

PERBAIKAN TANAH LEMPUNG BERLANAU MENGGUNAKAN KOMBINASI PERKUATAN ANYAMAN BAMBU DAN GRID BAMBU

REPAIRING SILTY CLAY SOIL WITH THE COMBINATION OF BAMBOO WOVEN STRENGTHENING AND BAMBOO GRID

¹Aef Saefudin, ²Sri Wulandari

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gunadarma

¹efsaeudin911@gmail.com, ²sri_wulandari@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Berbagai metode perbaikan tanah telah banyak dikembangkan, salah satunya dengan perkuatan tanah sebagai alternatif pemecahan masalah terhadap daya dukung tanah yang rendah dan besarnya penurunan. Dalam penelitian ini, anyaman bambu dan grid bambu digunakan sebagai material perkuatan yang diharapkan dapat menjadi alternatif material perkuatan untuk meningkatkan daya dukung tanah lempung dengan variasi kedalaman perkuatan, jarak grid dan spasi lapis perkuatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan daya dukung dari setiap variasi dengan nilai daya dukung tanpa perkuatan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian dengan skala laboratorium. Data yang didapatkan dari pengujian tersebut kemudian dianalisa dengan membandingkan nilai daya dukung antara tanah tanpa perkuatan dengan menggunakan perkuatan yang dinyatakan dalam Bearing Capacity Ratio (BCR). Dari studi model di laboratorium diperoleh hasil bahwa dengan adanya pengurangan kedalaman perkuatan, jarak grid dan pengurangan spasi lapis perkuatan akan memberikan angka rasio daya dukung (BCR) yang semakin besar. Hasil diperoleh kombinasi yang memberikan nilai daya dukung tertinggi adalah penggunaan jarak grid 5 cm perkuatan dengan jarak kedalaman 0,15B (B adalah lebar pondasi) dengan spasi perkuatan (z) 0.4B. Nilai daya dukung tersebut sebesar 68 kPa dengan rasio daya dukung (BCR) sebesar 4 atau persen peningkatannya sebesar 300%.

Kata Kunci: anyaman bambu, grid bambu, daya dukung tanah.

Abstract

Various methods of soil repairing have been developed, one of them is soil strengthening as an alternative solution for low soil bearing capacity and soil degradation. In this study, bamboo woven and bamboo grids are used as reinforcement materials which are expected to be an alternative reinforcement material to increase the bearing capacity of clay with variations in reinforcement depth, grid distance and reinforcement layer spacing. The purpose of this study is to know the increase in bearing capacity of each variation with the value of bearing capacity without reinforcement. The research methodology used is laboratory-scale testing. Data obtained from this test are analyzed by comparing the value of bearing capacity between soil without reinforcement using the strength stated in the Bearing Capacity Ratio (BCR). From the study of the model in the laboratory, the results from the reduction in reinforcement depth, distance of grid, and reduction in reinforcement layer spacing, will give an even greater ratio of bearing capacity (BCR). The results obtained by a combination that provides the highest carrying capacity is the use of a 5 cm reinforced grid distance with a high distance of 0.15B (B is the width of the foundation) with reinforcement spaces (z) 0.4B. The carrying capacity is 68 kPa with a carrying capacity ratio (BCR) of 4 or a percent increase of 300%.

Keywords: bamboo woven, bamboo grids, bearing capacity ratio.

PENDAHULUAN

Tanah merupakan dasar dari setiap bangunan sehingga kondisi tanah yang kurang baik sering kali menyebabkan kegagalan atau kerusakan pada struktur di atasnya, seperti jalan raya yang bergelombang atau retak-retak dan tembok bangunan gedung yang retak. Kondisi tanah yang kurang baik di antaranya yaitu besarnya penurunan yang terjadi dan rendahnya daya dukung tanah, oleh sebab itu perbaikan tanah harus dilakukan sebelum melakukan pembangunan konstruksi. Tindakan-tindakan yang dapat dilakukan dalam usaha perbaikan tanah adalah seperti menambah kepadatan tanah, menambah material tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi atau tahanan geser yang timbul, menambah material agar dapat mengadakan perubahan-perubahan alami dan kimiawi material tanah, merendahkan permukaan air tanah dan mengganti tanah-tanah yang buruk. Metode perbaikan tanah pada penelitian ini menggunakan metode dengan menyisipkan material perkuatan yaitu dengan anyaman bambu dan grid bambu.

Salah satu cara perbaikan tanah tersebut adalah dengan penggunaan material geosintetik. Geosintetik terdiri dari berbagai jenis dan diklasifikasikan dalam beberapa bentuk diantaranya geotekstil dan geogrid. Mempertimbangkan biaya pembuatan geosintetik yang relatif mahal maka sangat perlu untuk dicoba alternatif lain yang lebih murah. Salah satu alternatif pengganti bahan dasar yaitu dengan menggunakan bahan lokal seperti bambu yang dibuat anyaman bambu maupun grid bambu. Anyaman bambu fungsinya sama dengan *geotextile* sedangkan grid bambu memiliki fungsi seperti *geogrid*.

Penelitian dilakukan pada desa Hambalang merupakan sebuah desa yang berada di daerah Sentul, Bogor, Jawa Barat. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Febri Mandasari dan Sri Wulandari (2014) tanah pada daerah Hambalang termasuk ke dalam tanah lempung dengan nilai CBR dikategorikan

buruk. Sehingga pada daerah tersebut banyak sekali kerusakan bangunan di atasnya seperti jalan, dinding penahan tanah, dan lain-lain. Diharapkan dengan perkuatan anyaman dan grid bambu dapat memperbaiki nilai daya dukung dan penurunan tanah sehingga dapat meminimalisir kerusakan jalan pada daerah tersebut. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ratna Dewi, Yulindasari dan Hanafiah (2013) untuk tanah lempung dapat diperbaiki nilai daya dukung tanahnya dengan menggunakan perkuatan anyaman bambu dan grid bambu. Perkuatan tersebut dipilih pada penelitian ini dikarenakan nilai ekonomis dari material bambu relatif lebih murah dibandingkan dengan geosintetik. Selain itu, penelitian telah dilakukan oleh Yelvi (2008) kekuatan anyaman bambu tidak kalah dengan gesosintetik, sehingga dapat dipergunakan sebagai pengganti geosintetik.

Penelitian mengenai perkuatan anyaman bambu dan grid bambu oleh Niken Silmi Surjandari (2007) memiliki hasil penelitian yang menunjukkan bahwa penempatan anyaman bambu dapat meningkatkan daya dukung pondasi pada tanah kohesif ditinjau dari penurunan yang terjadi. Ratna Dewi, Yulindasari Sutejo dan Hanafiah (2013). Di dalam penelitiannya, tanah lempung lunak dilakukan perbaikan dengan menggunakan anyaman bambu dan grid bambu. Konfigurasi yang diterapkan dengan memvariasikan lebar dan jumlah lapisan. Hasil menunjukkan bahwa *Bearing Capacity Ratio* (BCR) yaitu rasio antara daya dukung tanah diperkuat dengan daya dukung asli tanah, meningkat hampir linear dengan jumlah lapisan dan lebar perkuatan. Nilai tertinggi BCR diperoleh pada penggunaan 3 lapisan perkuatan dengan lebar 4B (B adalah lebar pondasi) adalah 405%, sekitar empat kali daya dukung pondasi tanpa perkuatan. Penelitian lainnya yaitu dilakukan oleh Angelina Usman (2014), dimana tanah gambut dilakukan perbaikan dengan menggunakan anyaman bambu dan grid

bambu. Setelah diuji variasi lebar perkuatan dengan jumlah lapisan diperoleh kombinasi yang memberikan nilai daya dukung tertinggi adalah penggunaan 3 lapis perkuatan dengan lebar 4B. Nilai daya dukung tersebut sebesar 23,11 kPa dengan rasio daya dukung (BCR) sebesar 4,272 atau persen peningkatannya sebesar 327,2%.

Penelitian yang sudah ada belum mendapatkan jarak optimal lapisan anyaman dan grid bambu pada lapisan pertama maupun lapisan berikutnya. Selain itu, belum ada yang mencari variasi ukuran sisi grid bambu dimana luasan jaring-jaring tersebut dapat mempengaruhi daya dukung tanah tersebut. Sehingga, melalui penelitian ini akan didapatkan jarak lapisan anyaman dan grid bambu pada lapisan pertama dan lapisan-lapisan berikutnya serta variasi ukuran sisi grid bambu yang paling optimal.

Sifat-sifat bahan bambu yang dikenal masyarakat baik untuk dimanfaatkan, antara lain adalah batangnya kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk dan mudah dikerjakan serta ringan sehingga mudah diangkut. Dengan mudahnya bahan bambu dapat banyak ditemukan di sekitar pemukiman pedesaan, bahan bambu menjadi relatif murah dibandingkan dengan bahan bangunan lain. Namun perlu disadari bahwa konstruksi bambu memiliki beberapa kelemahan, seperti tidak tahan terhadap gempuran rayap atau serangga. Akan tetapi, kelemahan tersebut dapat diatasi dengan proses pengawetan sebelum bambu tersebut dipakai. Selain itu harus mengikuti persyaratan-persyaratan bambu yang harus dipenuhi sebelum digunakan sebagai bahan bangunan. Bambu yang digunakan pada penelitian ini yaitu jenis bambu apus atau bambu tali dengan grid bambu yang akan didesain berbentuk bujur sangkar dengan tujuan agar kekuatan arah x dan y adalah sama dan lebar irisan grid yaitu 2 cm.

Beban maksimum per satuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban

tanpa mengalami keruntuhan didefinisikan sebagai kapasitas dukung ultimit (*ultimit bearing capacity*). Rumusan mengenai kapasitas dukung ultimit berdasarkan Terzaghi yaitu sebagai berikut :

$$q_u = \frac{P_u}{A}$$

Dimana :

q_u = Kapasitas dukung ultimit (kg/m²)

P_u = Beban ultimit (kg)

A = Luas fondasi (m²)

Berdasarkan data hasil uji pembebanan yang dilakukan, seringkali terjadi hambatan dalam menentukan daya dukung *ultimit* pada tanah. Pengujian pembebanan memberikan hasil berupa grafik antara beban dan penurunan. Dari grafik tersebut kemudian dilakukan interpretasi untuk mendapatkan nilai daya dukung *ultimit*. Untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah dapat dilakukan beberapa metode interpretasi, yaitu Metode Beban P-S atau Beban Kritis. Metode beban kritis adalah metode memperoleh beban ultimit dengan menarik garis lurus dari kedua lengkung kurva. Perpotongan kedua garis lurus itulah yang diperkirakan sebagai interpretasi beban ultimit.

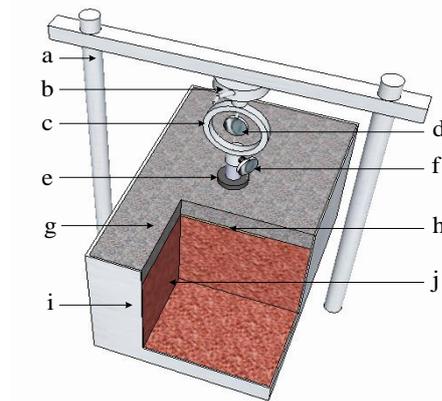
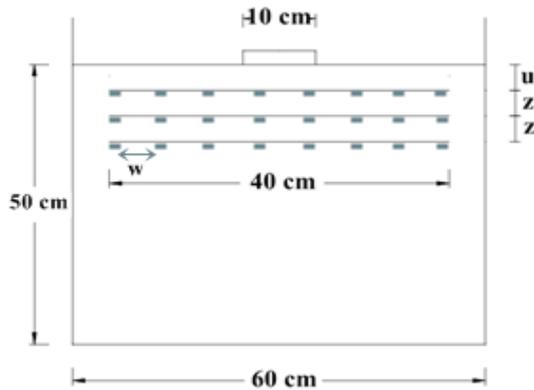
Dalam penulisan ini menyajikan hasil pengujian dengan penggunaan anyaman dan grid bambu terhadap daya dukung tanah dalam skala laboratorium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan perkuatan lapisan anyaman bambu dan grid bambu terhadap daya dukung dan penurunan tanah yang terjadi dari setiap variasi lapisan perkuatan dengan membandingkan daya dukung dari setiap variasi dengan nilai daya dukung tanpa perkuatan.

METODE PENELITIAN

Pengujian dibagi dalam tiga (3) tahap yaitu pengujian pendahuluan, pengujian pembebanan tanpa perkuatan dan pengujian pembebanan dengan perkuatan. Pengujian

pendahuluan meliputi *index properties test* dan *engineering properties test*. Sifat-sifat indeks (*index properties*) menunjukkan sifat-sifat tanah yang mengindikasikan jenis dan kondisi tanah, serta memberikan hubungan terhadap sifat-sifat mekanis (*engineering properties*) seperti kekuatan dan pemampatan

atau kecenderungan untuk mengembang dan permeabilitas. Pengujian pembebanan dilakukan dengan pemodelan dan pengujian laboratorium. Uji model ini dilakukan dalam sebuah bak ukuran 60 x 60 x 50 cm dengan konfigurasi pengujian dan konfigurasi alat dapat dilihat pada Gambar 1.



(a) (b)
Gambar 1. a. Konfigurasi Pengujian, b. Konfigurasi Alat

Keterangan konfigurasi alat:

- a. Rangka beban
- b. Alat pembebanan CBR
- c. *Proving ring*
- d. Dial *Proving ring*
- e. Model pondasi
- f. Dial penurunan
- g. Pasir
- h. Anyaman dan grid Bak pengujian
- i. Tanah Lempung

Tanah lempung yang telah siap dimasukkan ke dalam bak, kemudian dipadatkan setiap 15 cm dengan alat pemadat sampai elevasi 50 cm. Agar diperoleh kepadatan dan kadar air yang seragam untuk kesemua pengujian, maka kepadatan tanah dan kadar air kurang lebih diusahakan sama dengan kepadatan tanah di lapangan dengan melihat dari berat isi kering tanah (γ_d). Sehingga setiap pengujian harus dilakukan pengujian kadar air dan berat isi tanah. Perkuatan tanah dengan dimensi 4B (B adalah lebar model pondasi) direncanakan diletakkan pada kedalaman yang telah ditentukan. Bagian atas perkuatan diisi dengan pasir. Tanah pasir berfungsi untuk mencegah hilangnya kadar air

dari tanah dasar selama pengujian selain itu sebagai timbunan (*surchage*) dan perata beban.

Model pondasi berpenampang lingkaran dengan diameter 10 cm diletakkan di atas lapisan pasir yang telah dihamparkan di atas tanah lempung. 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. Beban diberikan dengan cara memutar dongkrak statis dengan kecepatan konstan sehingga besarnya setiap kenaikan beban harus cukup kecil untuk memungkinkan pencatatan dalam kurva beban-defleksi

dengan jumlah yang memadai (tidak kurang dari enam). Dalam hal ini ditentukan kecepatan penetrasi 0,05"/menit (1,27 mm/menit). Menghentikan percobaan pada saat penurunan yang terjadi tidak lebih dari 0,02 mm/menit (0,001 in/menit) selama tiga menit berturut-turut atau terjadi penurunan secara terus menerus dengan beban yang tetap, hal ini berarti tanah telah mencapai kondisi ultimit dan atau sampai kapasitas beban peralatan tersebut telah tercapai.

Pengujian awal adalah mencari kedalaman efektif (u) dimana perkuatan memberikan sumbangan terbesar dalam menerima beban. Bersamaan dengan dicari kedalaman efektif lapis pertama (u), dicari juga ukuran sisi arah x dan y pada grid bambu

di mana masih bisa menahan tegangan tanah maupun beban yang kontak langsung pada lubang (*aperture*) grid bambu tersebut. Setelah didapat kedalaman efektif lapis pertama (u) dan ukuran lubang grid bambu. Selanjutnya, dicari variasi jarak anyaman bambu dan grid bambu lapis pertama dengan lapis berikutnya (z) untuk mengetahui jarak efektif antara perkuatan lapis pertama dengan lapis perkuatan berikutnya di mana perkuatan memberikan sumbangan terbesar, dengan posisi anyaman bambu di atas grid bambu dengan lapis pertama pada kedalaman efektif tersebut. Konfigurasi pelaksanaan pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi Pelaksanaan Pengujian

N0	Sampel	u/B	z/B	w	N/B	Pengulangan
1	A	-	-	-	-	3
2	B-1-1	0,15	-	5	1	3
3	B-1-2	0,2	-	5	1	3
4	B-1-3	0,25	-	5	1	3
5	B-2-1	0,15	-	7,5	1	3
6	B-2-2	0,2	-	7,5	1	3
7	B-2-3	0,25	-	7,5	1	3
8	B-3-1	0,15	-	10	1	3
9	B-3-2	0,2	-	10	1	3
10	B-3-3	0,25	-	10	1	3
11	C-1	0,15	0,4	5	3	3
12	C-2	0,15	0,5	5	3	3
13	C-3	0,15	0,6	5	3	3
Jumlah						39

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Index Properties dan Engineering Properties

Hasil pengujian *index properties* dan *engineering properties* tanah dasar dituliskan dalam Tabel 2, digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO serta sebagai patokan awal untuk dilakukannya perbaikan tanah.

Berdasarkan AASHTO, tanah tergolong dalam butir halus karena lebih dari 35% lolos

saringan no 200. Dilihat dari batas cair dan indeks plastisitasnya, tanah tergolong dalam kategori A-2-6 atau tanah berlempung. Berdasarkan hasil pengujian gradasi butiran didapatkan bahwa tanah yang dominan adalah lempung, akan tetapi tanah lanau juga memiliki presentasi yang cukup besar Sehingga, dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut bersifat lempung berlanau. Sedangkan dari pengujian *engineering properties*-nya didapat bahwa tanah memiliki.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Index Properties* dan *Engineering Properties* Tanah Dasar dan Pasir

No	Parameter	Tanah Dasar	Pasir
1	Kadar Air (%)	32,75	15,135
2	Berat Jenis	2,828	2,537
3	Batas Cair	31,43	-
4	Batas Plastis	18,571	-
5	Indeks Plastisitas	12,859	-
6	Particle larger than 2 mm (%)	26,053	18,407
7	Coarse sand (%)	1,487	27,071
8	Fine sand (%)	6,011	44,671
9	Silt (%)	29,84	7,158
10	Clay (%)	36,608	2,693
11	Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1,28	2,693
12	CBR soaked (%)	0,559	-

Sehingga, dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut bersifat lempung berlanau. Sedangkan dari pengujian *engineering properties*-nya didapat bahwa tanah memiliki berat isi kering maksimum 1,28 gr/cm³. Tanah ini memiliki nilai CBR sebesar 0,559. Angka CBR ini termasuk dalam kategori poor karena berada di bawah 5%.

Hasil Pengujian Pembebanan

Hasil pengujian pembebanan di laboratorium, diwujudkan dalam grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1 untuk sampel tanpa perkuatan, untuk sampel dengan perkuatan (contoh diambil sampel B-1-1 dengan u/B = 1,5 dan w= 5cm) dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari hasil tersebut ditentukan besarnya q_{ult} (Tabel 3) yang diperoleh dengan w dan rasio u/B berturut-turut adalah 5 cm, 7,5 cm, 10 cm dan 0,25; 0,2; 0,15. Dari hasil pengujian variasi w dan u/B yang optimum kemudian divariasikan dengan rasio z/B. Hasil variasi dengan rasio z/B (contoh diambil sampel C-1

dengan w = 5 cm, u/B = 1,5, z/B = 0,4 dan N = 3) dapat dilihat pada Gambar 3. (w adalah jarak grid bambu, u adalah kedalaman perkuatan lapis pertama, z adalah spasi antar perkuatan, N adalah jumlah lapis perkuatan).

Nilai *Bearing Capacity Ratio* (BCR)

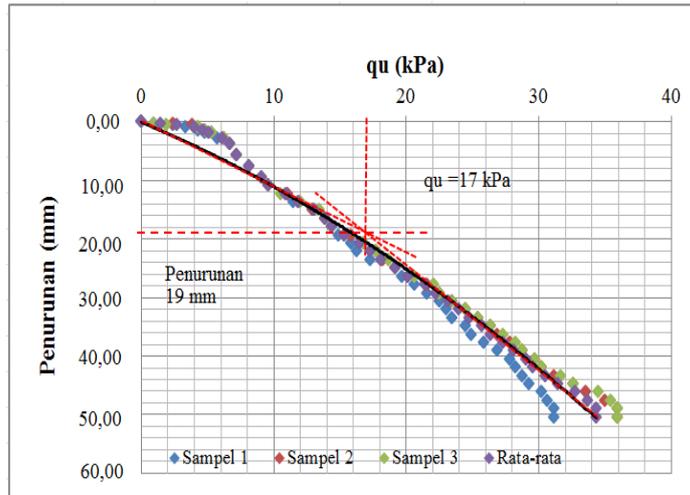
Rasio antara daya dukung ultimit tanah pondasi yang diperkuat dengan daya dukung ultimit tanah pondasi yang tidak diperkuat dinyatakan dengan *Bearing Capacity Ratio* (BCR) dalam persen (%). Nilai BCR digunakan untuk mengetahui kinerja perkuatan dalam menaikkan daya dukung tanah pondasi. Rumusan mengenai BCR adalah sebagai berikut :

$$BCR = \frac{qr}{qo}$$

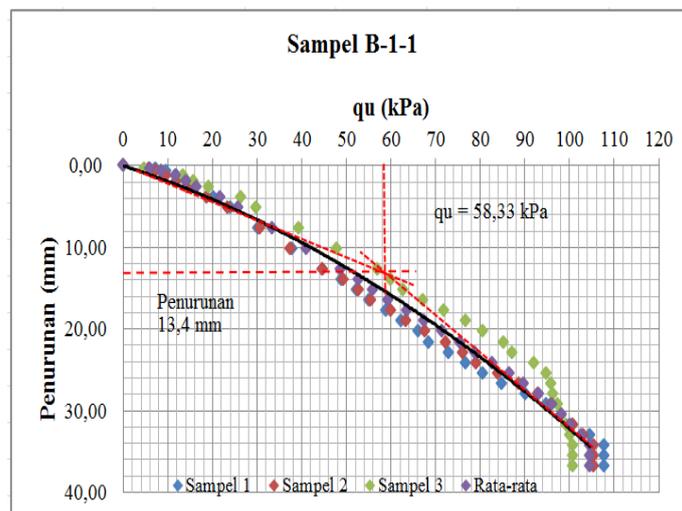
Dimana :

qr = Daya dukung ultimit tanah yang diperkuat (kg/m²)

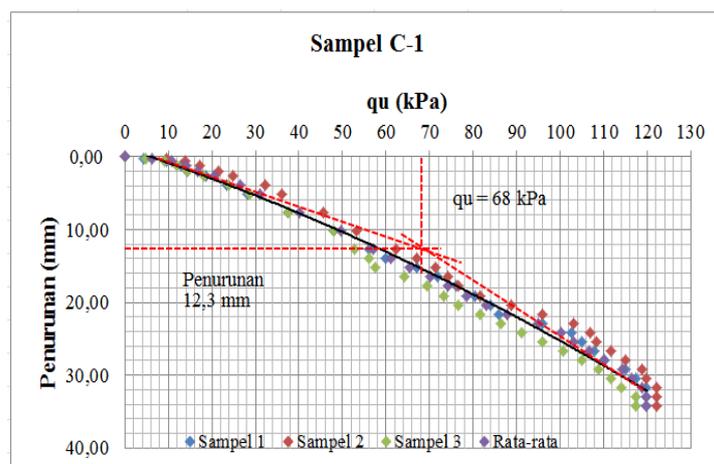
qu = Daya dukung ultimit tanah yang tidak diperkuat (kg/m²)



Gambar 1. Nilai Daya Dukung Ultimit Sampel A



Gambar 2. Nilai Daya Dukung Ultimit Sampel B-1-1



Gambar 3. Nilai Daya Dukung Ultimit Sampel C-1

Nilai BCR dapat dilihat pada Tabel 3. Dari hasil percobaan serta analisa data yang telah dilakukan pada grid dan anyaman bambu yang digunakan sebagai material perkuatan tanah, dapat dikatakan bahwa penggunaan perkuatan ini dapat meningkatkan nilai BCR. Berdasarkan hasil uji, nilai BCR akan meningkat seiring dengan berkurangnya jarak lapis perkuatan dan berkurangnya jarak grid bambu. Peningkatan rasio daya dukung tanah (BCR) dalam hal ini dikarenakan bambu memiliki besar kekuatan tarik (tegangan patah untuk tarik) = 1000 – 4000 kg/cm² yang cukup untuk menambah daya dukung. Selain itu anyaman bambu juga memiliki modulus elastisitas 100.000 – 300.000 kg/cm² yang cukup membantu dalam meningkatkan fleksibilitas tanah. Mekanisme kerja perkuatan anyaman bambu yaitu beban yang

bekerja menimbulkan deformasi pada anyaman bambu. Deformasi ini menyebabkan anyaman bambu tertarik dan reaksi berupa gaya tarik pada anyaman bambu. Gaya tarik anyaman bambu ini pada gilirannya mengeliminasi sebagian beban yang bekerja, dengan demikian daya dukung tanah juga meningkat. Selain itu, Mekanisme perkuatan pada geogrid umumnya menggunakan sistem *interlocking* atau mengunci agregat sehingga dapat memperkaku material di atasnya. Penggunaan anyaman bambu dan grid bambu ini adalah mengurangi tingginya nilai penurunan dari tanah akibat dari beban yang di atasnya. Dengan adanya anyaman bambu dan grid bambu tekanan yang ditimbulkan oleh beban bangunan akan diteruskan menyebar ke semua lapisan.

Tabel 3. Rekapitulasi daya dukung, BCR dan persentase peningkatan BCR

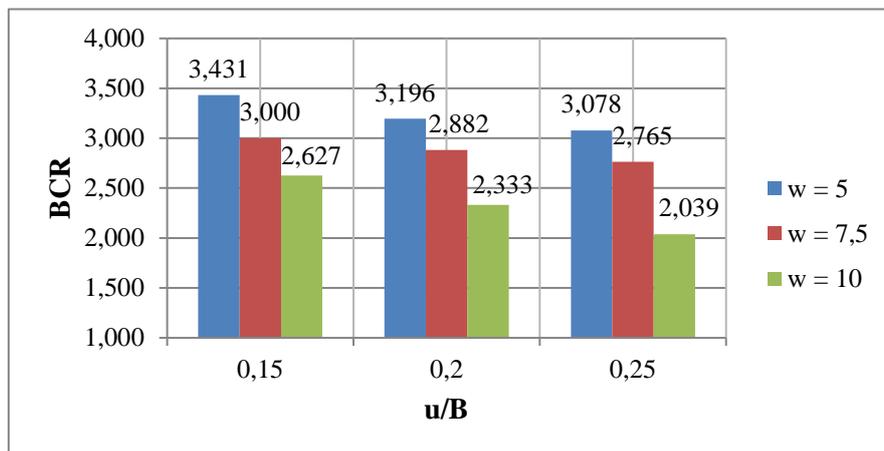
No	Konfigurasi Sampel	qu (kPa)	Penurunan (mm)	Rata-rata		Rata-rata	
				qu (kPa)	Penurunan (mm)	BCR	Peningkatan (%)
1	A	16.000	19.000	17,000	19,000	1,000	0,000
		17.000	18.000				
		18.000	20.000				
2	B-1-1	58.000	15.000	58,333	13,400	3,431	243,137
		61.000	16.000				
		56.000	9.200				
3	B-1-2	55.000	12.000	54,333	13,833	3,196	219,608
		50.000	16.000				
		58.000	13.500				
4	B-1-3	51.000	14.000	52,333	14,000	3,078	207,843
		53.500	14.000				
		52.500	14.000				
5	B-2-1	51.000	11.000	51,000	14,333	3,000	200,000
		50.000	14.000				
		52.000	18.000				
6	B-2-2	50.000	13.000	49,000	14,667	2,882	188,235
		52.000	16.000				
		45.000	15.000				
7	B-2-3	46.000	15.500	47,000	15,667	2,765	176,471
		47.000	17.500				
		48.000	14.000				
8	B-3-1	45.000	16.500	44,667	16,000	2,627	162,745
		46.000	15.000				
		43.000	16.500				
9	B-3-2	40.000	20.000	39,667	17,767	2,333	133,333
		37.000	20.300				
		42.000	13.000				
		34.500	18.000				

10	B-3-3	36.000	16.000	34,667	18,000	2,039	103,922
		33.500	20.000				
1	C-1	69.000	13.000	68,000	12,333	4,000	300,000
		67.000	10.000				
		68.000	14.000				
2	C-2	63.000	16.000	64,000	12,833	3,765	276,471
		64.000	10.000				
		65.000	12.500				
3	C-3	59.000	15.500	60,000	13,333	3,529	252,941
		61.000	12.000				
		60.000	12.500				

Hubungan Antar Konfigurasi Sampel Pengaruh Kedalaman Lapis Pertama (u) Terhadap BCR

Dari uji pembebanan dengan variasi kedalaman perkuatan lapis pertama (u) dan

ukuran grid bambu (w) dapat dibuat hubungan antar parameter tersebut terhadap *capacity ratio* (BCR) seperti terlihat pada Gambar 4.



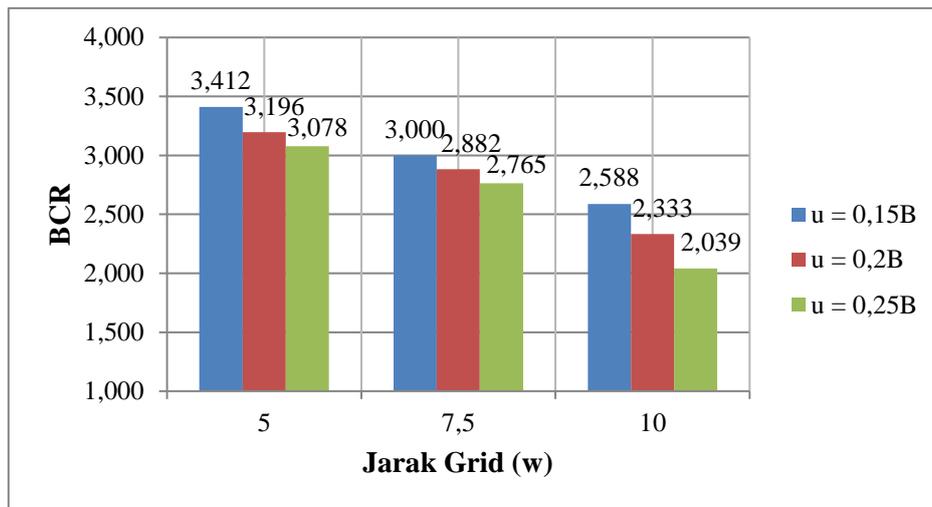
Gambar 4. Hubungan Variasi Kedalaman Perkuatan Terhadap BCR

Dapat dilihat dari Gambar 4 BCR semakin besar seiring berkurangnya ukuran grid bambu pada jarak kedalaman yang sama. Sebaliknya, semakin besar jarak antar beban ke perkuatan maka nilai BCR akan semakin kecil. Nilai BCR terbesar pada kedalaman 0.15B dengan ukuran grid 5 cm sebesar 3,431 dan peningkatan BCR sebesar 243,1%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat dikatakan bahwa peningkatan BCR pada penggunaan anyaman dan grid bambu sebagai perkuatan dapat meningkatkan daya dukung tanah.

Dengan tegangan yang terjadi pada kedalaman kecil, maka penempatan perkuatan pada kedalaman $> B$ pada tanah sangat kecil manfaatnya. Kecilnya tegangan yang berada pada kedalaman $> B$ menyebabkan peran perkuatan tidak efektif karena tegangan yang harus ditanggungnya juga kecil (Nugroho, 2011).

Pengaruh Ukuran Grid Bambu (w) Terhadap q_{ult} dan BCR

Pengaruh ukuran grid bambu terhadap q_{ult} dan BCR dapat dilihat pada Gambar 5.



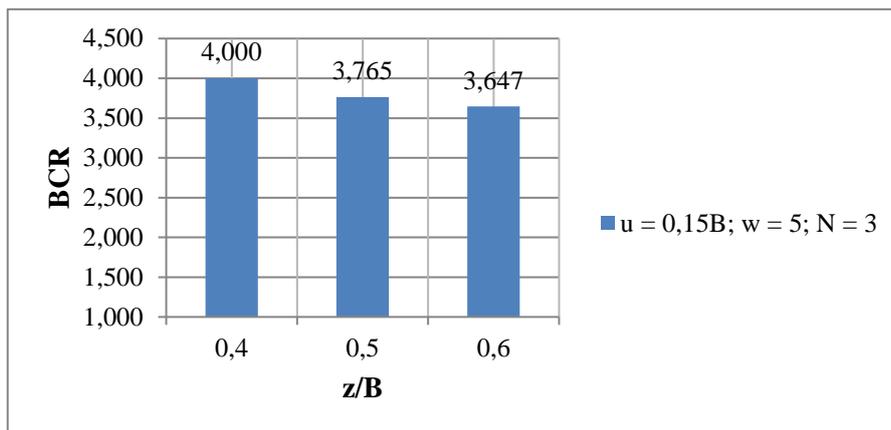
Gambar 5. Hubungan Jarak Grid Bambu (w) Terhadap BCR

Berdasarkan Gambar 5 nilai BCR terbesar pada jarak grid 5 cm dengan kedalaman 0.15B sebesar 58,333 kPa. Pada Gambar 5 diperoleh bahwa pada sampel dengan kedalaman perkuatan 0,15B dengan spasi bambu 5 cm, 7,5 cm dan 10 cm menghasilkan nilai BCR masing-masing 3,412, 3,000 dan 2,588. Berdasarkan hasil tersebut bahwa pada kedalaman pondasi yang sama dengan spasi bambu yang berbeda, menghasilkan daya dukung yang berbeda-beda. Spasi bambu 5 cm memberikan nilai daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan spasi bambu 7,5 cm, sedangkan untuk spasi bambu 10 cm menghasilkan daya dukung yang lebih kecil dibandingkan dengan spasi bambu 5 cm dan spasi bambu 7,5 cm.

Berdasarkan percobaan, bahwa kenaikan daya dukung seiring dengan berkurangnya spasi horizontal susunan bambu. Prinsip kerja dari grid bambu yaitu lapisan tanah yang menerima gaya atau beban akan berdeformasi terdorong ke arah vertikal dan lateral. Pergerakan lateral tanah yang terjebak dalam jaring-jaring grid bambu tertahan oleh kekuatan jaring-jaring grid tersebut. Berdasarkan hal tersebut maka bisa dikatakan semakin luas ukuran grid tegangan yang harus ditanggungnya juga kecil.

Pengaruh Spasi Perkuatan (z) Terhadap q_{ult} dan BCR

Setelah dilakukan pengujian pembebanan pada model sampel yang diberi perkuatan di mana sebagai pembanding digunakan sampel dengan $w = 5$ cm dan $u/B = 0,15$ ($u/B =$ jarak dari dasar pondasi ke lapisan pertama) sedangkan $z/B = 0,4; 0,5$ dan $0,6$. Pemilihan sampel tersebut sebagai pembanding karena pada $w = 5$ cm dan $u/B = 0,15$ memberikan nilai BCR yang optimal. Hasil dari pengujian dibuat grafik hubungan spasi perkuatan dengan kedalaman lapis pertama dan ukuran grid (Gambar 6), dan ditentukan spasi optimum z/B yang mempunyai nilai daya dukung dan BCR maksimum. Nilai BCR terus menurun seiring dengan bertambahnya nilai rasio z/B (Gambar 6), sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin jauh perkuatan dari dasar pondasi maka efek penambahan tidak banyak berarti. Nilai BCR yang terbesar pada spasi perkuatan 0,4B dimana nilai tersebut yaitu 4 serta peningkatan BCR sebesar 300% dari tanah tanpa perkuatan. Dari hasil tersebut maka jarak perkuatan lebih besar dari jarak optimal ini tidak akan memberikan



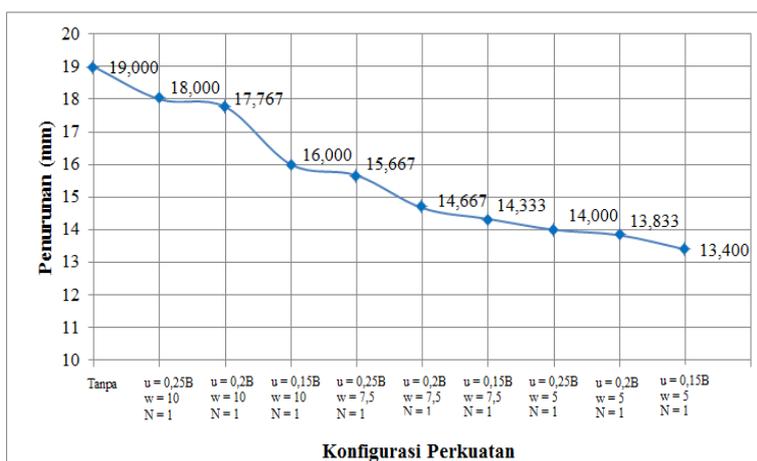
Gambar 6 Hubungan Spasi Perkuatan (z) Terhadap BCR

efek pada daya dukung pondasi bahkan cenderung turun karena sangat memungkinkan bahwa bidang runtuh tidak mencapai lapisan perkuatan (Utomo, 2004).

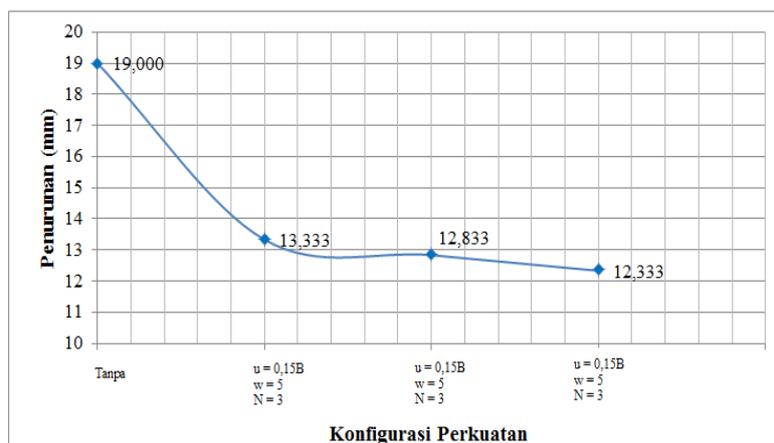
Nilai Penurunan

Hasil pengujian pembebanan (Gambar 7 dan 8) menunjukkan bahwa terjadi perbedaan penurunan yang berbeda-beda untuk tiap-tiap sampel uji. Semakin besar q_{ult} yang diperoleh dari hasil uji pembebanan maka nilai penurunan yang terjadi semakin kecil. Nilai penurunan yang paling besar terjadi pada

sampel uji tanpa perkuatan sebesar 19 mm dengan daya dukung yang paling kecil sebesar 17 kPa. Pada sampel dengan 1 lapisan perkuatan nilai q_{ult} terbesar yaitu sampel dengan perkuatan $u/B = 0,15$ dan $w = 5$ cm. Nilai penurunannya sebesar 13,4 mm dimana terjadi pengurangan 29,474% dari penurunan tanah tanpa perkuatan. Pada sampel dengan 3 lapisan perkuatan nilai q_{ult} terbesar yaitu sampel dengan perkuatan $u/B = 0,15$, $w = 5$ cm dan $z/B = 0,4$. Nilai penurunannya sebesar 12 mm dimana terjadi pengurangan 35,088% dari penurunan tanah tanpa perkuatan.



Gambar 7 Hubungan Penurunan Dengan Konfigurasi Perkuatan pada Pengujian Awal



Gambar 8 Hubungan Penurunan Dengan Konfigurasi Perkuatan pada Pengujian Kedua

SIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan analisa data dan pembahasan hasil pengujian pembebanan pada masing-masing benda uji adalah sebagai berikut: 1) Nilai daya dukung tanah tanpa perkuatan sebesar 17 kPa dengan penurunan sebesar 19 mm. 2) Pengaruh ukuran grid (w) dan kedalaman perkuatan (u) menunjukkan hasil dimana nilai daya dukung dan BCR semakin besar seiring berkurangnya ukuran grid bambu pada jarak kedalaman yang sama. Sebaliknya, semakin besar jarak antar beban ke perkuatan maka nilai daya dukung dan BCR akan semakin kecil. Berdasarkan penelitian ini, untuk perkuatan komposit grid bambu dan anyaman bambu yang memberikan daya dukung terbesar pada rasio u/B 0,15 dan $w = 5$ cm menghasilkan daya dukung sebesar 58,333 kPa dengan rasio daya dukung (BCR) sebesar 3,431 sehingga peningkatan nilai rasio daya dukung sebesar 243,1% dari tanah tanpa perkuatan. 3) Nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) terus menurun seiring dengan bertambahnya nilai rasio z/B . Nilai z/B optimal adalah 0,4 yakni memberikan nilai daya dukung dan kenaikan BCR masing-masing sebesar 68 kPa dan 4, sehingga peningkatan BCR sebesar 300% dari tanah tanpa perkuatan. 4) Nilai penurunan pada sampel dengan perkuatan $u/B = 0,15$ dan $w = 5$ cm sebesar 13,4 mm dimana terjadi pengurangan 29,474% dari penurunan tanah tanpa perkuatan. Pada sampel dengan 3

lapisan perkuatan nilai q_{ult} terbesar yaitu sampel dengan perkuatan $u/B = 0,15$, $w = 5$ cm dan $z/B = 0,4$. Nilai penurunannya sebesar 12 mm dimana terjadi pengurangan 35,088% dari penurunan tanah tanpa perkuatan. 5) Perkuatan grid dan anyaman bambu dapat dijadikan salah satu alternatif bahan perkuatan tanah, yaitu melalui penambahan grid bambu dan anyaman bambu yang dapat meningkatkan daya dukung pondasi di atas tanah lempung yang ditinjau dari nilai daya dukung yang dihasilkan.

Dalam pengujian dan analisa pada penelitian ini masih sebatas permodelan dalam bak pengujian laboratorium sehingga hasil yang dicapai cukup sebagai parameter atas kemampuan mekanis bambu sebagai material perkuatan tanah sehingga dapat dijadikan data acuan bagi studi yang lebih lanjut. Beberapa saran dapat dilakukan untuk penyempurnaan tersebut, antara lain: 1) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut perkuatan bambu terhadap jenis material tanah lainnya serta dilakukan dalam skala yang lebih besar dan lebih kompleks (*full scale analysis*). 2) Perlu dilakukan tes fisis dan mekanis pada grid bambu dengan anyaman bambu, sehingga dapat diketahui nilai kekuatan dari perkuatan grid bambu dengan anyaman bambu. 3) Perlu dilakukan penelitian untuk mengawetkan bambu didalam tanah bila ingin dijadikan

material perkuatan tanah untuk jangka waktu yang lama.

Rekayasa Sipil, Volume IV, Nomor 1.
Politeknik Negeri Padang. Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1998) *Standard Specification of Transport Materials and Method of Sampling and Testing*. American Association of State Highway and Transportation Official, Washington DC.
- Angelina Usman. (2014) Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Gambut Menggunakan Kombinasi Perkuatan Anyaman Bambu Dan Grid Bambu Dengan Variasi Lebar Dan Jumlah Lapisan Perkuatan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, Vol. 2, No. 3, Hal. 297 – 302.
- Niken Silmi Surjandari. (2007) Pengaruh Anyaman Bambu Terhadap Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Dangkal Pada Tanah Kohesif. *Media Teknik Sipil*, Hal. 49 – 56.
- Nugroho, S. A. (2011) Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 18 No. 1, hal. 31 – 40.
- Ratna Dewi, dkk. (2013) Peningkatan Daya Dukung Tanah Dengan Perkuatan Anyaman Dan Grid Bambu. *Proceedings, 17th Annual Scientific Meeting*, 13 - 14 November 2013, Jakarta.
- Utomo, Puntjo. (2004) Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal Di Atas Tanah Pasir Yang Diperkuat Geogrid. *Civil Engineering Dimension*, Vol. 6, No. 1, 15–20. Universitas Tadulako. Sulawesi Tengah.
- Yelvi. (2008) Disain Anyaman Bambu Yang Dimodifikasi Sebagai Bahan Pengganti Geotekstil Untuk Pemisah Antara Lapis Pondasi Bawah Jalan Dengan Tanah Dasar Lunak.