

**PENGARUH PENGGUNAAN CERUCUK DAN ANYAMAN BAMBU PADA
DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG LUNAK**
*(The Effect of Wooden Pile and Bamboo Slice on The Bearing Capacity
of Soft Clays)*

Suroso, As'ad Munawir, Herlien Indrawahyuni
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail : irsuroso@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lempung lunak adalah jenis tanah yang memiliki daya dukung batas yang rendah dan daya mampat yang tinggi. Oleh sebab itu agar dapat digunakan sebagai pondasi bangunan diperlukan adanya usaha perkuatan dengan tujuan meningkatkan daya dukung tanah salah satunya dengan menggunakan cerucuk dan anyaman bambu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan cerucuk dan anyaman bambu terhadap daya dukung tanah lempung lunak. Metode yang digunakan adalah uji model pondasi di laboratorium dengan dibebani di atas tanah lempung yang diperkuat cerucuk dan anyaman bambu dan diukur penurunannya sampai mengalami keruntuhan. Dari hasil pengukuran dan analisis menunjukkan bahwa variasi diameter, panjang, spasi, jumlah cerucuk dan luas anyaman dapat meningkatkan daya dukung lempung lunak sampai tujuh kali daya dukung tanpa perkuatan.

Kata kunci : anyaman bambu, cerucuk, daya dukung, lempung lunak

PENDAHULUAN

Tanah merupakan elemen terpenting pada suatu pekerjaan konstruksi, karena tanah merupakan landasan atau tempat bertumpunya konstruksi. Untuk memenuhi peranan tersebut tentunya harus ditunjang dengan kekuatan daya dukung tanah yang berhubungan langsung dengan keadaan tanah dasar dimana bangunan itu didirikan.

Seperti diketahui bahwa sebagian besar permasalahan tanah di Indonesia timbul pada tanah kohesif, khususnya yang termasuk kategori lempung (*clay*). Permasalahan dengan jenis tanah ini umumnya meliputi masalah daya dukung atau kekuatan memikul beban yang rendah, dan masalah kembang-susut tanah akibat perubahan kadar air dalam tanah, terutama bagi lempung yang mempunyai sifat kembang susut yang tinggi (tanah *ekspansif*). Apabila tanah lempung lunak (*soft clay*) tidak diperbaiki, atau bila struktur bangunan

yang didirikan tidak disesuaikan konstruksinya dengan kekuatan tanahnya, maka dapat terjadi kerusakan pada struktur bangunan, seperti misalnya tembok bangunan gedung yang retak-retak, abutmen jembatan yang miring, perkerasan jalan yang bergelombang.

Seiring dengan perkembangan teknologi di bidang konstruksi, banyak cara yang digunakan untuk memperkuat daya dukung tanah. Contohnya pemakaian cerucuk, dan geosintetis. Pemakaian cerucuk sendiri sudah cukup lama dikenal dan sering dipakai karena mudah pelaksanaannya di lapangan dan mudah untuk didapatkan. Salah satu aplikasi yang menggunakan geosintetis adalah RSF (*Reinforced Soil Foundation*).

Margono Purnomo (1990) dalam Prasetya (2003) melakukan penelitian mengenai penggunaan cerucuk sebagai lapisan perkuatan tanah lempung dan lanau, yang disimpulkan bahwa daya dukung tanah lempung dan lanau semakin meningkat dengan semakin bertambahnya jumlah cerucuk.

Penelitian oleh Michael T Adams dan James G Collin (1997) yang menggunakan geosintetis jenis geogrid dan geocell telah menyimpulkan bahwa lapisan perkuatan tersebut dapat meningkatkan daya dukung ultimate tanah pasir dalam mendukung pondasi dangkal. Peneliti sebelumnya, Yetimoglu (1994), menyimpulkan bahwa daya dukung tanah pasir semakin meningkat dengan semakin bertambahnya jumlah lapis geogrid.

Budi Hartono (1998) dalam Prasetya (2003) menggunakan cerucuk sebagai perkuatan tanah gambut, disimpulkan bahwa pada diameter dan spasi yang sama diperoleh daya dukung tertinggi yaitu $0,973 \text{ kg/cm}^2$, daya dukung ini merupakan kenaikan 5 kali dari tanpa cerucuk. Soebianto Tjandrawibawa, Jemmy Efendy dan Wijaya (2000) melakukan studi model mengenai perbaikan tanah lunak dengan menggunakan cerucuk berupa tes pembebanan pada suatu model pondasi dengan menggunakan "biting" bambu sebagai cerucuk. Tiga macam model pemasangan cerucuk yaitu tegak, miring, dan kombinasi tegak-miring. Hasil percobaan menunjukkan adanya peningkatan daya dukung tanah sebesar 60% oleh cerucuk miring, 37% oleh cerucuk tegak, dan 33 % oleh kombinasi cerucuk tegak-miring. Steven Widjaja dan Louis Edward H (2002) dalam Dwi Rakhmawati (2005) menggunakan cerucuk sebagai perkuatan tanah lanau dan menyimpulkan bahwa daya dukung meningkat sampai dengan 10% pada penambahan panjang.

Yusep Muslih Purwana (2002) dalam Noviyanto (2006) melakukan penelitian dengan anyaman bambu sebagai lapisan perkuatan selain geosintetis, dengan melakukan uji model kapasitas daya dukung pondasi telapak lingkaran pada pasir lepas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

penempatan lapisan anyaman kulit bambu dapat menaikkan daya dukung ultimit. Untuk perkuatan tunggal, peningkatan kapasitas daya dukung maksimal sebesar 3,07 untuk perkuatan tunggal, 3,5 untuk perkuatan rangkap dua, dan 3,07 untuk perkuatan rangkap tiga. Rasio daya dukung maksimal terjadi pada konfigurasi perkuatan pada jarak spasi antar perkuatan sebesar 0,5 diameter pondasi.

Dari penjabaran diatas, dicoba untuk meneliti lebih lanjut jika dua jenis perkuatan tersebut, cerucuk dan anyaman bambu, digunakan secara bersamaan sebagai perkuatan daya dukung tanah pada tanah lempung lunak (*soft clay*) dengan memvariasikan panjang, diameter, spasi, serta jumlah cerucuk yang digunakan. Dari penelitian terdahulu belum ada yang membahas tentang pengaruh cerucuk dan anyaman bambu pada tanah lempung lunak, sehingga penelitian ini menjadi penting untuk mengetahui pengaruh perkuatan cerucuk pada tanah lempung lunak dengan variasi panjang, jarak, diameter dengan penambahan lapis anyaman bambu pada lapisan sub base terhadap rasio daya dukung (*Bearing Capacity Ratio, BCR*).

TUJUAN

mengetahui pengaruh perkuatan cerucuk pada tanah lempung lunak dengan variasi panjang, jarak, diameter dengan penambahan lapis anyaman bambu pada lapisan sub base terhadap rasio daya dukung (BCR).

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik tanah lempung

Lempung terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis berukuran kurang dari 0.002 mm (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa), yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari

mika, mineral-mineral lempung dan mineral yang sangat halus lain (Braja M DAS, 1985).

Berdasarkan mineral-mineral penyusunnya tanah lempung adalah tanah yang terdiri dari partikel-artikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah jika bercampur air dan variasi kadar airnya akan mempengaruhi plastisitas dari tanah lempung. Jadi tanah dapat disebut bukan tanah lempung walaupun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil dan berukuran *submikroskopis* namun tidak menunjukkan sifat plastis tanah. Oleh karena itu, distribusi ukuran butir tanah umumnya bukan merupakan faktor yang mempengaruhi kekakuan tanah berbutir halus serti tanah lempung, dan batas-batas *atterberg* yang digunakan untuk mengidentifikasi tanah ini. Klasifikasi tanah lempung berdasarkan kuat geser tekan bebas akan ditabelkan pada **Tabel 1** dan berdasarkan kadar air pada **Tabel 2** berikut ini.

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Lempung Berdasarkan Kuat Geser Tekan Bebas (Peck dkk, 1953)

Konsistensi tanah lempung	Identifikasi di lapangan	qu (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	Melekuk bila ditekan dengan kuku ibu jari.	2.0-4.0
Keras	Dengan kesulitan, melekuk bila ditekan dengan kuku ibu jari	>0.4

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Lempung Berdasarkan Kadar Air (Braja M DAS, 1985)

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

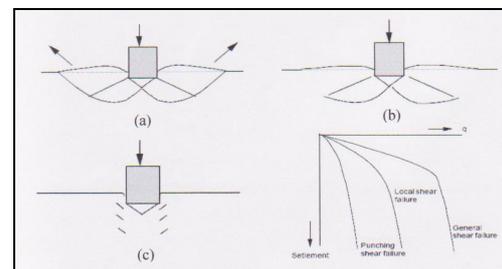
*Batas cair > 50%

Pola Keruntuhan Tanah

Berdasarkan pengujian model, Vesic (1963) membagi mekanisme keruntuhan pondasi menjadi 3 macam, yaitu :

1. Keruntuhan Geser Umum (*General Shear Failure*)
2. Keruntuhan Geser Lokal (*Local Shear Failure*)
3. Keruntuhan Geser Pons (*Punching Shear Failure*)

Adapun gambar masing-masing keruntuhan tersebut disajikan pada **Gambar 1** berikut ini.



Gambar 1. (a). Keruntuhan Geser Umum (b). Keruntuhan Geser Lokal (c). Keruntuhan Geser Pons

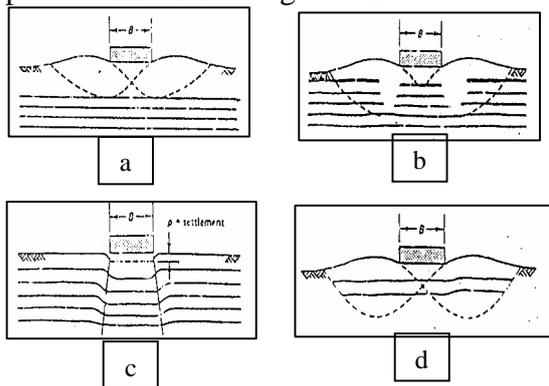
Sumber : Coduto, 1994 :164

Model Keruntuhan Tanah dengan Perkuatan (Geotekstil)

Hasil penelitian oleh Koerner (1994) menunjukkan bahwa umumnya kerusakan *geosintetic*, dalam hal ini adalah geotekstil terjadi pada saat pemasangan dan konstruksi. Penempatan agregat dan pelaksanaan pemadatan dengan alat berat mengakibatkan tegangan yang tinggi pada geotekstil.

Beberapa mode keruntuhan yang terjadi pada pondasi dangkal dengan

beberapa lapis geotekstil disajikan pada **Gambar 2** sebagai berikut :



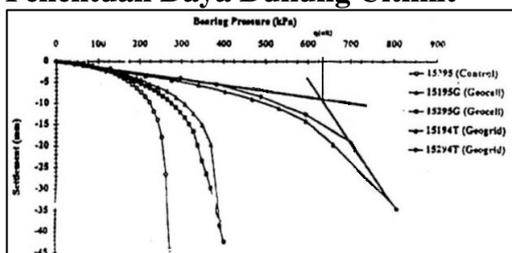
Gambar 2. Tipe keruntuhan tanah pada pondasi dangkal dengan perkuatan geotekstil

- (a) Keruntuhan daya dukung di atas lapisan geotekstil
- (b) Keruntuhan tekan atau patah pada lapisan geotekstil
- (c) Keruntuhan rangkak atau creep pada lapisan geotekstil
- (d) Keruntuhan tarik pada lapisan geotekstil

Pemakaian geosintetis tersebut akan memberikan pengaruh yang berarti seperti :

1. Dapat mempengaruhi mode runtuh.
2. Dapat menyediakan tahanan (*restrain*) dari agregat dan subgrade jika ditempatkan pada batas keduanya (*interface*).
3. Dapat menimbulkan aksi membran ketika terjadi friksi antara *subgrade* dan geosintetis disekitar daerah yang dibebani cukup besar, sehingga dapat berperan sebagai angker.

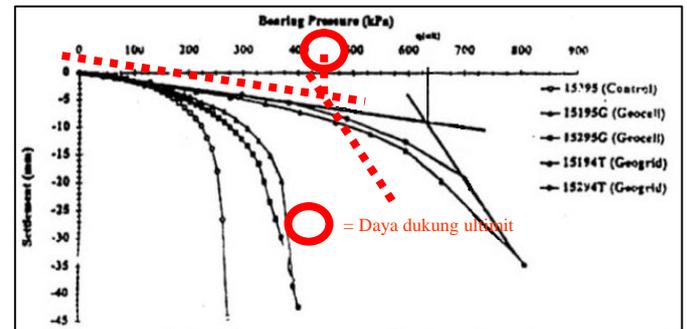
Penentuan Daya Dukung Ultimit



Gambar 3. Contoh grafik nilai daya dukung berdasarkan pembacaan *dial gauge*

Dari gambar di atas dapat dilihat

- Sumbu X nilai daya dukung dalam hal ini diperoleh dari nilai pembacaan *dial gauge*.
- Sumbu y nilai penurunan dimana pembacaan diambil range 0,5 mm.



Gambar 4. Contoh penentuan daya dukung ultimit

$$BCR = q/q_0$$

Dengan :

q = Daya dukung ultimit pada tanah dengan perkuatan

q_0 = Daya dukung ultimit pada tanah tanpa perkuatan

METODE

Dalam uji pembebanan digunakan model pondasi persegi dengan dimensi $B \times L = (10 \times 10) \text{cm}^2$ yang diletakkan pada boks uji dengan luas permukaan sebesar $(150 \times 100) \text{cm}^2$ dan kedalaman 50 cm. Sebagai analogi beban yang bekerja pada pondasi adalah sebuah dongkrak hidrolik yang dikerjakan sebagai beban dan dipasang sebuah *proving ring* untuk mengetahui besarnya strip beban pada saat melakukan analisa data. Faktor kalibrasi alat sebesar 6,0477 dimana nantinya akan didapatkan besaran beban sebenarnya dalam satuan kilogram (kg). Penggunaan *dial gauge* dimaksudkan untuk mengetahui besarnya penurunan yang terjadi seiring dengan proses pembebanan pada pondasi.

- **Variasi panjang dan spasi cerucuk**

Luas Anyaman = 50x50 cm

Diameter cerucuk = 1 cm

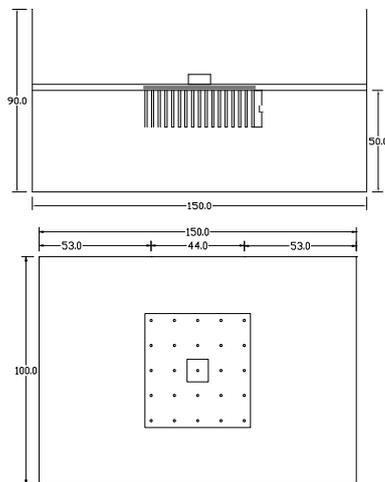
Ukuran Box Uji : p = 150 cm

l = 100 cm

t = 90 cm

Tabel 3. Variasi panjang dan spasi cerucuk

No.	P (cm)	ϕ (cm)	S (cm)
1.	16, 18, 20, 22, 24	1	4
2.	16, 18, 20, 22, 24	1	6
3.	16, 18, 20, 22, 24	1	8
4.	16, 18, 20, 22, 24	1	10
5.	16, 18, 20, 22, 24	1	12



Gambar 5. Sketsa variasi panjang dan spasi

- **Variasi panjang dan diameter cerucuk**

Luas Anyaman = 50x50 cm

Spasi antar cerucuk = 4 cm

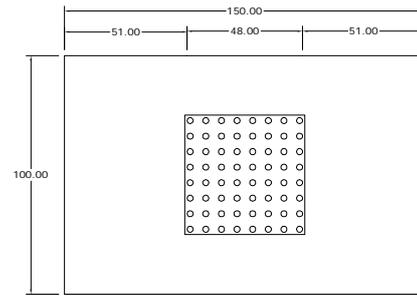
Ukuran Box Uji : p = 150 cm

l = 100 cm

t = 90 cm

Tabel 4. Variasi panjang dan diameter cerucuk

No.	P (cm)	ϕ (cm)	S (cm)
1.	16, 18, 20, 22, 24	0,5	4
2.	16, 18, 20, 22, 24	1,0	4
3.	16, 18, 20, 22, 24	1,5	4
4.	16, 18, 20, 22, 24	2,0	4
5.	16, 18, 20, 22, 24	2,5	4



Gambar 6. Sketsa variasi panjang dan diameter

- **Variasi Spasi dan Diameter Cerucuk**

Panjang cerucuk = 20 cm

Luas Anyaman = 50x50 cm

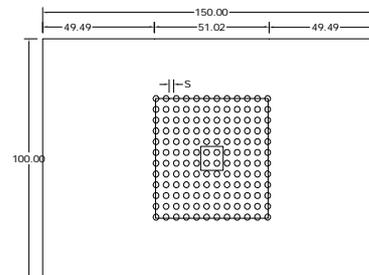
Ukuran Box Uji : p = 150 cm

l = 100 cm

t = 90 cm

Tabel 5. Variasi Spasi dan Diameter Cerucuk

No.	P (cm)	ϕ (cm)	S (cm)
1.	20	0,5	4, 6, 8, 10, 12
2.	20	1,0	4, 6, 8, 10, 12
3.	20	1,5	4, 6, 8, 10, 12
4.	20	2,0	4, 6, 8, 10, 12
5.	20	2,5	4, 6, 8, 10, 12



Gambar 7. Sketsa variasi spasi dan diameter

- **Variasi spasi cerucuk, jumlah cerucuk dan luas anyaman**

Diameter cerucuk = 1 cm

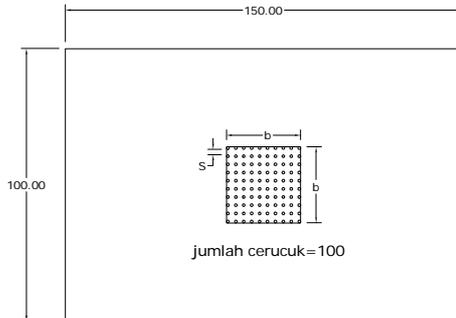
Ukuran Box Uji : p = 150 cm

l = 100 cm

t = 90 cm

Tabel 6. Variasi spasi cerucuk, jumlah cerucuk dan luas anyaman

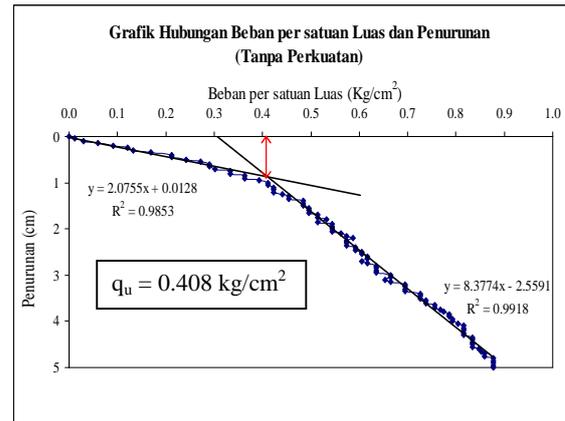
No.	P (cm)	φ (cm)	S (cm)	Jml (buah)
1.	20	1,0	2, 3, 4, 5, 6,	16
2.	20	1,0	2, 3, 4, 5, 6,	25
3.	20	1,0	2, 3, 4, 5, 6,	36
4.	20	1,0	2, 3, 4, 5, 6,	64
5.	20	1,0	2, 3, 4, 5, 6,	100



Gambar 8. Sketsa variasi spasi cerucuk, jumlah cerucuk, dan luas anyaman

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan daya dukung ultimit pada tanah lempung lunak terhadap adanya material perkuatan yaitu cerucuk dan anyaman bambu dengan variasi panjang, diameter, spasi, dan jumlah cerucuk dinyatakan dalam rasio daya dukung (BCR). Setelah dilakukan loading test didapatkan nilai tanpa perkuatan seperti **Gambar 9** berikut ini :



Gambar 9. Grafik hubungan daya dukung dan penurunan pada tanah lempung tanpa perkuatan

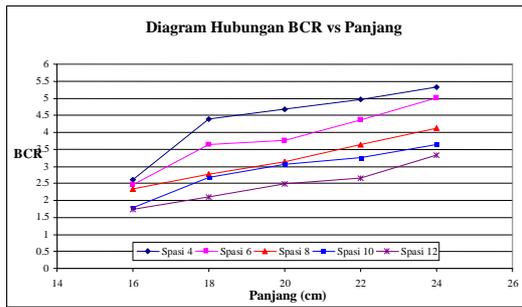
Nilai BCR dengan Variasi Panjang pada Spasi yang Sama

Hasil percobaan pembebanan dengan menggunakan cerucuk dan penambahan lapis anyaman bambu sebagai bahan perkuatan pada tanah lempung lunak menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai BCR cenderung meningkat seiring dengan semakin besarnya panjang cerucuk pada spasi yang sama yang digunakan sebagai bahan perkuatan. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 7** di bawah ini :

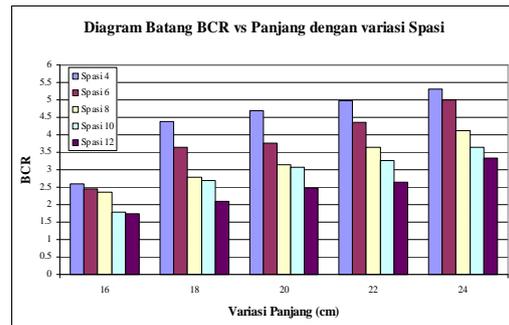
Tabel 7. Persentase Peningkatan Daya Dukung Batas dengan Variasi Panjang pada Spasi yang sama

Panjang (cm)	Spasi 4			Spasi 6			Spasi 8			Spasi 10			Spasi 12		
	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan
pa Perku	0.408	1.000	0.000	0.408	1.000	0.000	0.408	1.000	0.000	0.408	1.000	0.000	0.408	1.000	0.000
16	1.058	2.593	159.314	0.999	2.449	144.853	0.958	2.348	134.804	0.730	1.789	78.922	0.705	1.728	72.794
			179.657			120.098			42.647			89.461			37.745
18	1.791	4.390	338.971	1.489	3.650	264.951	1.132	2.775	177.451	1.095	2.684	168.382	0.859	2.105	110.539
			29.657			10.294			36.520			38.480			36.520
20	1.912	4.686	368.627	1.531	3.752	275.245	1.281	3.140	213.971	1.252	3.069	206.863	1.008	2.471	147.059
			27.941			61.275			49.510			18.873			17.402
22	2.026	4.966	396.569	1.781	4.365	336.520	1.483	3.635	263.480	1.329	3.257	225.735	1.079	2.645	164.461
			34.804			63.971			47.794			37.990			67.892
24	2.168	5.314	431.373	2.042	5.005	400.490	1.678	4.113	311.275	1.484	3.637	263.725	1.356	3.324	232.353

Berikut merupakan grafik hubungan antara BCR dengan panjang cerucuk pada spasi yang berbeda :



(a)



(b)

Gambar 10. (a) Grafik hubungan BCR dengan variasi panjang ceruk (b) Diagram batang BCR versus panjang ceruk dengan beberapa variasi spasi

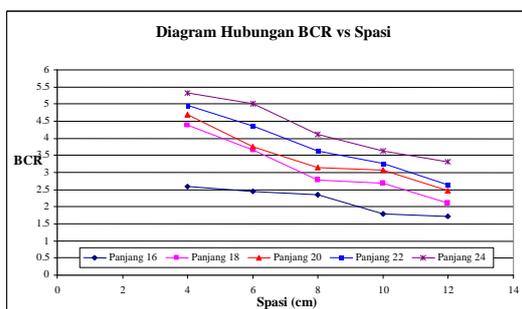
Dari **Gambar 10** di atas terlihat bahwa nilai BCR pada panjang 24 cm dengan beberapa variasi spasi mengalami peningkatan yang cukup signifikan dengan semakin kecilnya spasi pemasangan.

Nilai BCR dengan Variasi Spasi pada Panjang yang Sama
Untuk hasil BCR dengan variasi spasi pada panjang ceruk yang sama dapat dilihat pada **Tabel 8** berikut ini.

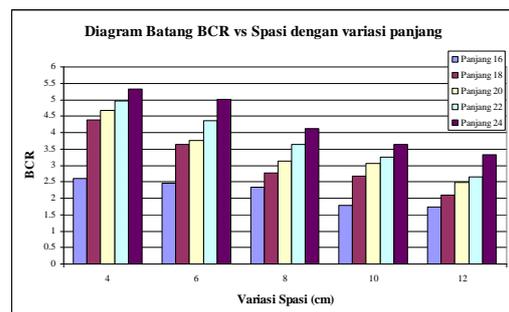
Tabel 8. Persentase Peningkatan Daya Dukung Batas dengan Variasi Spasi pada Panjang yang sama

Spasi (cm)	Panjang 16			Panjang 18			Panjang 20			Panjang 22			Panjang 24		
	qult	BCR	% peningkatan												
Tanpa	0.408	1.000	0.000	0.408	1.000	0.000	0.408	1.000	0.000	0.408	1.000	0.000	0.408	1.000	0.000
4	1.058	2.593	159.314	1.791	4.390	338.971	1.912	4.686	368.627	2.026	4.966	396.569	2.168	5.314	431.373
			-14.461			-74.020			-93.382			-60.049			-30.882
6	0.999	2.449	144.853	1.489	3.650	264.951	1.531	3.752	275.245	1.781	4.365	336.520	2.042	5.005	400.490
			-10.049			-87.500			-61.275			-73.039			-89.216
8	0.958	2.348	134.804	1.132	2.775	177.451	1.281	3.140	213.971	1.483	3.635	263.480	1.678	4.113	311.275
			-55.882			-9.069			-7.108			-37.745			-47.549
10	0.730	1.789	78.922	1.095	2.684	168.382	1.252	3.069	206.863	1.329	3.257	225.735	1.484	3.637	263.725
			-6.127			-57.843			-59.804			-61.275			-31.373
12	0.705	1.728	72.794	0.859	2.105	110.539	1.008	2.471	147.059	1.079	2.645	164.461	1.356	3.324	232.353

Berikut merupakan grafik hubungan antara BCR dengan spasi ceruk pada panjang yang berbeda :



(a)



(b)

Gambar 11. (a) Grafik hubungan BCR dengan variasi spasi (b) Diagram batang BCR versus spasi dengan beberapa variasi panjang ceruk

Dari **Gambar 11** di atas terlihat bahwa nilai BCR pada spasi 4 cm dengan beberapa variasi panjang mengalami peningkatan yang cukup signifikan.

Nilai BCR dengan Variasi Panjang pada Diameter yang Sama

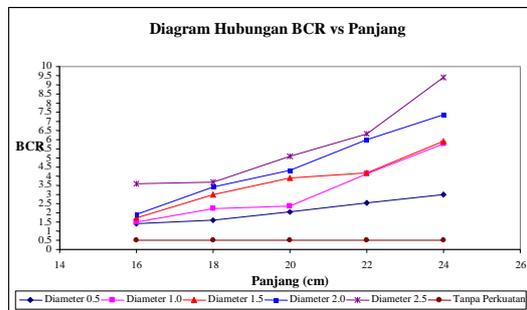
Hasil percobaan pembebanan dengan menggunakan cerucuk dan

penambahan lapis anyaman bambu sebagai bahan perkuatan pada tanah lempung lunak menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai BCR cenderung meningkat seiring dengan semakin besarnya panjang cerucuk pada diameter yang sama yang digunakan sebagai bahan perkuatan. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 9** di bawah ini :

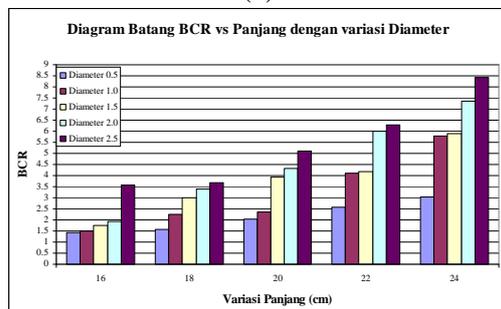
Tabel 9. Persentase Peningkatan Daya Dukung Batas dengan Variasi Panjang pada Diameter yang sama

Panjang (cm)	Diameter 0,5			Diameter 1			Diameter 1,5			Diameter 2			Diameter 2,5		
	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan
16	0.48	1	0	0.48	1	0	0.48	1	0	0.48	1	0	0.48	1	0
	0.682	1.421	42.137	0.728	1.516	51.552	0.837	1.743	74.276	0.920	1.917	91.689	1.716	3.574	257.446
			15.705			72.547			125.432			148.427			9.727
18	0.758	1.578	57.842	1.076	2.241	124.099	1.439	2.997	199.708	1.633	3.401	240.117	1.763	3.672	267.174
			47.261			13.101			93.126			90.439			142.929
20	0.985	2.051	105.103	1.139	2.372	137.201	1.886	3.928	292.835	2.067	4.306	330.556	2.449	5.101	410.102
			21.225			125.391			25.974			17.850			119.954
22	1.087	2.263	126.328	1.741	3.626	262.591	2.011	4.188	318.809	2.153	4.484	348.407	3.025	6.301	530.056
			29.056			49.219			170.110			150.927			311.539
24	1.226	2.554	155.384	1.977	4.118	311.810	2.827	5.889	488.919	2.877	5.993	499.333	4.521	9.416	841.596

Berikut merupakan grafik hubungan antara BCR dengan panjang cerucuk pada diameter yang berbeda :



(a)



(b)

Gambar 12. (a) Grafik hubungan BCR dengan panjang cerucuk (b) Diagram batang BCR versus panjang cerucuk dengan beberapa variasi diameter

Dari **Gambar 12** di atas terlihat bahwa nilai BCR pada diameter 2.5 cm dengan beberapa variasi panjang mengalami peningkatan yang cukup signifikan.

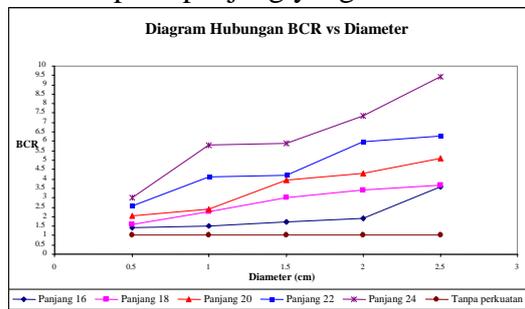
Nilai BCR dengan Variasi Diameter pada Panjang yang Sama

Hasil percobaan untuk nilai BCR dengan variasi diameter cerucuk pada panjang yang sama disajikan pada **Tabel 10** berikut ini

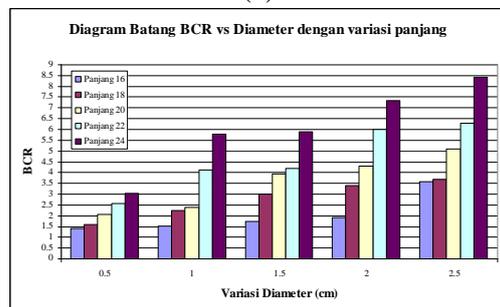
Tabel 10. Persentase Peningkatan Daya Dukung Batas dengan Variasi Diameter pada Panjang yang sama

Diameter (cm)	Panjang 16			Panjang 18			Panjang 20			Panjang 22			Panjang 24		
	qult	BCR	% peningkatan												
Tanpa	0.4801	1	0	0.4801	1	0	0.4801	1	0	0.4801	1	0	0.4801	1	0
0.5	0.682	1.421	42.054	0.758	1.578	57.842	0.985	2.051	105.103	1.087	2.263	126.307	1.226	2.554	155.384
			9.498			66.236			32.077			136.284			156.426
1	0.728	1.516	51.552	1.076	2.241	124.078	1.139	2.372	137.180	1.741	3.626	262.591	1.977	4.118	311.810
			22.724			75.630			155.649			56.209			214.978
1.5	0.837	1.743	74.276	1.439	2.997	199.708	1.886	3.928	292.829	2.011	4.188	318.800	3.009	6.268	526.788
			17.413			40.417			37.721			29.610			-28.077
2	0.920	1.917	91.689	1.633	3.401	240.125	2.067	4.305	330.550	2.153	4.484	348.411	2.874	5.987	498.711
			165.759			27.028			79.552			181.645			342.878
2.5	1.716	3.574	257.448	1.763	3.672	267.153	2.449	5.101	410.102	3.025	6.301	530.056	4.521	9.416	841.589

Berikut merupakan grafik hubungan antara BCR dengan diameter cerucuk pada panjang yang berbeda :



(a)



(b)

Gambar 13. (a) Grafik hubungan BCR dengan diameter cerucuk (b) Diagram batang BCR versus diameter cerucuk dengan beberapa variasi panjang

Dari **Gambar 13** di atas terlihat bahwa nilai BCR pada panjang 24 cm dengan beberapa variasi diameter mengalami peningkatan yang cukup signifikan.

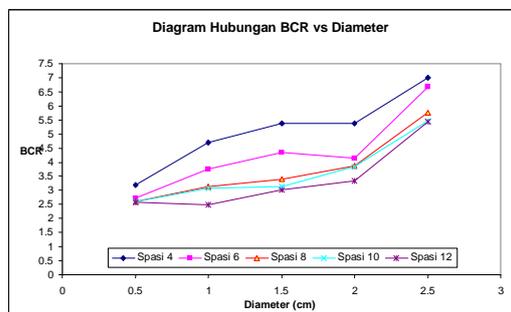
Nilai BCR dengan Variasi Diameter pada Spasi yang Sama

Hasil percobaan pembebanan dengan menggunakan cerucuk dan penambahan lapis anyaman bambu sebagai bahan perkuatan pada tanah lempung lunak menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai BCR cenderung meningkat seiring dengan semakin besarnya diameter cerucuk pada spasi yang sama yang digunakan sebagai bahan perkuatan. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 11** di bawah ini

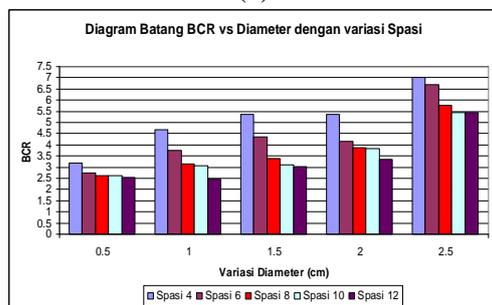
Tabel 11. Persentase Peningkatan Daya Dukung Batas dengan Variasi Diameter pada Spasi yang sama

Diameter (cm)	Spasi 4			Spasi 6			Spasi 8			Spasi 10			Spasi 12		
	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan
Tanpa	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0
0.5	1.102	2.701	170.098	1.104	2.706	170.588	1.149	2.816	181.618	0.904	2.216	121.569	1.105	2.708	170.833
			-27.696			-39.706			-50.735			46.814			-114.216
1	0.989	2.424	142.402	0.942	2.309	130.882	0.942	2.309	130.882	1.095	2.684	168.382	0.639	1.566	56.618
			36.275			-43.137			-86.520			-140.686			-24.020
1.5	1.137	2.787	178.676	0.766	1.877	87.745	0.589	1.444	44.363	0.521	1.277	27.696	0.541	1.326	32.598
			217.892			248.775			125.245			39.706			25.735
2	2.026	4.966	396.569	1.781	4.365	336.520	1.100	2.696	169.608	0.683	1.674	67.402	0.646	1.583	58.333
			-4.167			23.039			112.010			135.294			6.618
2.5	2.009	4.924	392.402	1.875	4.596	359.559	1.557	3.816	281.618	1.235	3.027	202.696	0.673	1.650	64.951

Berikut merupakan grafik hubungan antara BCR dengan diameter cerucuk pada spasi yang berbeda :



(a)



(b)

Gambar 14. (a) Grafik hubungan BCR dengan diameter cerucuk (b) Diagram batang BCR versus diameter cerucuk dengan beberapa variasi spasi

Dari **Gambar 14** di atas terlihat bahwa nilai BCR pada diameter 2.5 cm dengan beberapa variasi spasi mengalami peningkatan yang cukup signifikan dengan semakin kecilnya jarak spasi.

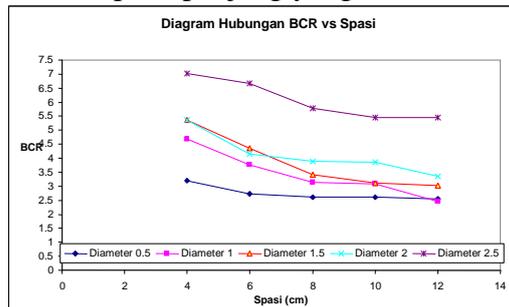
Nilai BCR dengan Variasi Spasi pada Diameter yang Sama

Hasil percobaan untuk nilai BCR dengan variasi spasi pada diameter yang sama ditabelkan pada **Tabel 12** berikut ini

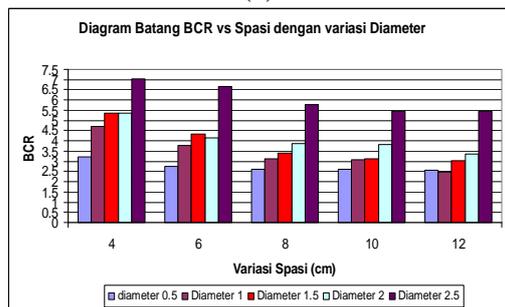
Tabel 12. Persentase Peningkatan Daya Dukung Batas dengan Variasi Spasi pada Diameter yang sama

Spasi (cm)	Diameter 0.5			Diameter 1			Diameter 1.5			Diameter 2			Diameter 2.5		
	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan
Tanpa	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0
4	1.102	2.701	170.098	0.989	2.424	142.402	1.137	2.787	178.676	2.026	4.966	396.569	2.009	4.924	392.402
			0.490			-11.520			-90.931			-60.049			-32.843
6	1.104	2.706	170.588	0.942	2.309	130.882	0.766	1.877	87.745	1.781	4.365	336.520	1.875	4.596	359.559
			11.029			0.000			-43.382			-166.912			-77.941
8	1.149	2.816	181.618	0.942	2.309	130.882	0.589	1.444	44.363	1.100	2.696	169.608	1.557	3.816	281.618
			-60.049			37.500			-16.667			-102.206			-78.922
10	0.904	2.216	121.569	1.095	2.684	168.382	0.521	1.277	27.696	0.683	1.674	67.402	1.235	3.027	202.696
			49.265			-111.765			4.902			-9.069			-137.745
12	1.105	2.708	170.833	0.639	1.566	56.618	0.541	1.326	32.598	0.646	1.583	58.333	0.673	1.650	64.951

Berikut merupakan grafik hubungan antara BCR dengan diameter cerucuk pada panjang yang berbeda :



(a)



(b)

Gambar 15. (a) Grafik hubungan BCR dengan spasi cerucuk (b) Diagram batang BCR versus spasi

cerucuk dengan beberapa variasi diameter

Dari **Gambar 15** di atas terlihat bahwa nilai BCR pada spasi 4 cm dengan beberapa variasi diameter mengalami peningkatan yang cukup signifikan.

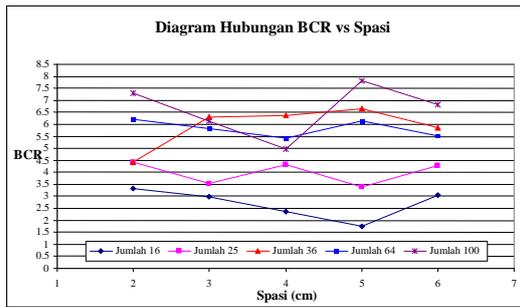
Nilai BCR dengan Variasi Spasi pada Jumlah yang Sama

Hasil percobaan pembebanan dengan menggunakan cerucuk dan penambahan lapis anyaman bambu sebagai bahan perkuatan pada tanah lempung lunak menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai BCR cenderung menurun seiring dengan semakin besarnya spasi cerucuk pada jumlah yang sama yang digunakan sebagai bahan perkuatan. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 13** di bawah ini

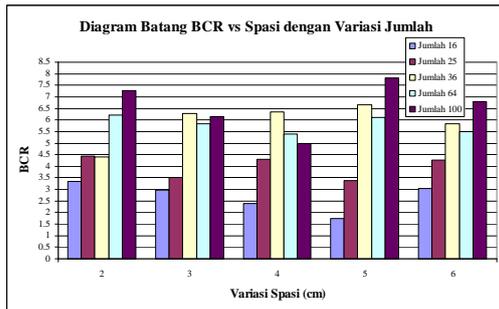
Tabel 13. Persentase Peningkatan Daya Dukung Batas dengan Variasi Spasi pada Jumlah yang sama

Spasi (cm)	Jumlah 16			Jumlah 25			Jumlah 36			Jumlah 64			Jumlah 100		
	qult	BCR	% peningkatan	qult	BCR	% peningkatan									
Tanpa	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0
2	1.361	3.337	233.652	1.807	4.430	342.966	1.800	4.411	341.078	2.529	6.200	519.951	2.974	7.288	628.824
			-35.564			-90.858			188.309			-35.931			-114.755
3	1.216	2.981	198.088	1.437	3.521	252.108	2.568	6.294	529.387	2.383	5.840	484.020	2.505	6.141	514.069
			-60.711			79.461			6.961			-43.725			-117.132
4	0.969	2.374	137.377	1.761	4.316	331.569	2.596	6.363	536.348	2.204	5.403	440.294	2.028	4.969	396.936
			-63.284			-92.181			29.559			72.181			285.882
5	0.710	1.741	74.093	1.385	3.394	239.387	2.717	6.659	565.907	2.499	6.125	512.475	3.194	7.828	682.819
			129.314			88.186			-80.980			-61.691			-101.642
6	1.238	3.034	203.407	1.745	4.276	327.574	2.387	5.849	484.926	2.247	5.508	450.784	2.779	6.812	581.176

Berikut merupakan grafik hubungan antara BCR dengan spasi cerucuk pada jumlah yang berbeda :



(a)



(b)

Gambar 16. (a) Grafik hubungan BCR dengan spasi cerucuk (b) Diagram batang BCR versus spasi cerucuk dengan beberapa variasi jumlah

Dari **Gambar 16** di atas terlihat bahwa nilai BCR pada perkuatan dengan spasi 2 dengan beberapa variasi jumlah cerucuk. Untuk variasi jumlah 16, nilai BCR mencapai 3.335. Sedangkan untuk jumlah 25, nilai BCR mencapai 4.428. Sedangkan untuk jumlah 36, nilai BCR mencapai 4.409. Untuk jumlah 64, nilai BCR mencapai 6.197. Untuk jumlah 100, nilai BCR mencapai 7.286449.

Dari semua hal tersebut dapat dikatakan bahwa penambahan jumlah cerucuk cukup efektif karena prosentase peningkatannya cukup tinggi.

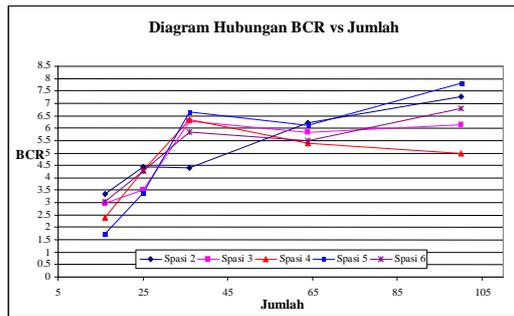
Nilai BCR dengan Variasi Jumlah pada Spasi yang Sama

Nilai BCR dengan variasi jumlah pada spasi yang sama yang merupakan hasil percobaan, ditabelkan pada **Tabel 14** berikut ini

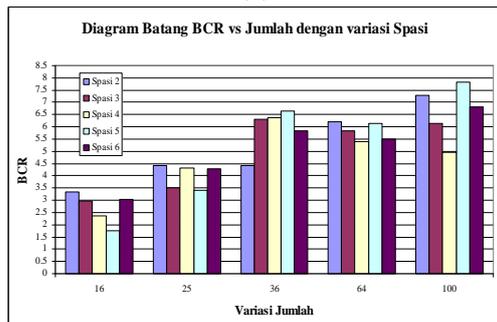
Tabel 14. Persentase Peningkatan Daya Dukung Batas dengan Variasi Spasi pada Diameter yang sama

Jumlah (cm)	Spasi 2			Spasi 3			Spasi 4			Spasi 5			Spasi 6		
	qult	BCR	% peningkatan												
Tanpa	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0	0.408	1	0
16	1.361	3.337	233.652	1.216	2.981	198.088	0.969	2.374	137.377	0.710	1.741	74.093	1.238	3.034	203.407
			109.314			54.020			194.191			165.294			124.167
25	1.807	4.430	342.966	1.437	3.521	252.108	1.761	4.316	331.569	1.385	3.394	239.387	1.745	4.276	327.574
			-1.887			277.279			204.779			326.520			157.353
36	1.800	4.411	341.078	2.568	6.294	529.387	2.596	6.363	536.348	2.717	6.659	565.907	2.387	5.849	484.926
			178.873			-45.368			-96.054			-53.431			-34.142
64	2.529	6.200	519.951	2.383	5.840	484.020	2.204	5.403	440.294	2.499	6.125	512.475	2.247	5.508	450.784
			108.873			30.049			-43.358			170.343			130.392
100	2.974	7.288	628.824	2.505	6.141	514.069	2.028	4.969	396.936	3.194	7.828	682.819	2.779	6.812	581.176

Berikut merupakan grafik hubungan antara BCR dengan diameter cerucuk pada panjang yang berbeda :



(a)



(b)

Gambar 17. (a) Grafik hubungan BCR dengan jumlah (b) Diagram batang BCR versus jumlah dengan beberapa variasi spasi

Dari **Gambar 17** di atas terlihat bahwa nilai BCR pada perkuatan dengan jumlah 16 dengan beberapa variasi spasi antar cerucuk. Untuk variasi spasi 2, nilai BCR mencapai 3.335. Sedangkan untuk spasi 3, nilai BCR mencapai 2.980152. Sedangkan untuk spasi 4, nilai BCR mencapai 2.373. Untuk spasi 5, nilai BCR mencapai 1.740. Untuk spasi 6, nilai BCR mencapai 3.033.

Dari semua hal tersebut dapat dikatakan bahwa penambahan jumlah cerucuk cukup efektif karena prosentase peningkatannya cukup tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan :

1. Anyaman bambu dan cerucuk dipergunakan sebagai alternatif material perkuatan tanah lempung lunak (*soft clay*) dan meningkatkan daya dukung batas (*ultimate*)

2. Variasi diameter yang digunakan sebagai material perkuatan pondasi persegi menunjukkan bahwa dengan melakukan penambahan diameter cerucuk yang digunakan akan cenderung meningkatkan nilai daya dukung tanah batas pada tanah lempung lunak meskipun tidak semua rasio daya dukung batas menunjukkan hasil yang signifikan. Semakin besar diameter cerucuk yang digunakan maka semakin besar gaya yang diperlukan untuk mencapai titik penurunan yang diinginkan yaitu 5 cm. Dengan demikian nilai BCR menjadi semakin besar seiring dengan penambahan diameter.

3. Variasi spasi yang dipakai menunjukkan peningkatan nilai BCR. Terbukti dari semakin kecil spasi yang dipakai maka semakin besar nilai daya dukung tanah batas terhadap nilai daya dukung tanah tanpa perkuatan.

4. Pada variasi panjang cerucuk, nilai BCR juga meningkat seiring dengan penambahan panjang cerucuk.

5. Untuk variasi jumlah cerucuk dan luas anyaman peningkatan nilai BCR masih terjadi meskipun terjadi penurunan nilai daya dukung. Semakin besar jumlah cerucuk dan luas anyaman maka nilai daya dukung batas tanah semakin besar. Nilai daya dukung terbesar pada variasi ini terjadi pada jumlah cerucuk 100 dengan spasi 5 cm dan luas anyaman 46 x 46 cm.

Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan membandingkan pemberian beban secara sentris dengan pemberian beban secara eksentris.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan mencoba menggunakan pondasi menerus dimana $H = 2B$.
3. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya dilakukan dengan perulangan untuk setiap kondisi

- pembebanan agar data yang didapatkan lebih akurat.
4. Kadar air material lempung lunak yaitu kaolin harus selalu diamati dan dijaga agar kadar air tetap konstan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai Hibah Kompetisi PHK A2 Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M.T and Collin, J.G 1997. Large Model Spread Footing Load Test on Geosynthetic Reinforced Soil Foundations. *Journal of Geotechnical Engineering*. ASCE. Vol. 123, No.1. Pp.66-72
- Bowles, J.E. 1992. Analisis dan Desain Pondasi. Jilid 1. Alih Bahasa Pantur Silaban, Ph.D. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J.E. 1993. Mekanika Tanah dan Praktek Rekayasa. Jilid 1. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Coduto, D. P. 1994. Foundation Design : Principles and Practice. International Editions. Penerbit Practice Hall, New Jersey
- Das, Braja M. 1990. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid 1. Cetakan ke empat. Alih Bahasa Ir. Noor Endah Mochtar M.Sc, Ph.D; Ir. Indrasurya B Mochtar M.Sc, Ph.D. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Rakhmawati, D.D 2005. Pengaruh Pembebanan Eksentris Dua Arah Pondasi Lingkaran terhadap Daya Dukung dan Penurunan pada Tanah Pasir. Skripsi. Tidak diterbitkan, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang
- Hardiyatmo, H.C. 1996. Teknik Pondasi 1. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Moroglu, B. 2002. The Bearing Capacity of The Eccentrically Loaded Model Strip Footing on Reinforced Sand. Thesis. Tidak diterbitkan. Karadeniz Technic University.
- Noviyanto, T. 2006. Alternatif Perbaikan Tanah Pasir Menggunakan Lapis Anyaman Bambu dengan Variasi Jarak dan Jumlah Lapis. Skripsi. Tidak diterbitkan. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang
- Peck, R.B Hanson, Walter E dan T.A Thornburn. 1996. Teknik Pondasi. Edisi kedua. Cetakan Pertama. Terjemahan Ir. Muslikh, M.Sc; M. Phil. Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Prasetya, A. I. 2003. Pengaruh Ukuran Pondasi terhadap Daya Dukung Tanah Pasir dengan Pembebanan Eksentris. Skripsi. Tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang
- Tjandrawibawa S., J. Efendy dan Wijaya. 2000. Peningkatan Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan menggunakan Cerucuk: Suatu Studi Model. *Dimensi Teknik Sipil*. Vol.2 No.2, Surabaya