

PENGARUH ANYAMAN BAMBU TERHADAP DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI DANGKAL PADA TANAH KOHESIF

Niken Silmi Surjandari

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS Surakarta. E mail : hasil@indo.net.id

Abstract

The problems of construction on cohesive soil with high water content are low bearing capacity and high settlement. Usage of bamboo matting is expected to overcome these problems.

This research is aimed at investigating the influences of bamboo matting usage on bearing capacity and settlement of shallow foundation with diameter (D) on cohesive soil. The research is conducted using laboratory model. The cohesive soil is poured into iron drum. The model foundation is placed on sand layer on the top of the cohesive soil covered by bamboo matting with several configurations of bamboo matting. The CBR apparatus is then attached onto the model to measure the bearing capacity and settlement.

The results indicate that maximum bearing capacity ratio (BCR) is 8.637 and the smallest settlement is 1.33 mm at installation of 4 layers bamboo matting with the first layer at 0.5D depth and the spacing of 0.5D. The bamboo matting placed between sand layers, cohesive soils, and both sand layer and cohesive soil resulted in increasing of BCR by 58-76%, 75-94%, and 84-96%, respectively.

Keywords:

bamboo matting, BCR, cohesive soil, settlement.

PENDAHULUAN

Kerusakan bangunan teknik sipil tidak hanya disebabkan oleh struktur bangunan, tapi juga kondisi tanah dimana struktur bangunan diletakkan. Penyebab kerusakan tersebut adalah besarnya penurunan yang terjadi dan rendahnya daya dukung tanah, seperti pada tanah kohesif khususnya yang mengandung kadar air cukup tinggi. Oleh karena, itu harus diperhatikan dengan seksama mengenai daya dukung dari tanah kohesif tersebut, apakah perlu adanya usaha perbaikan atau stabilisasi tanah untuk mendapatkan sifat-sifat tanah yang diinginkan sehingga kerusakan konstruksi dapat dicegah, (Das, 1995).

Perbaikan tanah kohesif pada prinsipnya adalah usaha untuk mengendalikan sifat-sifat tanah kohesif yang kurang menguntungkan. Perbaikan tanah kohesif meliputi: memperkecil tingkat kemampumampatan tanah kohesif, mengurangi kadar airnya atau meningkatkan daya dukungnya dengan memberi perkuatan, (Bowles, 1992).

Bangunan di atas tanah kohesif seringkali menggunakan lapisan sirtu di bawah pondasi dangkalnya. Cara ini dapat meningkatkan daya dukung pondasi namun daya dukung yang terjadi masih harus dibatasi untuk menghindari kemungkinan penurunan jangka panjang yang merugikan. Sedangkan penurunan lapisan sirtu itu sendiri dapat ditanggulangi dengan menempatkan lapisan perkuatan di dalamnya, (Putranto, 2004).

Metode pemberian perkuatan tanah (*soil reinforcement*) merupakan metode yang sedang berkembang pada saat ini, diantaranya dengan penghamparan papan-papan atau balok-balok kayu di tanah gambut atau dengan sistem trucuk yaitu penanaman kayu atau bambu di dalam tanah lunak sebagai pasak untuk menahan longsor. Sedangkan metode terbaru mengenai perkuatan tanah kohesif adalah menggunakan *geotextile/geosynthetic*, (Darmawan dan Yusuf, 2005).

Geotextile/geosynthetic yang digunakan saat ini diilhami oleh sistem-sistem lama seperti penggunaan anyaman dan trucuk bambu di Indonesia. Bahan dasar *geotextile/geosynthetic* ini merupakan hasil polimerisasi dari bahan minyak dalam industri-industri kimia/minyak bumi (*poliester, nilon, polietilen dan polipropilen*), sehingga perlu biaya mahal untuk membuatnya. Dengan mempertimbangkan biaya pembuatan yang relatif mahal tersebut maka sangat perlu untuk dicoba alternatif lain yang lebih murah misalnya penggunaan anyaman bambu sebagai perkuatan tanah dengan daya dukung rendah.

Bambu adalah salah satu jenis tanaman yang banyak tumbuh subur di Indonesia serta untuk memperoleh anyaman bambu sangat mudah dan harganya pun relatif murah. Sebagai perkuatan, anyaman bambu ini diletakkan pada tanah kohesif dengan daya dukung rendah yang di atasnya diperkuat dengan lapisan sirtu. Diharapkan dari penempatan perkuatan anyaman bambu tersebut

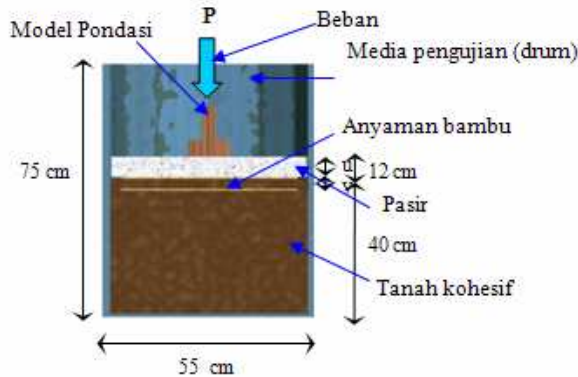
adalah bidang runtuh tanah akan terpotong oleh anyaman bambu sehingga daya dukung tanah akan meningkat.

Dari penjelasan di atas timbul pemikiran untuk melakukan suatu penelitian tentang pengaruh penggunaan anyaman bambu terhadap daya dukung dan penurunan pondasi dangkal yang diletakkan pada tanah kohesif.

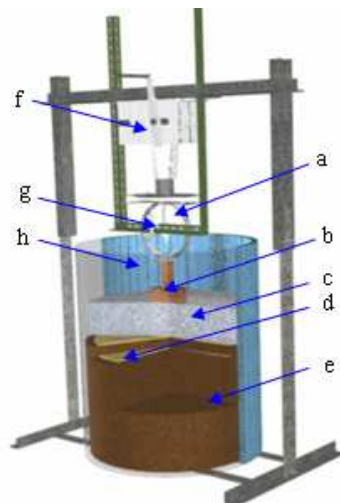
Secara umum, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif dalam peningkatan daya dukung tanah lunak untuk konstruksi yang menggunakan pondasi dangkal.

METODE

Tanah kohesif yang akan diuji dimasukkan ke dalam drum besi yang berdiameter 55 cm dan tinggi 75 cm. Sebelum dimasukkan ke dalam drum besi tanah kohesif di beri air hingga kadar air rata-rata sebesar 50 %. Kemudian model pondasi berpenampang lingkaran dengan diameter 12 cm diletakkan di atas lapisan pasir yang telah dihamparkan di atas tanah kohesif.



Gambar 1. Konfigurasi pengujian



Gambar 2. Konfigurasi alat

Keterangan:

- Proving ring kapasitas max 500 Kgf
- Model pondasi \varnothing 12 cm
- Pasir
- Anyaman bambu \varnothing 50 cm
- Tanah kohesif
- Alat pembebanan CBR
- Dial gouge penurunan
- Media pengujian (drum) \varnothing 55 cm, H= 75 cm.

Anyaman bambu yang berdiameter 55 cm diletakkan sesuai konfigurasi yang telah direncanakan. Model pondasi tersebut dibebani dengan menggunakan alat CBR yang telah dilengkapi dengan *proving ring* dengan tujuan bahwa dari pembebanan tersebut dapat diketahui daya dukung dan penurunan yang terjadi.

Tabel 1. Konfigurasi pelaksanaan pengujian.

No	Jumlah perkua- tan (N)	Kedalaman Lapis I (u)	Spasi antar lapisan (y)
1	-	-	-
2	-	-	-
3	1P	0.5D	-
4	1P	1.0D	-
5	2P	0.5D	0.5D
6	1T	1.5D	-
7	1T	2.0D	-
8	2T	1.5D	0.5D
9	3T	1.0D	0.5D
10	1P + 1T	0.5D	1.0D
11	1P + 1T	0.5D	1.5D
12	1P + 1T	1.0D	0.5D
13	1P + 1T	1.0D	1.0D
14	2P + 1T	0.5D	0.5D
15	2T + 2T	0.5D	0.5D

Beban diberikan dengan cara memutar dongkrak statis yang telah dilengkapi dengan proving ring dengan kapasitas 500 Kgf dan dial gauge berskala 0,001 mm. Defleksi yang terjadi diukur menggunakan dial gauge dengan skala 0,01 mm.

Pembacaan dial gauge penurunan dilakukan setiap penambahan dial proving ring sebesar 0,005 mm. Pembebanan dihentikan pada saat penurunan yang terjadi sebesar 10 % diameter penampang model pondasi. Hasil pembacaan diatas selanjutnya di buat grafik hubungan antara penurunan dan beban yang terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tanah kohesif (yang diambil dari daerah Simo, Boyolali) adalah sebagai berikut:

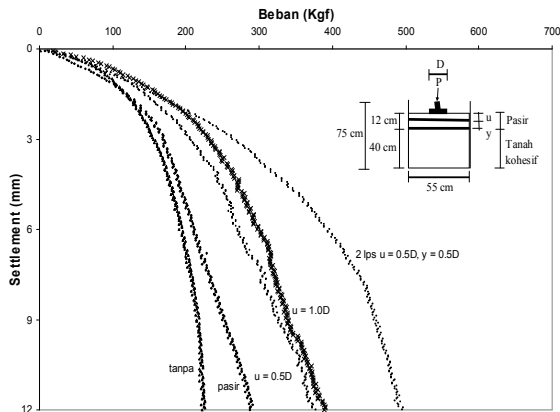
- Klasifikasi tanah termasuk MH yaitu lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis.
- Batas cair (LL) = 55.75 %
- Batas plastis (PL) = 39.55 %
- Indeks plastisitas (PI) = 16.20 %

- e. Kadar air (w) = 50%
- f. Berat volume (γ) = 1,55 gr/cm³
- g. Specific gravity (G_s) = 2,62
- h. Kohesi (c) = 0,212 kg/cm²
- i. Sudut geser (ϕ) = 1,442°

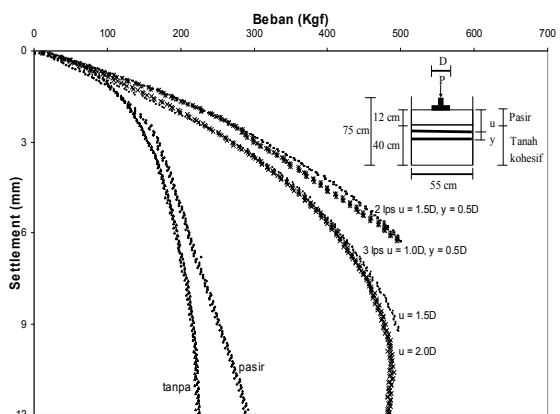
Pasir yang digunakan mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Klasifikasi tanah termasuk pasir sedang dan bergradasi buruk (SP)
- b. Kadar air (w) = 0%
- c. Berat volume (γ) = 1,616 %
- d. Kohesi (c) = 0 kg/cm²
- e. Sudut geser (ϕ) = 37,75°
- f. Kerapatan relatif = 67,92 %

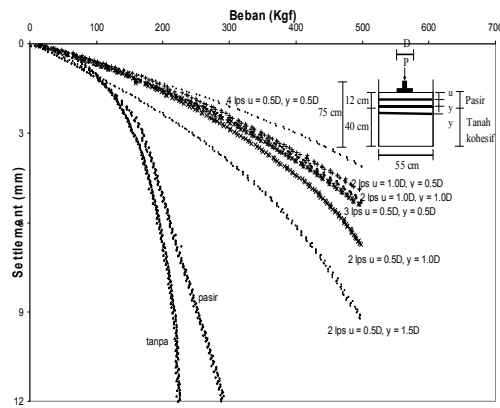
Hasil pengujian pembebanan pondasi di laboratorium, diwujudkan dalam grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3. sampai dengan Gambar 5.



Gambar 3. Grafik hubungan beban (Q) dan penurunan (S) pada pengujian tanah kohesif dengan perkuatan pasir 1.0D dan anyaman bambu pada pasir.



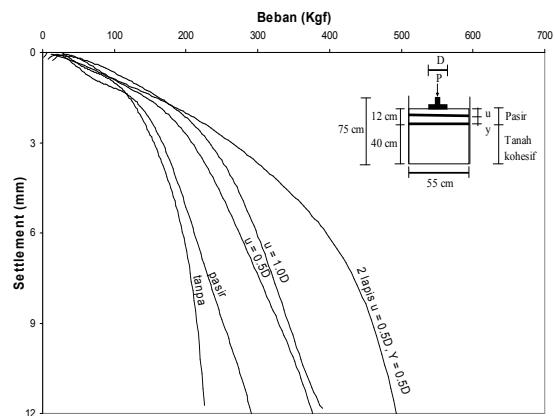
Gambar 4. Grafik hubungan beban (Q) dan penurunan (S) pada pengujian tanah kohesif dengan perkuatan pasir 1.0D dan anyaman bambu pada tanah kohesif.



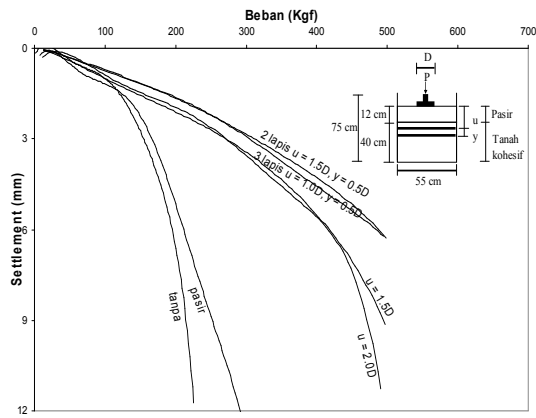
Gambar 5. Grafik hubungan beban (Q) dan penurunan (S) pada pengujian tanah kohesif dengan perkuatan pasir 1.0D dan anyaman bambu pada pasir dan tanah kohesif.

Hasil pengujian menghasilkan grafik yang menunjukkan adanya perbedaan keruntuhan pada tanah kohesif. Pada tanah kohesif yang diperkuat dengan pasir setebal 1.0D dan konfigurasi anyaman bambu lebih dari 1 lapis, besarnya daya dukung tidak dapat terdefinisi secara langsung pada grafik beban dan penurunan. Hal ini dikarenakan keterbatasan beban maksimum untuk proving ring yang digunakan (500Kgf). Sebagai solusi yaitu dengan cara menghubungkan titik data yang ada dengan metode regresi polinomial sehingga persamaan regresi atau persamaan yang dapat mewakili penyebaran dari data yang ada dapat diketahui. Dengan cara *trial and error* pada persamaan tersebut, besarnya daya dukung tanah pada penurunan 10% D dapat diperoleh dari Gambar 6 sampai dengan Gambar 8.

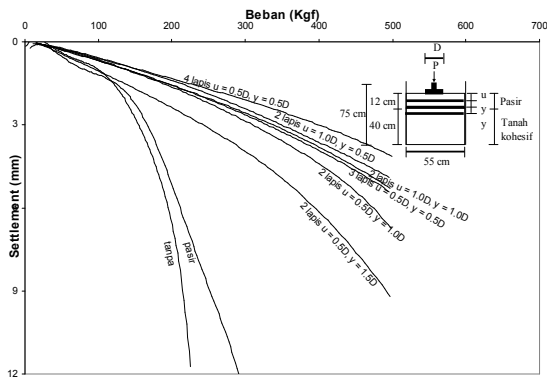
Besarnya rasio daya dukung dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 9 sampai dengan Gambar 11.



Gambar 6. Grafik hubungan beban (Q) dan penurunan (S) menggunakan regresi polinomial dengan perkuatan pasir 1.0 D dan anyaman bambu terletak pada lapisan pasir



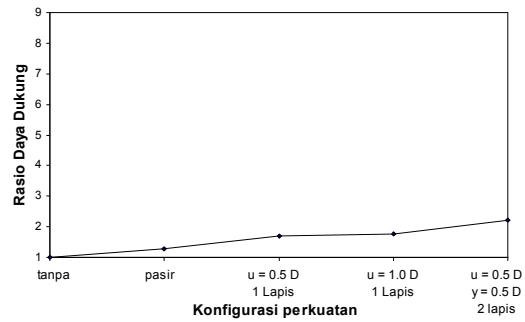
Gambar 7. Grafik hubungan beban (Q) dan penurunan (S) menggunakan regresi polinomial dengan perkuatan pasir 1.0 D dan anyaman bambu terletak pada lapisan tanah kohesif



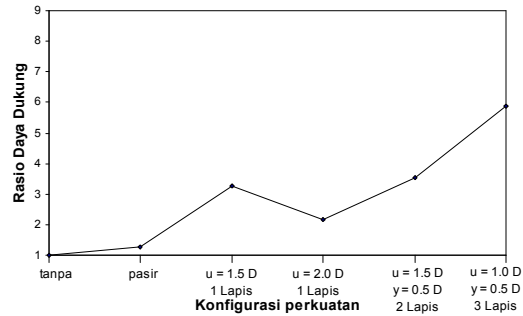
Gambar 8. Grafik hubungan beban (Q) dan penurunan (S) menggunakan regresi polinomial dengan perkuatan pasir 1.0D dan anyaman bambu terletak pada lapisan pasir dan tanah kohesif

Tabel 2 Bearing Capacity Ratio (BCR) pada penurunan 10 %D (D=diameter pondasi)

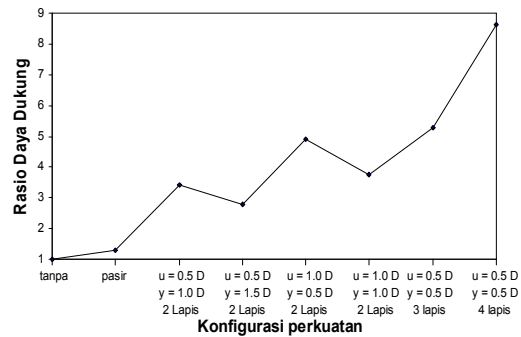
No	Jumlah Anyaman (N)	Kedalaman Lapis (u)	Spasi Antar Lapisan (y)	Rasio Daya Dukung (BCR)
1	-	-	-	1.00
2	-	-	-	1.289
3	1P	0.5D	-	1.695
4	1P	1.0D	-	1.749
5	2P	0.5D	0.5D	2.225
6	1T	1.5D	-	3.266
7	1T	2.0D	-	2.173
8	2T	1.5D	0.5D	3.558
9	3T	1.0D	0.5D	5.879
10	1P + 1T	0.5D	1.0D	3.433
11	1P + 1T	0.5D	1.5D	2.785
12	1P + 1T	1.0D	0.5D	4.895
13	1P + 1T	1.0D	1.0D	3.770
14	2P + 1T	0.5D	0.5D	5.279
15	2P + 2T	0.5D	0.5D	8.637



Gambar 9. Grafik hubungan rasio daya dukung dengan konfigurasi perkuatan pasir 1.0D (D = diameter pondasi) dan anyaman bambu terletak pada lapisan pasir



Gambar 10. Grafik hubungan rasio daya dukung dengan konfigurasi perkuatan pasir 1.0D (D = diameter pondasi) dan anyaman bambu terletak pada lapisan tanah kohesif



Gambar 11. Grafik hubungan rasio daya dukung dengan konfigurasi perkuatan pasir 1.0D (D=diameter pondasi) dan anyaman bambu terletak pada lapisan pasir dan tanah kohesif

Tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa perkuatan dengan anyaman bambu dapat meningkatkan daya dukung pondasi. Hal ini disebabkan dengan adanya perkuatan tersebut tegangan yang ada di dalam tanah semakin menyebar sehingga tegangan yang disebabkan beban aksial tersebut menjadi merata akibatnya penurunan (*settlement*) menjadi kecil.

Peningkatan daya dukung pondasi tersebut dipengaruhi oleh penempatan lapisan anyaman

bambu, dimana hasil yang terbaik diperoleh ketika lapis perkuatan anyaman bambu ditempatkan pada lapisan pasir dan tanah kohesif dengan jumlah perkuatan anyaman bambu 4 buah.

Hal ini diperkuat pula dengan hasil uji geser langsung yang diperoleh bahwa sudut geser terbesar terjadi pada uji geser langsung dengan sampel tanah berupa lapisan tanah kohesif dan pasir yang diberi perkuatan anyaman bambu. Adapun hasil uji geser langsung dari ketiga kondisi tersebut disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3 Hasil uji geser langsung untuk berbagai kondisi pengujian

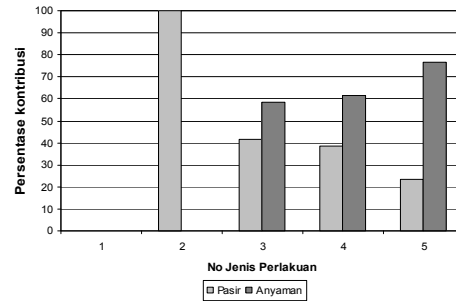
No	Kondisi pengujian	c (kg/cm ²)	φ (°)
1	tanah kohesif	0.212	1.442
2	pasir	0	37.750
3	tanah kohesif dengan pasir	0.026	31.166
4	tanah kohesif dengan pasir dan anyaman bambu	-0.106	40.850

Penempatan perkuatan pada kedalaman 2D sangat kecil manfaatnya, karena tegangan yang terjadi pada kedalaman ini juga kecil hal ini sesuai dengan pernyataan dari Wastegaard (1938) yaitu bahwa tegangan di luar kedalaman 0D sampai 2D tidak lebih dari 10%q atau bisa dikatakan tidak berpengaruh. Kecilnya tegangan yang berada pada kedalaman 2D menyebabkan peran perkuatan tidak efektif karena tegangan yang harus ditanggungnya juga kecil.

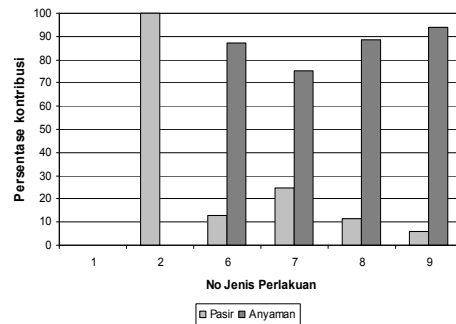
Tabel 4 Kontribusi pengaruh masing-masing perkuatan pada setiap perlakuan

No	Jenis perlakuan	kontribusi pengaruh perkuatan terhadap daya dukung(%)	
		Pasir	Anyaman
1	Tanpa perkuatan	0	0
2	Perkuatan pasir	100.00	0
3	anyaman di pasir u=0.5	41.58	58.42
4	anyaman di pasir u=1.0	38.61	61.39
5	anyaman di pasir u=0.5,y=0.5	23.58	76.42
6	anyaman di tanah u=1.5	12.76	87.24
7	anyaman di tanah u=2.0	24.63	75.37
8	anyaman di tanah kohesif u=1.5,y=0.5	11.30	88.70
9	anyaman di tanah kohesif u=1.0,y=0.5(3)	5.92	94.08
10	anyaman di tanah kohesif dan pasir u=1.0,y=0.5	7.42	92.58
11	anyaman di tanah kohesif dan pasir u=1.0,y=1.0	10.43	89.57
12	anyaman di tanah kohesif dan pasir u=0.5,y=1.0	11.88	88.12
13	anyaman di tanah kohesif dan pasir u=0.5,y=1.5	16.19	83.81
14	anyaman di tanah kohesif dan pasir u=0.5,y=0.5(3)	6.75	93.25
15	anyaman di tanah kohesif dan pasir u=0.5,y=0.5(4)	3.78	96.22

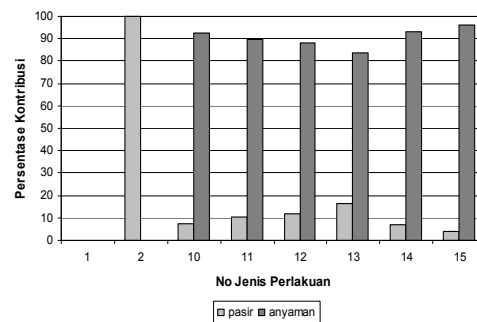
Kontribusi pengaruh masing-masing perkuatan pada Tabel 4 disajikan dalam bentuk grafik yaitu Gambar 12 sampai dengan Gambar 14.



Gambar 12 Grafik hubungan nomor jenis perlakuan dengan prosentase kontribusi masing - masing perkuatan terhadap pertambahan daya dukung dengan anyaman bambu terletak pada lapisan pasir



Gambar 13. Grafik hubungan nomor jenis perlakuan dengan prosentase kontribusi masing - masing perkuatan terhadap pertambahan daya dukung dengan anyaman bambu terletak pada lapisan tanah kohesif



Gambar 14. Grafik hubungan nomor jenis perlakuan dengan prosentase kontribusi masing - masing perkuatan terhadap pertambahan daya dukung dengan anyaman bambu terletak pada lapisan tanah kohesif dan pasir

Gambar 12 menunjukkan prosentase kontribusi masing-masing perkuatan dengan nomor jenis perlakuan dengan anyaman bambu ditempatkan pada

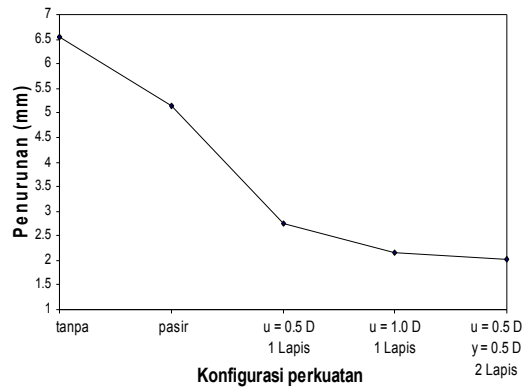
lapisan pasir, terlihat bahwa anyaman bambu memberikan kontribusi yang lebih dominan yaitu sebesar 58.42%-76.42%. Dari grafik juga menunjukkan bahwa lapisan pasir memberikan kontribusi yang signifikan sebesar 23.58%-41.58% dari penambahan daya dukung. Dengan kata lain kontribusi anyaman bambu tetap lebih dominan.

Gambar 13 dan Gambar 14 menunjukkan prosentase kontribusi masing-masing perkuatan dengan nomor jenis perlakuan dengan anyaman bambu ditempatkan pada lapisan tanah kohesif saja dan pada lapisan pasir dan tanah kohesif. Terlihat bahwa anyaman bambu mampu memberikan kontribusi yang lebih dominan sebesar 94.08% dan 96.22% dari penambahan daya dukung. Hal ini disebabkan bahwa anyaman bambu mampu memobilisasi tegangan yang terjadi. Grafik diatas juga menunjukkan bahwa lapisan pasir memberikan kontribusi yang tidak signifikan, hanya sebesar 5.92% - 24.63% dan 3.78% -16.19% dari penambahan daya dukung.

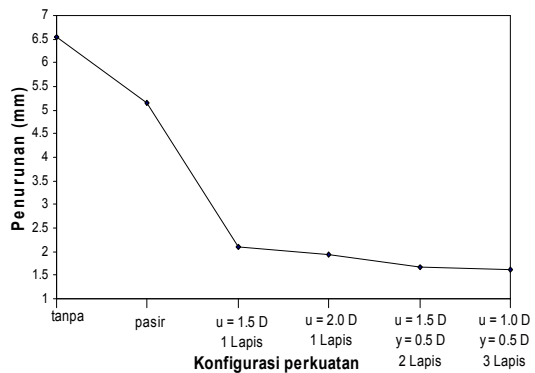
Nilai penurunan dalam hal ini penurunan segera yang terjadi diambil saat tanah mulai mengalami keruntuhan yaitu pada nilai pembebanan tertentu. Dasar yang dipakai sebagai acuan untuk mengetahui besarnya penurunan tiap-tiap kondisi dalam penelitian ini, yaitu pada kondisi tanpa perkuatan dimana keruntuhan mulai terjadi pada saat tanah dibebani sebesar 200 Kgf. Pada pembebanan 200 Kgf itulah kemudian dapat diketahui besarnya penurunan tiap-tiap kondisi tersebut. Besarnya penurunan tiap-tiap kondisi dapat dilihat dari Tabel 5 dan Gambar 15 sampai dengan Gambar 17.

Tabel 5 Penurunan tanah pada beban 200 Kgf

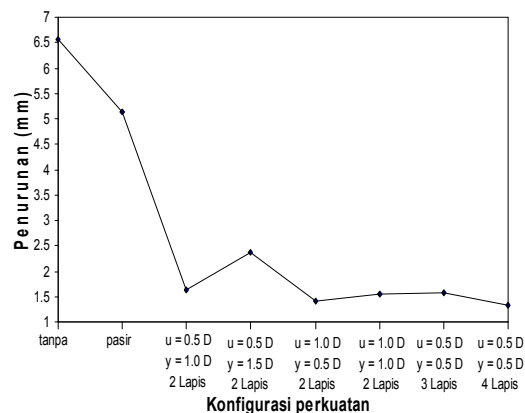
No	Jumlah anyaman (N)	Kedalaman Lapis I (u)	Spasi antar lapisan (y)	Settlement (S) Mm
1	-	-	-	6.55
2	-	-	-	5.15
3	1P	0.5D	-	2.75
4	1P	1.0D	-	2.15
5	2P	0.5D	0.5D	2.02
5	1T	1.5D	-	2.10
6	1T	2.0D	-	1.95
7	2T	1.5D	0.5D	1.66
8	3T	1.0D	0.5D	1.62
9	1P + 1T	0.5D	1.0D	1.62
10	1P + 1T	0.5D	1.5D	2.37
11	1P + 1T	1.0D	0.5D	1.40
12	1P + 1T	1.0D	1.0D	1.56
13	2P + 1T	0.5D	0.5D	1.58
14	2T + 2T	0.5D	0.5D	1.33



Gambar 15. Grafik hubungan penurunan dengan konfigurasi perkuatan pasir 1.0D (D=diameter pondasi) dan anyaman bambu terletak pada lapisan pasir pada beban 200 Kgf



Gambar 16 Grafik hubungan penurunan dengan konfigurasi perkuatan pasir 1.0D (D=diameter pondasi) dan anyaman bambu terletak pada lapisan tanah kohesif pada beban 200 Kgf



Gambar 17 Grafik hubungan penurunan dengan konfigurasi perkuatan pasir 1.0D (D=diameter pondasi) dan anyaman bambu terletak pada lapisan pasir dan tanah kohesif pada beban 200 Kgf

Tabel dan grafik diatas memperlihatkan hubungan antara penurunan dengan beberapa konfigurasi lapis perkuatan anyaman bambu pada beban 200 Kgf.

Hasil maksimal yang diperoleh yaitu penurunan yang terkecil sebesar 1.33 mm terjadi pada saat anyaman bambu ditempatkan pada lapisan pasir dan tanah kohesif dengan jumlah anyaman bambu sebanyak 4 buah.

Lapisan pasir di bawah pondasi berperilaku sebagai lantai kerja yang meratakan beban, sehingga tegangan yang terjadi akan menyebar akibatnya penurunan yang terjadi semakin kecil. Selain itu jumlah dan jarak antar lapis perkuatan anyaman bambu juga berpengaruh, dimana penurunan akan semakin kecil ketika jumlah lapis perkuatan anyaman bambu semakin banyak dan rapat. Jadi besarnya penurunan berbanding terbalik dengan jumlah dan spasi antar lapis perkuatan anyaman bambu. Semakin banyak dan rapat lapis perkuatan anyaman bambu maka penurunan yang terjadi akan semakin kecil.

SIMPULAN

Penempatan anyaman bambu dapat meningkatkan daya dukung pondasi pada tanah kohesif ditinjau dari penurunan yang terjadi sehingga anyaman bambu dapat dijadikan salah satu alternatif bahan perkuatan tanah.

Rasio daya dukung maksimum terjadi pada pemasangan empat lapis perkuatan anyaman bambu pada penurunan 10%D yang diletakkan pada lapisan pasir dan tanah kohesif yaitu sebesar 8,637

Penurunan yang terkecil sebesar 1,33 mm terjadi pada saat anyaman bambu ditempatkan pada lapisan pasir dan tanah kohesif dengan jumlah anyaman bambu sebanyak 4 buah.

Penambahan anyaman bambu pada konfigurasi perkuatan dimana anyaman bambu ditempatkan pada lapisan pasir, memberikan kontribusi penambahan daya dukung kurang lebih 58% - 76%.

Penambahan anyaman bambu pada konfigurasi perkuatan dimana anyaman bambu ditempatkan pada lapisan tanah kohesif, memberikan kontribusi penambahan daya dukung kurang lebih 75% - 94%.

Penambahan anyaman bambu pada konfigurasi perkuatan dimana anyaman bambu ditempatkan pada lapisan pasir dan tanah kohesif, memberikan kontribusi penambahan daya dukung kurang lebih 84% - 96%.

REKOMENDASI

Perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh penempatan lapisan perkuatan anyaman bambu

pada tanah kohesif tanpa menggunakan lapisan sirtu.

Perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh penempatan lapisan perkuatan anyaman bambu pada tanah kohesif dengan variasi tebal lapisan sirtu terhadap diameter pondasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini tidak lepas dari peran aktif dari Tita Tresnawati dan Dwi Retno Hapsari. Penulis mengucapkan banyak terima kasih untuk kerja samanya.

REFERENSI

- Bowles, Joseph. 1992. "Analisis dan Desain Pondasi", jilid I, Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja, M (a). 1995. "Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknik)", Jilid 1, Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja, M (b). 1995. "Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknik)", Jilid 2, Jakarta : Erlangga.
- Darmawan, A. dan Yusuf, R.A. 2005. "Pengaruh Penempatan Trucuk Bambu di bawah Lapisan Anyaman Bambu Terhadap Daya Dukung Pada Tanah Kohesif", Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Krisna, Y. 2001. "Pengaruh Penulangan dengan Anyaman Bambu arah Horizontal pada Tanah Pasir di bawah Pondasi Telapak", Skripsi, Yogyakarta, Universitas Gajah Mada.
- Lanang, A. 2002. "Pengaruh Penggunaan Karung Plastik sebagai Material Geosintetik terhadap Peilaku Deformasi Unpaved Road", Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Nasruchan, W., dan Newoto, F. 1975. "Bambu sebagai Bahan Bangunan, Bandung", penerbit Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Nasution, Syarifudin, "Diktat Perbaikan Tanah" Teknik Sipil ITB, Bandung : ITB Press.
- Ochiai, H., Watari, Y. and Tsukamoto, Y., 1996, "Soil Reinforcement Practice for Fills Over Soft Ground in Japan", *Journal Geosynthetics International*, Vol. 3, No. 1, pp. 31-48.
- Purwanto. 2002. "Pengaruh penempatan Perkuatan Rangkap Anyaman Kulit Bambu di bawah Pondasi Telapak Lingkaran terhadap Daya Dukung Tanah", Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Putranto, A. 2004. "Studi Kapasitas Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Pasir Yang Diperkuat Dengan Anyaman Serat Nilon Dibawah Dasar Pondasi", Skripsi. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.

Wibowo, Rokhim. 2002. “Pengaruh Penempatan Perkuatan Anyaman Kulit Bambu (Gedeg) di bawah Pondasi Telapak Lingkaran terhadap

Daya Dukung Pasir Lepas”, Skripsi. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.