atau tiang batu (*stone coloum*) samai kedalaman tertentu.
2. Pemberian beban awal (*preloading*) dengan atau tanpa *vertical drain*.

3. Pemasangan geotekstil dipermukaan tanah dasar.

Pemakaian Cerucuk Pada Tanah

Dalam kaitannya perkuatan tanah dengan pemakaian tiang untuk mendistribusikan beban secara vertikal (lewat tahanan lekat) di dalam lapisan atau dengan mentransfer beban menjadi material yang buruk sampai didukung oleh tanah yang cukup kuat (tahanan ujung).

Dalam hal ini mungkin dapat dipergunakan *Friction Pile* yaitu tiang yang tertahan oleh pelekatan antara tiang dengan tanah. Tiang semacam ini disebut juga tiang terapung (*Floating Piles*). Istilah *floating pile* dipakai untuk pondasi di atas tanah yang lembek dimana berat bangunan diatur supaya kurang lebih sama dengan berat tanah yang digali. Pemakaian cerucuk bertujuan untuk :

1. Meningkatkan daya dukung tanah

2. Mengurangi terjadinya penurunan pondasi
3. Menghindari terjadinya gelinciran, karena cerucuk dapat menahan gaya geser lebih besar daripada tanah, selain itu cerucuk merupakan suatu tulangan penguat sehingga akan mampu menahan gerakan-gerakan tersebut.

Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis yang berkenaan dengan perkuatan tanah lempung lunak dengan menggunakan variasi pemasangan cerucuk ($P_1=20$ cm, $P_2=18$ cm, $P_3 = 16$ cm dan $D_1= 0,5$ cm, $D_2= 1$ cm, $D_3 = 1,5$ cm), akan berpengaruh pada daya dukung tanah lempung lunak dan pada variasi panjang dan diameter tertentu akan menurun daya dukungnya, jadi ada nilai optimum dari penggunaan perkuatan tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Percobaan

Variasi pemasangan cerucuk dalam percobaan ini adalah seperti Tabel 3.

Tabel 3. Rancangan Percobaan

Panjang Cerucuk (cm)	Diameter Cerucuk (cm)
Tanpa cerucuk	Tanpa cerucuk
20	0,5
20	1
20	1,5
18	0,5
18	1
18	1,5
16	0,5
16	1
16	1,5

Deskripsi Uji Pembebanan dan Instrumentasi

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mempersiapkan material kaolin guna pemeriksaan karakteristik tanah lempung yang digunakan.

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan. Tahap pertama merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk mengetahui jenis tanah yang akan diteliti dan Tahap kedua penelitian yaitu mempersiapkan subbase dan subgrade sampai pada pembebanan. Sebagai subgrade yang digunakan material kaolin dimana kadar airnya dicoba-coba hingga mencapai kondisi tanah lempung lunak (*soft clay*). Untuk mendapatkan kadar air yang sama untuk kondisi kering, tanah lempung dikeringkan bersamaan hingga menjadi kering, lempung yang sudah dikeringkan dicampur dengan air sesuai dengan perbandingan berat sehingga mendapatkan kadar air 60%.

Sebagai subbase digunakan pasir halus yang dihamparkan hingga rata permukaan. Pasir halus yang digunakan memenuhi klasifikasi berdasarkan AASHTO yaitu termasuk dalam kelas A-3 dengan kriteria prosentase lolos No.40 minimal 51 dan No.200 maksimal 10.

Kotak untuk uji pembebanan terbuat dari pelat baja, kecuali bagian depan terbuat dari kaca setebal 10 mm dengan dimensi lebar 55 cm, panjang 90 cm dan tinggi 60 cm. Pfieffe dan DAS, 1979 (dalam Cristanto, 1992) menyatakan dalam kedalaman lapisan bawah tidak kurang dari 2 kali lebar

PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini model pondasi telapak membebani atas permukaan subbase didalam box dengan ukuran 50cm x 90cm, dengan kedalaman tanah 42cm. Sebuah dongkrak hidrolis dikerjakan sebagai beban yang bekerja diatas pondasi dan untuk mengetahui besarnya beban dipasang proving ring berkapasitas 100kg. Hasil pembacaan proving ring kemudian dikalikan dengan kalibrasi alat sebesar 0,331 untuk mendapatkan besaran beban dalam kilogram (hasil pengujian terlampir).

Berdasarkan Hasil penelitian pendahuluan, lempung lunak yang terbuat dari kaolin dengan kadar air 60% memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Nilai batas cair (LL) = 58,31% > % 50% , mengidentifikasikan bahwa tanah lempung ini memenuhi sebagai lempung lunak (*soft clay*).
2. Berdasarkan nilai kuat tekan bebas $q_u = 0,2791 \text{ kg/cm}^2$, maka tanah lempung dapat dikatakan tanah lempung lunak.
3. $G_s = 2,6009$, tanah lempung ini banyak mengandung mineral kaolinite.

model pondasi, untuk menghindari distorsi daya dukung akibat pemampatan. Pada pengujian ini tanah lempung yang digunakan tidak kurang dari 20 cm. Kemudian dipasang cerucuk dengan diameter cerucuk $D_1 = 0,5 \text{ cm}$, $D_2 = 1 \text{ cm}$, $D_3 = 1,5 \text{ cm}$, panjang cerucuk $P_1=20 \text{ cm}$, $P_2=18 \text{ cm}$, $P_3 = 16 \text{ cm}$ pada variasi selanjutnya kedalam lapisan subgrade. Pemasangan cerucuk dilakukan dengan mendahulukan dibagian terluar kemudian di dalam area yang dipasang perkuatan, dengan demikian area yang dipasangi cerucuk meningkat kepadatannya.

4. Sebagai lapisan subbase menggunakan pasir halus. Berdasarkan metode AASHTO, dengan prosentase jumlah lolos saringan no.40 = 75,56% > 51% dan saringan no.200 = 4,71% < 10% maka pasir dikatan pasir halus sesuai yang diinginkan.

Dari hasil pengujian (*hasil test lab*) untuk tanah lempung lunak tanpa cerucuk diperoleh daya dukung ultimit sebesar $0,0164 \text{ kg/cm}^2$ dan dari variasi perkuatan terdapat beberapa hal yang mempengaruhi hasil dari pengujian. Hasil dari pengujian yang memungkinkan kecendrungan besar kecilnya beban ultimit diantaranya adalah kurang telitinya peneliti dalam melakukan pembuatan sampel yang merupakan bukan lempung lunak namun kaolin yang dibuat hingga memenuhi sebagai sampel lempung lunak dan juga dari pembacaan dial maupun faktor alat.

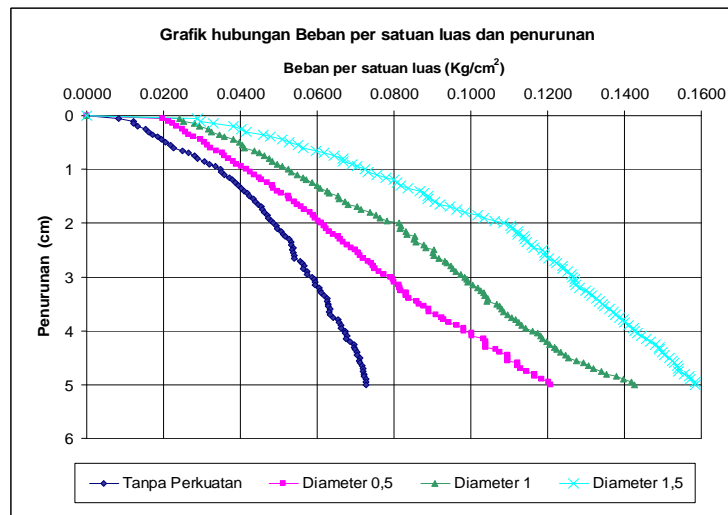
Besarnya nilai dari daya dukung ultimit akibat adanya variasi panjang maupun diameter pada perkuatan lempung lunak dapat dilihat lebih jelas pada tabel 4. berikut :

Tabel 4. Daya dukung batas untuk variasi panjang dan diameter

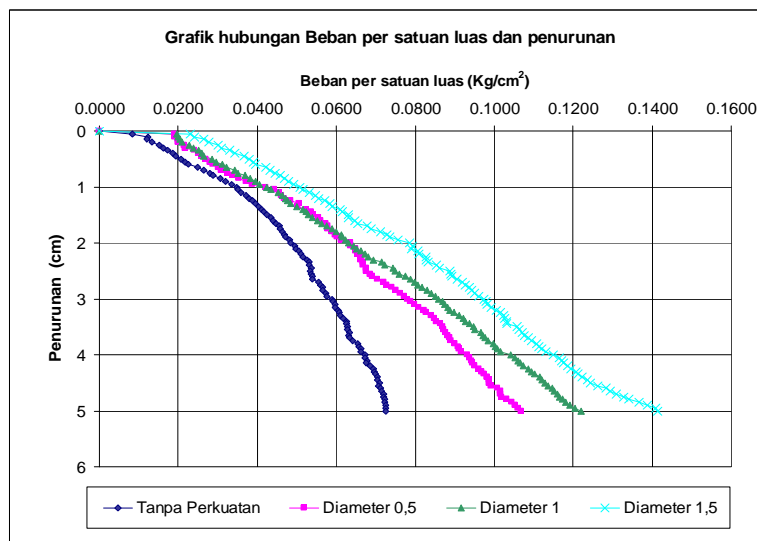
Panjang (cm)	Diameter (cm)	q_{ult} (kg/cm ²)
Tanpa	Tanpa	0,0164
20	0,5	0,0213
	1	0,0305
	1,5	0,0461
18	0,5	0,0185
	1	0,0239
	1,5	0,0287
16	0,5	0,0177
	1	0,0188
	1,5	0,0250

Perkuatan tanah lempung lunak yang dilakukan adalah penggunaan cerucuk guna meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak. Penggunaan cerucuk

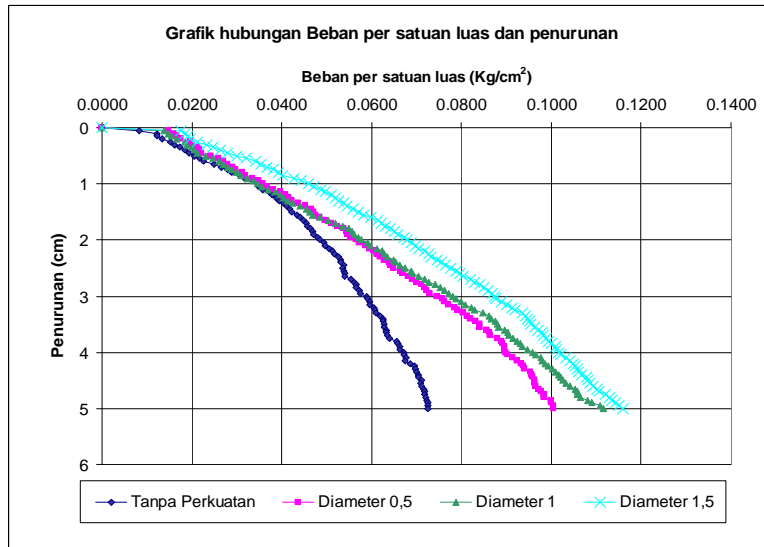
dengan berbagai variasi panjang dan diameter dapat dilihat dari grafik hubungan beban per satuan luas – penurunan sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik Daya dukung - Penurunan pada Panjang 20cm dengan Variasi Diameter



Gambar 3. Grafik Daya dukung - Penurunan pada Panjang 18cm dengan Variasi Diameter



Gambar 4. Grafik Daya dukung - Penurunan pada Panjang 16cm dengan Variasi Diameter

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa penambahan besar diameter cerucuk yang digunakan sebagai perkuatan memberikan kecenderungan peningkatan daya dukung meskipun semua peningkatan tersebut tidak semuanya efektif. Mengingat besarnya panjang cerucuk menentukan besarnya tegangan dan lekatan selimut oleh tanah sehingga mempengaruhi besarnya peningkatan daya dukung tanah (Barksdale dan Bachus, 1983).

Nilai peningkatan efektif ditunjukkan oleh jarak antar kurva grafik variasi yang relatif jauh dan ini terjadi

pada dipasangnya cerucuk sudah mengalami peningkatan dan pada penambahan besar diameter 0,5cm ke 1cm maupun 1cm ke 1,5cm tidak terjadi peningkatan yang signifikan bahkan ada beberapa penambahan panjang yang memberikan daya dukung yang hampir tetap.

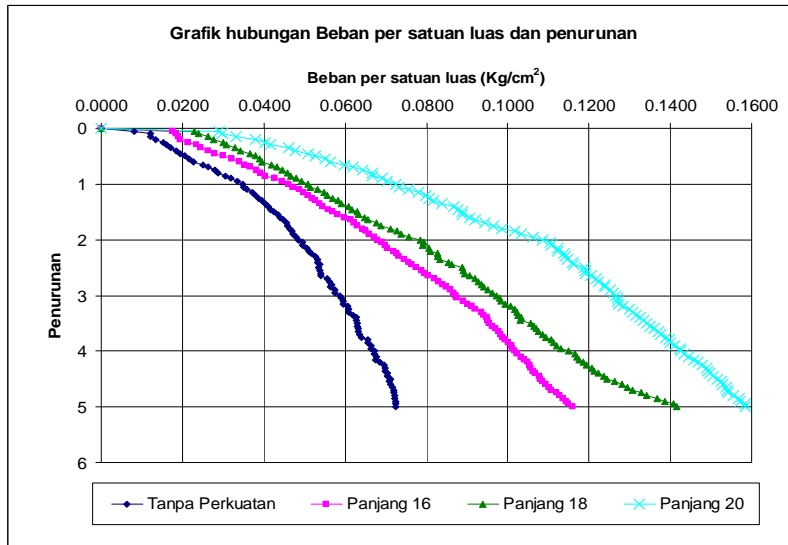
Dari hasil percobaan pembebanan dengan memvariasikan diameter cerucuk dengan panjang cerucuk yang sama, semakin besar diameter cerucuk maka daya dukung batas juga meningkat seperti tampak pada tabel 5.

Tabel 5. Persentase peningkatan daya dukung ultimit akibat variasi Diameter cerucuk.

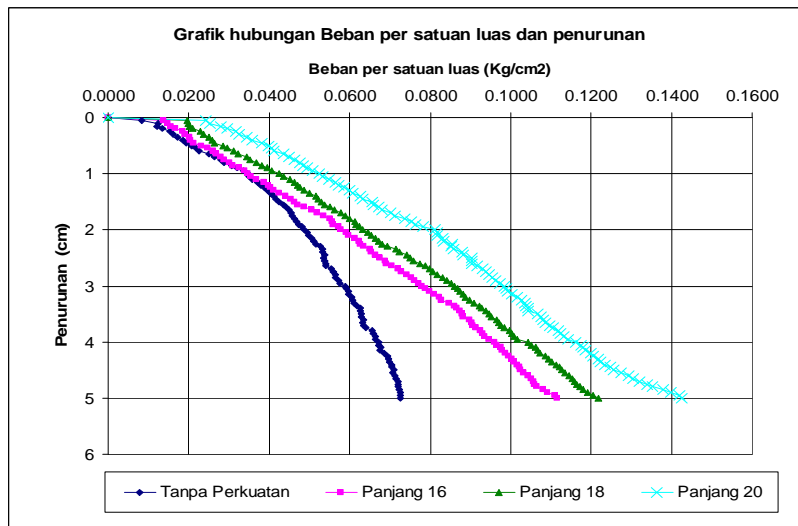
Diameter	Panjang 20cm		Panjang 18cm		Panjang 16cm	
	q_{ult}	% Peningkatan	q_{ult}	% Peningkatan	q_{ult}	% Peningkatan
Tanpa cerucuk	0.0164		0.0164		0.0164	
0,5	0.0213	22.976	0.0178	7.787	0.0177	7.449
1	0.0305	46.308	0.0239	31.405	0.0188	12.996
1,5	0.0461	64.407	0.0287	42.879	0.0250	34.515

Peningkatan daya dukung batas yang terjadi dengan panjang cerucuk 20cm dengan diameter cerucuk yang bertambah besar menunjukkan peningkatan sebesar 22% - 64%, pada panjang 18cm terjadi

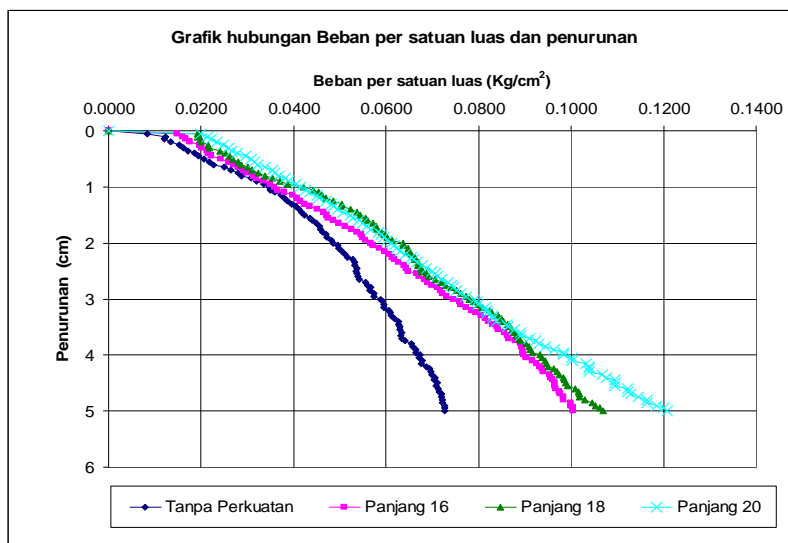
peningkatan daya dukung batas 7% - 42% dan pada panjang cerucuk 16cm terjadi peningkatan daya dukung batas sebesar 7% - 34%.



Gambar 5. Grafik Daya dukung - Penurunan pada Diameter 1,5cm dengan Variasi Panjang cerucuk



Gambar 6. Grafik Daya dukung - Penurunan pada Diameter 1cm dengan Variasi Panjang cerucuk



Gambar 7. Grafik Daya dukung - Penurunan pada Diameter 0,5cm dengan Variasi Panjang cerucuk

Pada grafik daya dukung – penurunan (gambar 5 sampai 7) dengan variasi panjang cerucuk juga menunjukkan terjadinya peningkatan daya dukung. Pada variasi ini, terjadi peningkatan yang paling efektif hanya terjadi pada variasi panjang 16cm ke 18cm pada diameter 1,5cm sedangkan pada variasi panjang dan

diameter yang lain relatif sama dikarenakan perubahan jarak kurva tiap variasi.

Dari hasil percobaan pembebanan dengan memvariasikan panjang cerucuk dengan diameter yang sama, semakin panjang cerucuk maka semakin besar pula peningkatan daya dukung batas yang terjadi seperti terlihat pada tabel 6.

Tabel 6. Persentase peningkatan daya dukung ultimit akibat variasi panjang cerucuk.

Panjang	Diameter 0,5cm		Diameter 1cm		Diameter 1,5cm	
	q _{ult}	% Peningkatan	q _{ult}	% Peningkatan	q _{ult}	% Peningkatan
Tanpa cerucuk	0.0164		0.0164		0.0164	
16	0.0177	7.345	0.0188	12.766	0.0250	34.400
18	0.0185	11.351	0.0239	31.405	0.0287	42.879
20	0.0213	23.005	0.0305	46.230	0.0461	64.407

Peningkatan daya dukung batas dengan diameter 0,5cm pada panjang cerucuk yang bertambah panjang menunjukkan peningkatan sebesar 7% - 23%. Pada diameter cerucuk 1cm terjadi peningkatan daya dukung batas sebesar 12% - 46% dan pada diameter 1,5cm terjadi peningkatan sebesar 34% - 64%.

Rasio Daya Dukung (BCR)

Adanya beda variasi Panjang dan Diameter cerucuk pada kondisi yang sama

tentunya terdapat perbedaan daya dukung yang terjadi pada penurunan yang sama sehingga perlu adanya analisa rasio daya dukung.

Pengambilan rasio daya dukung ditentukan dengan beban ultimit yang terjadi berdasarkan beban batas yaitu beban ultimit tanah dasar tanpa cerucuk. Besarnya rasio daya dukung dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. Rasio daya dukung terhadap daya dukung batas

Panjang (cm)	Diameter (cm)	q _{ult} (kg/cm ²)	Rasio	% Peningkatan
Tanpa	Tanpa	0.0164	1	
0,5	20	0.0213	1.298293	22.976
	18	0.0178	1.084441	7.787
	16	0.0177	1.080959	7.490
1	20	0.0305	1.72299	41.961
	18	0.0239	1.348638	25.851
	16	0.0188	1.063285	5.952
1,5	20	0.0461	2.444397	59.090
	18	0.0287	1.523161	34.347
	16	0.0250	1.328621	24.734

Pada tabel 7 terlihat bahwa semakin panjang cerucuk dan juga semakin besar diameter cerucuk memiliki peningkatan rasio daya dukung yang semakin besar, sehingga persentase peningkatan dari daya dukung batas masing-masing variasi menunjukkan peningkatan.

Nilai BCR pada beberapa penurunan untuk Variasi Diameter Cerucuk

Peningkatan besarnya rasio daya dukung pada beberapa variasi penurunan yang terjadi dan tidak berdasarkan beban batas dapat dilihat dari tabel 8, yang menyajikan hubungan antara rasio daya dukung dengan penurunan pada variasi panjang dan diameter cerucuk.

Pada penurunan 10%B atau 1cm terlihat pada tabel 8, dengan diameter yang lebih besar terlihat nilai yang paling efektif pada panjang 20cm dengan diameter cerucuk 1,5cm spasi 4cm menunjukkan persentase peningkatan sebesar 57,471%. Pada panjang 16cm dengan diameter 0,5cm terlihat prosentase peningkatan hanya 3,2% dibandingkan dengan tanpa cerucuk ini diakibatkan banyak faktor, diantaranya adalah faktor alat, faktor kepadatan tanah yang relatif berubah, *human error* maupun dalam hal tiang yang dipancangkan, lempung disekitar tiang mengalami reduksi daya dukung dikarenakan tiang yang dipasang lebih dahulu.

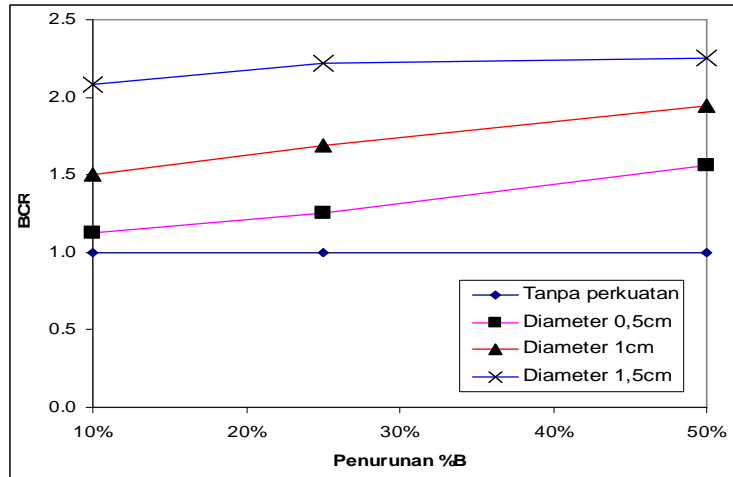
Tabel 8. Hubungan antar BCR dengan penurunan untuk variasi diameter

Penurunan %B	Diameter	Panjang 20cm		%	Panjang 18 cm		%	Panjang 16 cm		%
		q	BCR		q	BCR		q	BCR	
		(kg/cm ²)		(kg/cm ²)		(kg/cm ²)		Peningkatan		
10%	Tanpa	0.035	1.000		0.035	1.000		0.035	1.000	
	0,5 cm	0.039	1.126	12.644	0.039	1.112	11.207	0.036	1.032	3.161
	1 cm	0.052	1.506	37.931	0.0425	1.221	10.857	0.038	1.103	7.184
	1,5 cm	0.072	2.080	57.471	0.051	1.460	23.913	0.046	1.322	21.839
25%	Tanpa	0.054	1.000		0.054	1.000		0.054	1.000	1.000
	0,5 cm	0.067	1.252	25.234	0.064	1.198	19.813	0.065	1.213	21.308
	1 cm	0.090	1.690	43.738	0.0749	1.400	20.217	0.067	1.260	4.673
	1,5 cm	0.119	2.221	53.084	0.089	1.660	25.951	0.078	1.450	19.065
50%	Tanpa	0.073	1.000		0.073	1.000		0.073	1.000	
	0,5 cm	0.115	1.562	56.207	0.104	1.413	41.337	0.100	1.370	36.971
	1 cm	0.143	1.945	38.336	0.1219	1.663	24.991	0.112	1.524	15.416
	1,5 cm	0.165	2.248	30.286	0.141	1.929	26.578	0.116	1.583	5.866

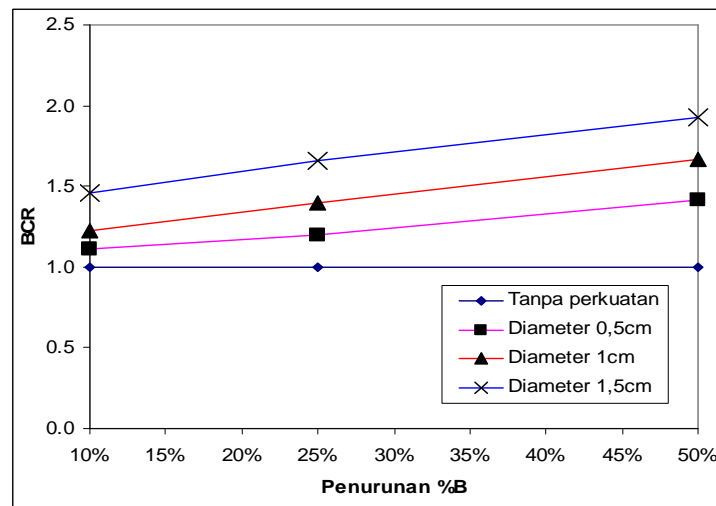
Pada penurunan 25%B atau 2,5cm, dengan diameter yang lebih besar terlihat nilai yang paling efektif pada panjang 20cm dengan diameter cerucuk 1,5cm spasi 4cm menunjukkan persentase peningkatan sebesar 53,084%.

Pada penurunan 50%B atau 5cm terlihat pada tabel 8 dari hasil perhitungan perkuatan cerucuk dengan panjang 20cm dengan diameter 0,5cm spasi 4cm menunjukkan nilai paling efektif dengan persentase peningkatan 56,21%.

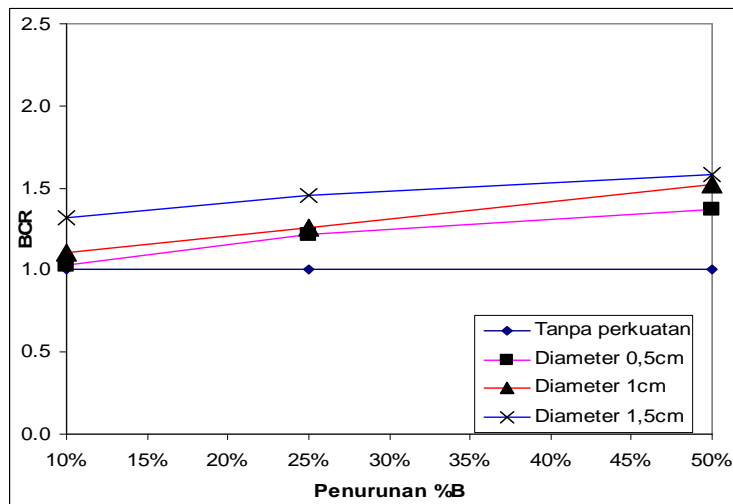
Dari tabel 8 dapat diambil kesimpulan Semakin panjang cerucuk semakin besar daya dukung serta reduksi penurunan juga besar, demikian juga semakin besar diameter makin besar pula daya dukung dan reduksi penurunan yang dihasilkan. Namun pada penelitian ini dikarenakan beberapa faktor yang mengurangi nilai efektif dari daya dukung. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar 8 sampai 10 yang memberikan peningkatan BCR



Gambar 8. Grafik Hubungan BCR -Penurunan Pada panjang 20cm dengan variasi diameter



Gambar 9. Grafik Hubungan BCR -Penurunan Pada panjang 18cm dengan variasi diameter



Gambar 10. Grafik Hubungan BCR -Penurunan Pada panjang 16cm dengan variasi diameter

Secara umum pada setiap penurunan, memberikan peningkatan nilai BCR. Tetapi pada beberapa variasi menunjukkan nilai BCR yang tidak semestinya sehingga

berbeda-beda nilai bahkan berada dibawah BCR tanah lempung lunak yang tanpa perkuatan. Oleh karena berubahnya nilai BCR ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah faktor alat, faktor kepadatan tanah yang relatif berubah, human error maupun dalam hal tiang yang dipancangkan, lempung disekitar tiang mengalami reduksi daya dukung dikarenakan tiang yang dipasang lebih dahulu.

Nilai BCR pada beberapa penurunan untuk Variasi Panjang Cerucuk

Pada tabel 9 menyajikan hubungan rasio daya dukung dengan penurunan pada beberapa variasi panjang cerucuk. Dapat dilihat, pada penurunan 10%B atau 1cm. , dengan panjang yang lebih besar terlihat nilai yang paling efektif pada panjang 20cm

dengan diameter 1,5cm mengalami peningkatan daya dukung hingga 62,1%.

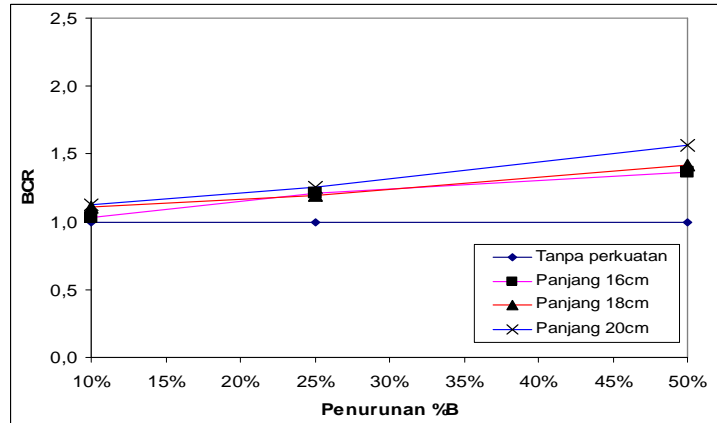
Pada penurunan 25%B atau 2,5cm dapat dilihat dengan panjang yang lebih besar terlihat nilai yang beragam hingga mengakibatkan adanya penurunan daya dukung yang disebabkan banyak faktor, diantaranya adalah faktor alat, faktor kepadatan tanah yang relatif berubah, human error maupun dalam hal tiang yang dipancangkan, lempung disekitar tiang mengalami reduksi daya dukung dikarenakan tiang yang dipasang lebih dahulu. Dapat dilihat pada diameter 0,5cm dengan panjang 18cm mengalami penurunan rasio daya dukung hingga 1,49%. Terlihat juga nilai yang paling efektif pada diameter 1,5cm dengan panjang 20cm. Persentase peningkatannya sebesar 56,075%.

Tabel 9. Hubungan antar BCR dengan penurunan untuk variasi Panjang

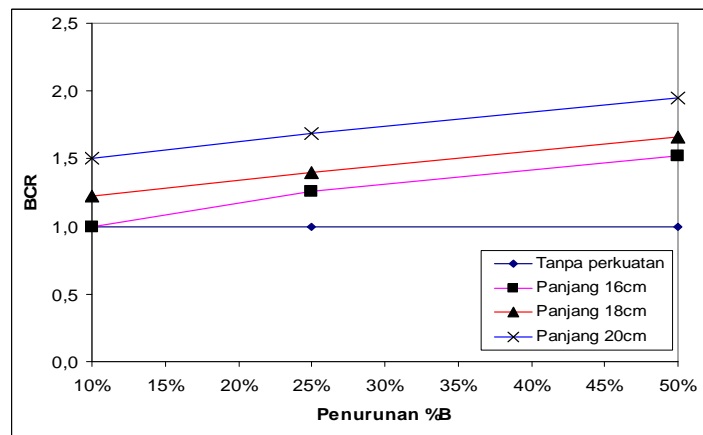
Penurunan %B	Panjang	Diameter 0,5cm		%	Diameter 1cm		%	Diameter 1,5cm		%
		q (kg/cm ²)	BCR		q (kg/cm ²)	BCR		q (kg/cm ²)	BCR	
		Peningkatan		Peningkatan		Peningkatan				
10%	Tanpa	0,035	1,000		0,035	1,000		0,035	1,000	
	16cm	0,036	1,032	3,161	0,035	1,000	0,000	0,046	1,322	32,184
	18cm	0,039	1,112	8,046	0,0425	1,221	22,064	0,051	1,460	13,793
	20cm	0,039	1,126	1,437	0,052	1,506	28,511	0,072	2,080	62,069
25%	Tanpa	0,054	1,000		0,054	1,000		0,054	1,000	1,000
	16cm	0,065	1,213	21,308	0,067	1,260	25,981	0,078	1,450	45,047
	18cm	0,064	1,198	-1,495	0,0749	1,400	14,049	0,089	1,660	20,935
	20cm	0,067	1,252	5,421	0,090	1,690	28,941	0,119	2,221	56,075
50%	Tanpa	0,073	1,000		0,073	1,000		0,073	1,000	
	16cm	0,100	1,370	36,971	0,112	1,524	52,387	0,116	1,583	58,254
	18cm	0,104	1,413	4,366	0,1219	1,663	13,940	0,141	1,929	34,652
	20cm	0,115	1,562	14,870	0,143	1,945	28,215	0,165	2,248	31,924

Pada penurunan 50%B atau 5cm terlihat pada tabel 9, dari hasil perhitungan perkuatan cerucuk dengan panjang 16cm dengan diameter 1,5cm spasi 4cm menunjukkan nilai paling efektif dengan persentase peningkatan 58,254%. Dapat dikatakan peningkatan rasio daya dukung

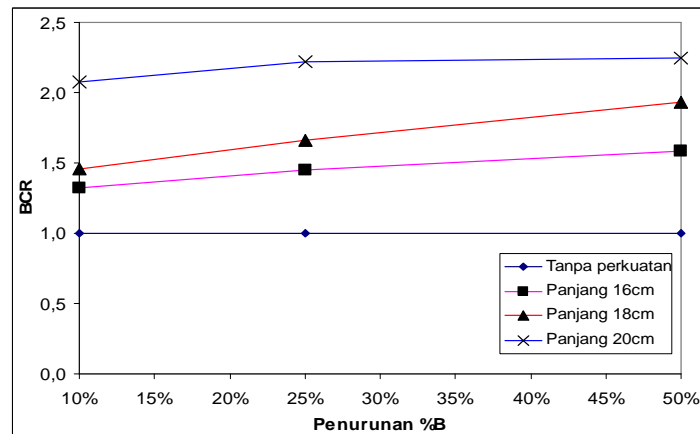
meningkat rata-rata pada penurunan 50%B. Sehingga semakin besar diameter cerucuk semakin besar daya dukung serta reduksi penurunan juga besar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat bagaimana peningkatan rasio daya dukungnya pada gambar 11 sampai 13.



Gambar 11. Grafik Hubungan BCR-Penurunan Pada Diameter 0,5cm dengan variasi panjang



Gambar 12. Grafik Hubungan BCR-Penurunan Pada Diameter 0,5cm dengan variasi panjang



Gambar 13. Grafik Hubungan BCR-Penurunan Pada Diameter 0,5cm dengan variasi panjang

Kecendrungan peningkatan daya dukung dapat juga dilihat dari rasio daya dukung pada pengambilan titik-titik penurunan, dalam hal ini diambil penurunan 10%B, 25%B dan 50%B.(tabel 8 dan tabel 9). Kecendrungan peningkatan rasio daya dukung terjadi dengan penambahan panjang untuk semua diameter pada penurunan 10%B, 25%B dan 50%B

namun peningkatan tersebut relatif kecil dikarenakan kurang padatnya perkuatan sehingga pengaruh fungsi perkuatan disini belum dapat bekerja secara maksimal. Terlihat pada tabel 8 dan tabel 9 maupun gambar 8 sampai gambar 13 dari rasio daya dukung mencapai 2,2 kali daya dukung tanah lempung lunak tanpa dipasang cerucuk.

Dari hipotesis penelitian dikatakan penggunaan cerucuk dari variasi panjang dan diameter akan berpengaruh pada daya dukung tanah lempung lunak dan juga ada nilai optimum dari penggunaan perkuatan tersebut. Dari hasil uji Analisa Varian 2 Arah dari variasi Panjang dan Diameter cerucuk menggunakan uji F, maka jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti terdapat hubungan yang nyata antara variabel bebas dengan variabel terikat yang diamati. Sedangkan jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti tidak terdapat hubungan yang nyata antara variabel bebas dengan variabel terikat yang diamati. Dalam penelitian yang menggunakan variasi panjang dan diameter cerucuk didapatkan $F_{hitung} > F_{tabel}$. Jadi keputusan menolak H_0 dan

menerima H_1 untuk resiko kesalahan sebesar 5% artinya variabel pengaruh panjang cerucuk dan diameter memiliki pengaruh yang nyata pada daya dukung sebagai perkuatan lempung lunak.

Dari keseluruhan uji pembebanan dapat diketahui bahwa seiring bertambahnya panjang cerucuk dan semakin besar diameter, maka daya dukung tanah akan terus meningkat. Penambahan pada panjang dan diameter akan memberikan pola peningkatan yang cenderung linear. Oleh karena itu pada penelitian ini belum bisa didapatkan suatu nilai optimum dari penambahan panjang maupun diameter. Dalam hal ini penggunaan perkuatan lempung lunak menggunakan variasi panjang dan diameter cerucuk tidak diperoleh nilai optimum dikarenakan penelitian terbatas pada panjang dan diameter tertentu

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji pembebanan, analisa data dan pembahasan pada tanah lempung lunak, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa data dan pembahasan mengenai pengaruh variasi panjang dan diameter cerucuk terhadap daya dukung tanah lempung lunak (soft clay) ditinjau dari grafik beban – penurunan dan nilai BCR didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

a. Semakin besar diameter cerucuk secara keseluruhan memberikan peningkatan daya dukung,. Kenaikan pertambahan dari variasi diameter dengan panjang tetap diperoleh persentase peningkatan pada daya dukung batas sebesar 64,407%. Pada peningkatan daya dukung dari nilai BCR masing-masing penurunan diperoleh pada 10%B dengan variasi diameter 1,5cm dengan panjang 20cm meningkat sebesar 57,5%.

b. Semakin Panjang cerucuk secara keseluruhan memberikan peningkatan daya dukung, Kenaikan pertambahan dari variasi panjang dengan diameter tetap diperoleh persentase peningkatan pada daya dukung batas sebesar 64,407%. Pada peningkatan daya dukung dari nilai BCR masing-masing penurunan diperoleh pada 10%B dengan variasi diameter 1,5cm dengan panjang 20cm meningkat sebesar 62,1%.

c. Pada pertambahan panjang maupun pertambahan diameter memberikan peningkatan nilai BCR, namun dari keseluruhan variasi yang dilakukan banyak peningkatan BCR yang kenaikannya tidak konstan terhadap penurunan sebelumnya.

2. Pemakaian cerucuk pada lempung lunak dapat meningkatkan daya dukung lempung lunak. Dari kenaikan daya dukung tersebut terlihat bahwa cerucuk memberikan kontribusi yang cukup besar pada

lempung lunak. Sehingga cerucuk dapat dijadikan alternatif untuk perbaikan tanah yang memiliki daya dukung rendah. Dalam penelitian ini

diperoleh kontribusi mencapai 2,2 kali daya dukung tanah lempung lunak tanpa dipasang cerucuk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang sebagai tempat

pelaksanaan penelitian serta semua pihak atas dukungan dan partisipasinya selama penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1986. *Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, terjemahan Johan K Hainin. Jakarta : Erlangga.
- Craig, R.F. 1994. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*, terjemahan Budi Susilo S. Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*, terjemahan Noor Endah dan Indrasurya B, Mochtar, Jakarta : Erlangga.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1999. Tata Cara Pelaksanaan Pondasi Cerucuk Kayu Di atas Tanah Lembek dan Tanah Gambut. *Pedoman Teknik* . Jakarta : PT. Medisa
- Gaspersz, Vincent. 1991. *Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan* jilid 1 Edisi pertama. Bandung : Tarsito
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1994. *Mekanika Tanah 2 Edisi Kedua*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 1996. *Teknik Fondasi 1*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Irsyam, Masyur. 2006. Struktur Cerucuk Matras Bambu Sebagai Alternatif struktur Jalan Raya Di Atas Daerah Rawa, Trial Embankment Study. Makalah *Seminar Nasional Geoteknik*. Malang : Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya
- Purnomo, Margono. 1990. Studi Hubungan Beban vs Lendutan Pondasi yang Diperkuat dengan Cerucuk, *Proceding Konferensi Geoteknik Indonesia IV*. Bandung.
- Tanimoto, Kiichi. 1973. Introduction to the Sand Compaction Pile Method as Applied to Stabilization of Soft Foundation, *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*. Austarlia.
- Terzaghi, karl. 1987. *Mekanika Tanah dalam praktek rekayasa Jilid I Edisi Kedua*, Jakarta : Erlangga