

Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu

Soewignjo Agus Nugroho

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM 12 Pekanbaru

E-mail: nunug_yk@yahoo.co.uk

Abstrak

Pembangunan konstruksi di atas tanah gambut mempunyai banyak masalah, diantaranya adalah daya dukung tanah yang rendah dan penurunan yang besar. Penggunaan kombinasi grid bambu dan geotekstil diharapkan akan dapat mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan mengetahui hubungan antara kapasitas daya dukung dengan variasi kedalaman letak perkuatan, lebar perkuatan, spasi antara grid bambu dan geotekstil, dan sudut penyebaran beban. Perbedaan daya dukung antara tanah tanpa perkuatan dengan menggunakan perkuatan dinyatakan dalam Bearing Capacity Ratio (BCR). Dari studi model di laboratorium diperoleh hasil BCR maksimum sebesar 4,32 pada rasio L/B, d/B, dan s/B berturut-turut adalah 3, 0,25 dan 0,5. Sudut penyebaran beban maksimum sebesar 78,79° pada L/B dan d/B (B adalah lebar pondasi) berturut-turut adalah 4 dan 0,25. Peningkatan BCR dan sudut penyaluran beban sebanding dengan penambahan dimensi perkuatan dan berbanding terbalik dengan jarak perkuatan dari dasar pondasi.

Kata-kata Kunci: BCR, geotekstil, grid bambu, sudut penyebaran beban, tanah gambut.

Abstract

The construction on peat soil have many problems, Two significant problems are low bearing capacity and high construction settlement. The usage of grid bamboo and geotextile as a composite system is expected to overcome those problems. The purpose of this research is to check the relationship of bearing capacity with depth of the reinforcement layer, width reinforcement layer and spacing of reinforcement layers between of grid bamboo and geotextile, and to the angle of stresses distribution. The difference of the bearing capacity between unreinforced soils and reinforced soils referred as Bearing Capacity Ratio (BCR). From study model at laboratory the result indicate that maximum BCR is 4.32 at ratio L/B, d/B and s/B are increasing 3, 0.25, and 0.5. Maximum the angle of distribution is 78.79° at L/B and d/B (B is width of footing) are increasing 4 and 0.25. The increasing of BCR and angle of stress distribution is proportional by the increasing of reinforcement dimension and it diversely correlated with depth of reinforcement.

Keywords: Angle of stresses distribution, BCR, geotextile, grid bamboo, peat soil.

1. Pendahuluan

Pada umumnya di Indonesia apabila ingin membangun suatu konstruksi bangunan 1-2 lantai di atas tanah gambut digunakan cerucuk dengan diameter 10-20 cm dan panjang 3-4 meter. Namun, material cerucuk sendiri makin lama makin susah didapat, maka diperlukan alternatif yang lain.

Salah satu metode konstruksi yang dapat digunakan adalah pondasi dangkal yang diperkuat dengan bahan bambu (Douglas, 1990) dan geotekstil (Geoforce, 2000) dimana sebagai separator adalah bahan geotekstil tersebut untuk mencegah tercampurnya antara tanah urugan dan tanah gambut, serta untuk elemen perkuatan digunakan grid bambu. Diharapkan

dari penempatan perkuatan grid bambu dan geotekstil tersebut bidang runtuh tanah akan terpotong oleh kombinasi perkuatan grid bambu dan geotekstil sehingga daya dukung tanah akan meningkat.

2. Landasan Teori

2.1 Metode perkuatan

Huang dan Menqs (Chen, 1997) melakukan evaluasi pada tanah yang diberi perkuatan di bawah pondasi dengan suatu mekanisme keruntuhan yang dikemukakan Schlosser et.al (1983) seperti terlihat pada **Gambar 1**. Berdasarkan mekanisme keruntuhannya, keduanya memberikan efek saling menguatkan.

Kedalaman pondasi dan lebar-slab memberikan efek, dan dapat memberikan kontribusi untuk meningkatkan kapasitas daya dukung. Konsep dasar mekanisme keruntuhan ini adalah kapasitas daya dukung dari pondasi (lebar: B) pada pondasi yang diberikan perkuatan adalah sepadan dengan lebar pondasi (lebar: B+DB) dengan kedalaman dari d (total kedalaman dari perkuatan) yang tidak diberi perkuatan.

Hubungan antara q_{ult} dan sudut penyebaran beban dapat diluar pada persamaan di bawah ini.

$$q_u (Df=d) = h'g'(B+DB)Ng+g'd'Nq \quad (1)$$

$$DB = (2 \times d) \tan \alpha \quad (2)$$

2.1.1 Geotekstil

Geotekstil adalah bahan sintesis yang digunakan dalam pekerjaan teknik yang berhubungan dengan tanah. Geotekstil berbentuk seperti lembaran yang dapat dipergunakan pada tanah yang bermasalah dalam jangka waktu yang relatif lebih singkat. Dengan mempertimbangkan geotekstil hanya digunakan sebagai pemisah antara tanah timbun dan tanah gambut, sebagai perkuatan tanah yang memiliki daya dukung rendah digunakan grid bambu sehingga biaya pun relatif murah.

2.1.2 Bambu

Bambu adalah bahan bangunan dari tumbuhan bukan kayu berbentuk Pembuluh dan beruas-ruas dapat digunakan untuk tujuan konstruksi bangunan, seperti tiang, pipa air, atap atau cerucuk stabilitasi tanah (Krisdianto, 2006). Diharapkan dari penempatan perkuatan kombinasi grid bambu dan geotekstil tersebut adalah bidang runtuh tanah akan terpotong oleh anyaman bambu sehingga daya dukung tanah meningkat (Khatib, 2005). Bambu yang digunakan dari jenis bambu andong (bambu tali) dengan kuat tarik tanpa serat 1,45 kg/cm², lebar 2 cm dibuat grid berbentuk bujur sangkar dengan tujuan agar kekuatan arah x, y adalah sama.

2.2 Interpretasi nilai daya dukung ultimit dari pengujian pembebanan

Penentuan daya dukung *ultimit* merupakan keharusan dalam menganalisa data pembebanan. Daya dukung ultimit diperlukan untuk keperluan mendesain pondasi. Berdasarkan data hasil uji pembebanan yang dilakukan, seringkali terjadi hambatan dalam menentukan daya dukung *ultimit* pada tanah. Pengujian pembebanan memberikan hasil berupa grafik hubungan q_{ult} vs penurunan (**Gambar 1**).

Dari grafik tersebut kemudian dilakukan interpretasi untuk mendapatkan nilai daya dukung aksial pondasi yang diuji. Terdapat beberapa metode interpretasi untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah tersebut diantaranya yaitu: a) Metode Beban P-S atau Beban Kritis; b) Davisson 72; c) Chin 70 dan 72; d) de Beer 67; e) Hansen 90%; f) Mazurkiewicz 72; g) Fuller and Hoy 70; h) Butler and Hoy 77; i) Van der Veen; Hansen 80% (Surjandari, 2008).

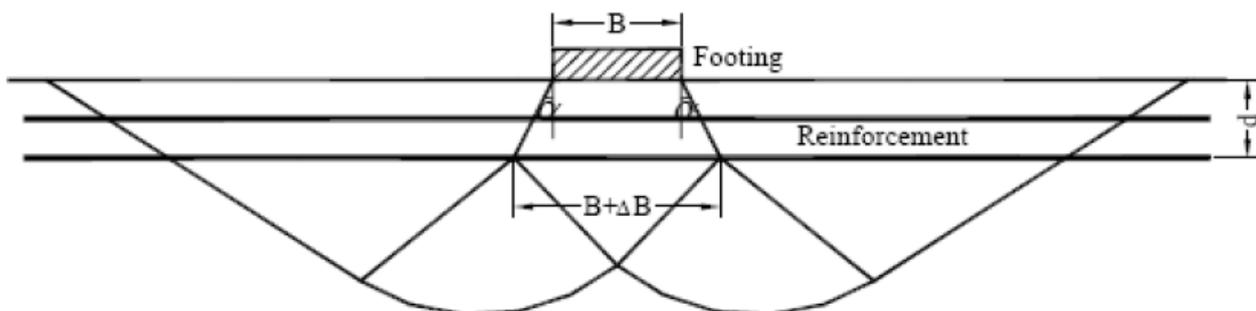
3. Metodologi Penelitian

3.1 Bahan

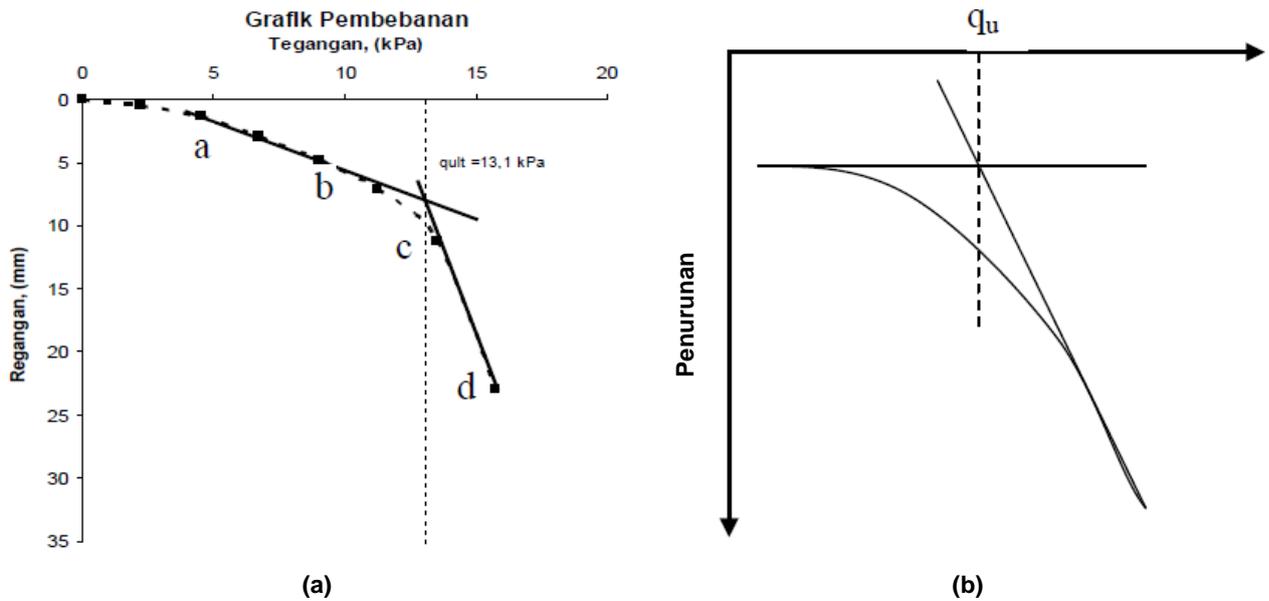
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah gambut yang berasal dari desa rimbo panjang, bambu yang digunakan adalah bambu tali yang berasal dari Payakumbuh, Sumatera Barat dan geotekstil yang digunakan adalah GEOTEX[®] nonwoven geotextiles dengan tebal (pada tekanan 2 kPa) = 4,2 mm; *Puncture strength* = 1112 N; *Grabelongation* = 50 %; *Apparent opening size* = 0,150 mm (ICI Fibres, 1982)

3.2 Alat

Alat uji terdiri dari sel beban (*load cell*) sebagai bacaan beban. Beban dihasilkan dari pompa hidrolis (*hydraulic jack*). Penurunan tanah diukur menggunakan dial penurunan (*dial gauge*). Bak pengujian mempunyai dimensi 150 x 90 x 90 cm³ (panjang x lebar x tinggi). Pondasi pelat ukuran 15 cm x 15 cm yang kaku, sebagai penahan dipasang frame/portal, macam alat yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Mekanisme keruntuhan pada tanah yang diperkuat
(Huang dan Menq, 1997)



Gambar 2. Metode-metode penentuan q_{ult} dari data penelitian (a) metode beban kritis (Absolon,1993), (b) old methods

Tabel 1. Equipment yang dipakai

Hydraulic jack	Merk OPT
Load cell	Enerpack RC50 kapasitas max 5 ton
Dial gauge	Merk ELE, 0.01mm/div
Vane shear	Merk Geonor, kap max 260 kPa
Nuclear density	product Troxler Industries



bak uji dan sampel uji tarik bambu

3.3 Prosedur

Pengujian dibagi menjadi tiga (3) tahap yaitu pengujian pendahuluan, instalasi alat dan pengujian utama. Uji pendahuluan meliputi pengujian sifat fisik dan sifat mekanik tanah gambut dan tanah pasir; pengujian kuat tarik bambu dan geotekstil. Setelah instalasi tanah gambut dan pasir ke dalam bak pengujian, dilanjutkan dengan pengujian yang merupakan control homogenitas tanah yang meliputi pengujian *nuclear density test*, dan *vane shear test*. Pada tahap ketiga dilakukan setup pengujian utama yaitu pengujian pembebanan pada model (Gambar 3).

- Uji pendahuluan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah gambut.
- Perancangan pembuatan model bak uji, model plat pondasi, portal penahan dan modifikasi peralatan uji pembebanan.
- Persiapan model bahan sampel uji yaitu bambu dan geotekstil.

3.4 Metode pengujian

Tanah gambut yang telah dibersihkan (*sortir*) dimasukkan ke dalam bak pengujian berukuran 120 cm x 90 cm dan tinggi 100 cm. Sebelum dimasukkan ke dalam bak

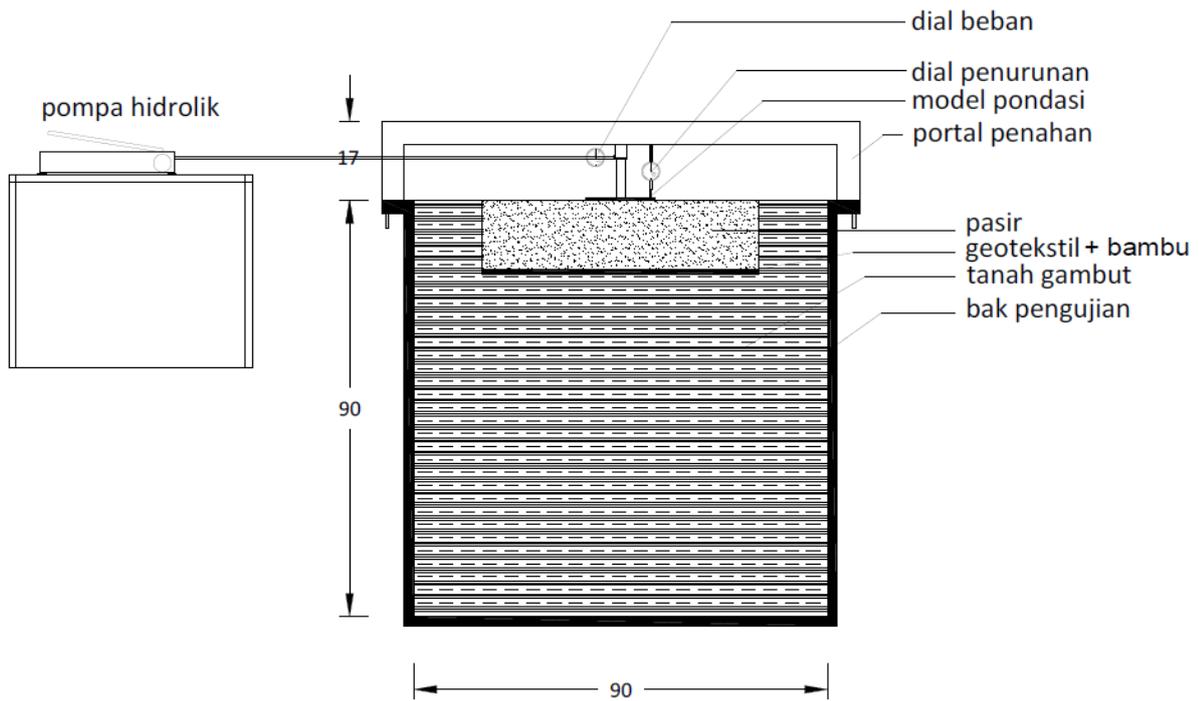
tanah gambut diberi air hingga jenuh dan kadar air mendekati 200% kemudian dipadatkan setiap 15 cm dengan alat pemadat sampai elevasi 90 cm (Gambar 3).

Setiap lapisan yang dipadatkan diuji dengan alat *nuclear density* untuk mengontrol tingkat kepadatan dan kadar air tanah. Hal ini dilakukan agar tingkat keseragaman kepadatan tanah dan kadar air tanah tiap lapisan tanah yang digunakan sebagai wadah uji relative sama. Apabila tingkat kepadatan dan kadar air tanah berbeda jauh untuk tiap lapisan, maka dilakukan pemadatan ulang.

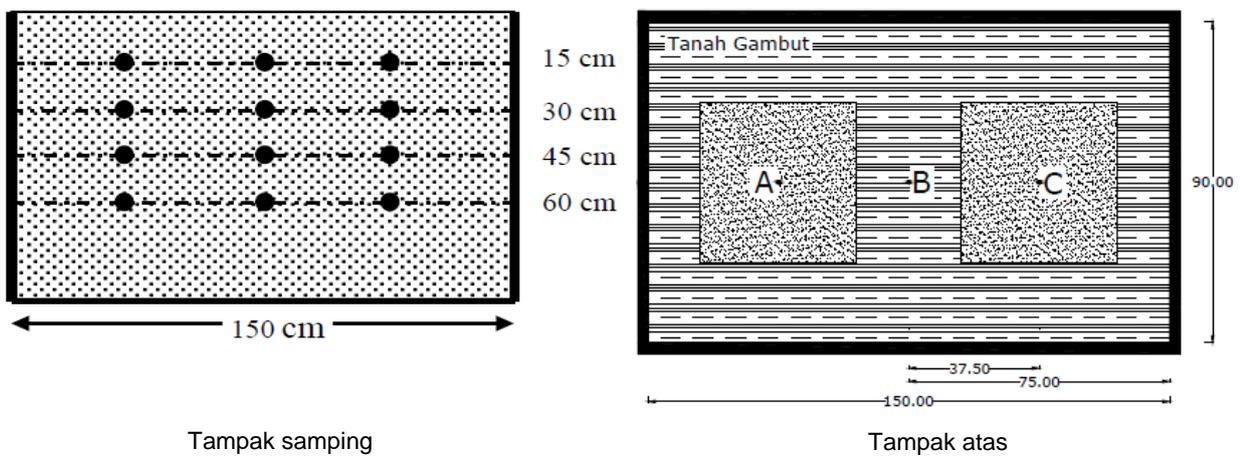
Gambut yang telah siap untuk uji pembebanan kemudian dimodelkan sesuai ketentuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Model perkuatan yaitu grid bambu dengan sisi 5 cm dan geotekstil sesuai konfigurasi yang direncanakan diletakkan pada kedalaman yang telah ditentukan. Bagian atas perkuatan diisi dengan pasir. Pasir tersebut berfungsi sebagai tanah timbun untuk mempermudah dalam proses pengujian. Plat pondasi berbentuk bujur sangkar dengan sisi 15 cm diletakkan di atas lapisan perkuatan yang telah ditimbun tersebut kemudian dibebani menggunakan dongkrak hidrolik (Gambar 4a).



Gambar 3. Setup pengujian utama



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Sketsa model pengujian, (b) Titik pengambilan data *vane shear test*

Selama pengujian, penambahan beban dilakukan secara bertahap. Penambahan beban dilakukan ketika defleksi = 0,03 mm/min dan dihentikan jika terjadi penurunan secara terus menerus dengan beban yang tetap, hal ini berarti tanah telah mencapai kondisi ultimit.

Pengujian awal adalah mencari kedalaman efektif (d) dimana perkuatan memberikan sumbangan terbesar, dicari juga ukuran perkuatan (L) dimana masih bisa menahan garis keruntuhan. Setelah didapat kedalaman efektif, dicari variasi jarak grid bambu dengan geosintetik (s). Dengan posisi grid bambu pada kedalaman efektif tersebut. Konfigurasi pelaksanaan pengujian dapat dilihat pada **Tabel 2**

Pengujian *vane shear* dilakukan sepanjang kedalaman tanah yang diteliti pada setiap interval 15 cm. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tegangan pada kedalaman tanah di bawah pondasi dan di samping pondasi. Pengujian juga untuk mengetahui sampai kedalaman berapa penambahan tegangan tidak lagi berpengaruh pada lapisan tanah. Uji *vane shear* dilakukan setelah pengujian pembebanan selesai pada posisi titik A, B, dan C (**Gambar 4b**)

4. Hasil Penelitian

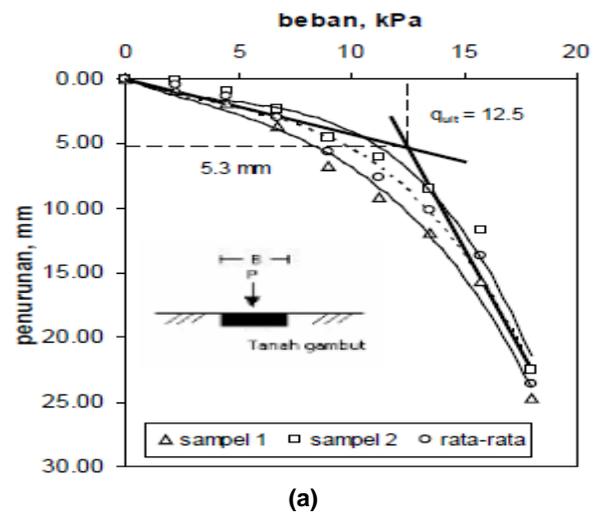
Karakteristik tanah gambut yang diambil dari desa Rimbo Panjang, kecamatan Tambang kabupaten Kampar Provinsi Riau dan karakteristik Tanah Pasir (yang diambil dari daerah Panam, Pekanbaru) dapat dilihat pada **Tabel 3**. Tanah gambut digolongkan sebagai *Fibrous Peat* (Macfarlane & Radforth, 1965), *Hypnum Moss Peat* (Macfarlane, 1969, ASTM D2607-69), dan *Hemic Peat* (ASTM D4427-96). Menurut standar USCS (Unified Standard Classification System), tanah pasir digolongkan dalam pasir gradasi buruk dengan tingkat kepadatan sedang

4.1 Hasil pengujian pembebanan

Hasil pengujian pembebanan pondasi di laboratorium, diwujudkan dalam grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 5a** dan **Gambar 5b** untuk sampel tanpa perkuatan, untuk sampel dengan perkuatan (contoh diambil sampel dengan L/B=2, d/B=0,25 dan L/B=2, d/B=0,5) dapat dilihat pada **Gambar 6a** dan **Gambar 6b**.

Hasil pengujian menghasilkan grafik yang menunjukkan hubungan antara beban dan penurunan.

Dari hasil tersebut ditentukan besarnya q_{ult} (**Tabel 4**) yang diperoleh dengan rasio L/B dan d/B berturut-turut adalah 2, 3, 4 dan 0,25; 0,5; 1. dari hasil pengujian variasi L/B dan d/B yang optimum kemudian divariasikan dengan rasio s/B antara perkuatan grid bambu dan geotekstil (L adalah lebar perkuatan, d adalah kedalaman perkuatan dari dasar pondasi dan s adalah spasi antara grid bambu dan geotekstil).

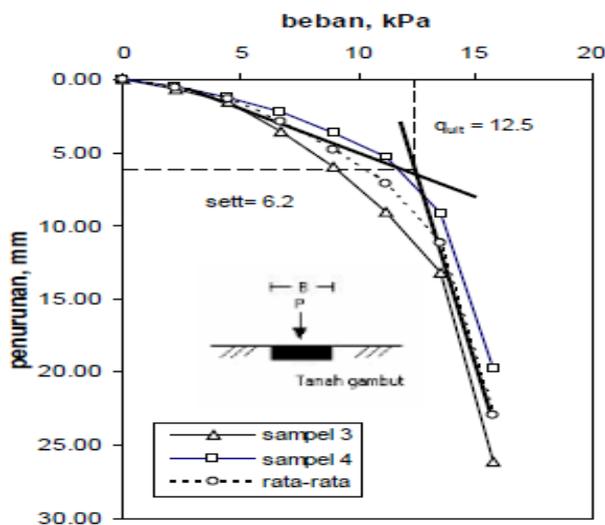


Tabel 2. Konfigurasi pelaksanaan pengujian

No.	Jmlh sampel	Kedalaman Bb (z)	Sisi Bb&Gtx	Spasi Bb-Gtx(s)
1	2	-	-	-
2	2	0,25B	2B	-
3	2	0,25B	3B	-
4	2	0,25B	4B	-
5	2	0,50B	2B	-
6	2	0,50B	3B	-
7	2	0,50B	4B	-
8	2	0,75B	2B	-
9	2	0,75B	3B	-
10	2	0,75B	4B	-
11	2	1,00B	2B	-
12	2	1,00B	3B	-
13	2	1,00N	4B	-
14	2	0,25B	3B	0,25B
		0,25B	3B	0,50B
		0,25B	3B	0,75B
		0,25B	3B	1,00B

Tabel 3. Karakteristik tanah uji

Tanah Gambut			Tanah Pasir		
a.	batas cair	126.31 %	a.	batas cair	-
b.	batas plastis	89.75 %	b.	batas plastis	-
c.	indeks plastisitas	36.55%	c.	indeks plastisitas	-
d.	kadar air	198.2 %	d.	kadar air	0
e.	berat volume	1.27 gr/cm ³	e.	berat volume	2.64gr/cm ³
f.	specific gravity	1.64	f.	kohesi	0
g.	kadar serat	69.77%	g.	sudut geser	39.25 ⁰
h.	kadar abu	53.30%	h.	kerapatan relative	65.42%

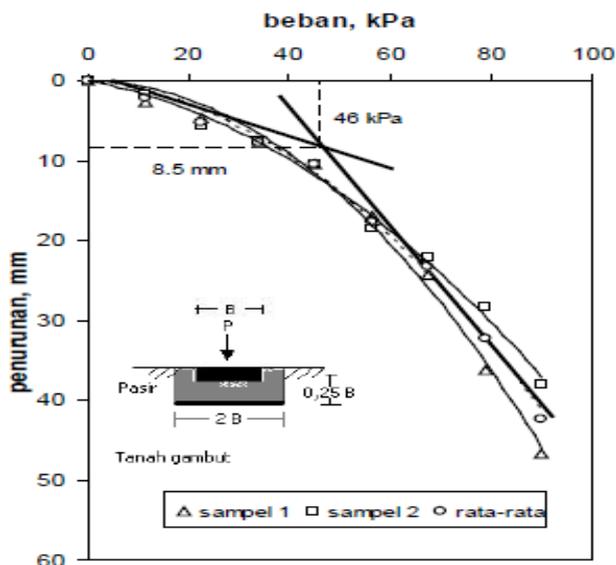


(b)

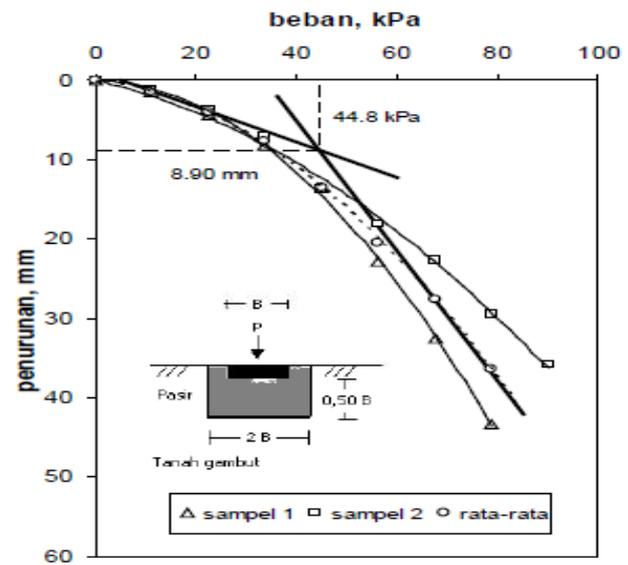
Gambar 5. (a) Hubungan p vs s pondasi di titik A (tanpa perkuatan) (b) Hubungan p vs s pada titik C (tanpa perkuatan)

Tabel 4. Nilai Q_u hasil uji pembebanan

No.	Konfigurasi sampel	Q_u (kPa)
1	-	12,5
2	-	12,5
3	L/B=2, d/B=0,25	46,0
4	L/B=2, d/B=0,50	44,80
5	L/B=2, d/B=1,00	43,00
6	L/B=3, d/B=0,25	48,50
7	L/B=3, d/B=0,50	47,00
8	L/B=3, d/B=1,00	45,00
9	L/B=4, d/B=0,25	50,00
10	L/B=4, d/B=0,50	48,50
11	L/B=4, d/B=1,00	46,50
12	L/B=3, d/B=0,25, s/B=0,25	50,00
13	L/B=3, d/B=0,25, s/B=0,50	54,00
14	L/B=3, d/B=0,25, s/B=0,75	50,00
15	L/B=3, d/B=0,25, s/B=1,00	40,00

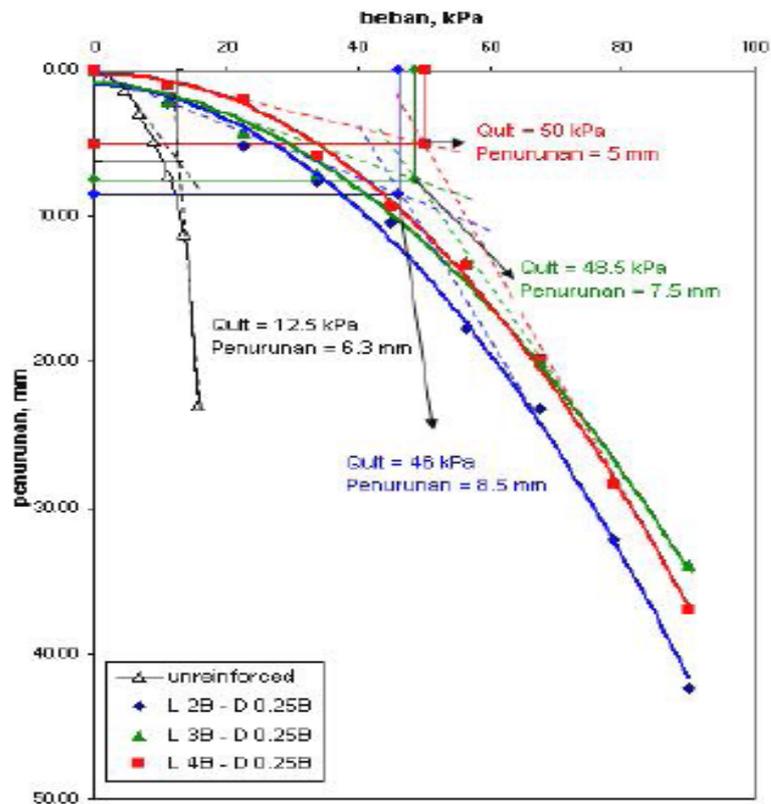


(a) L/B=2, d/B=0,25

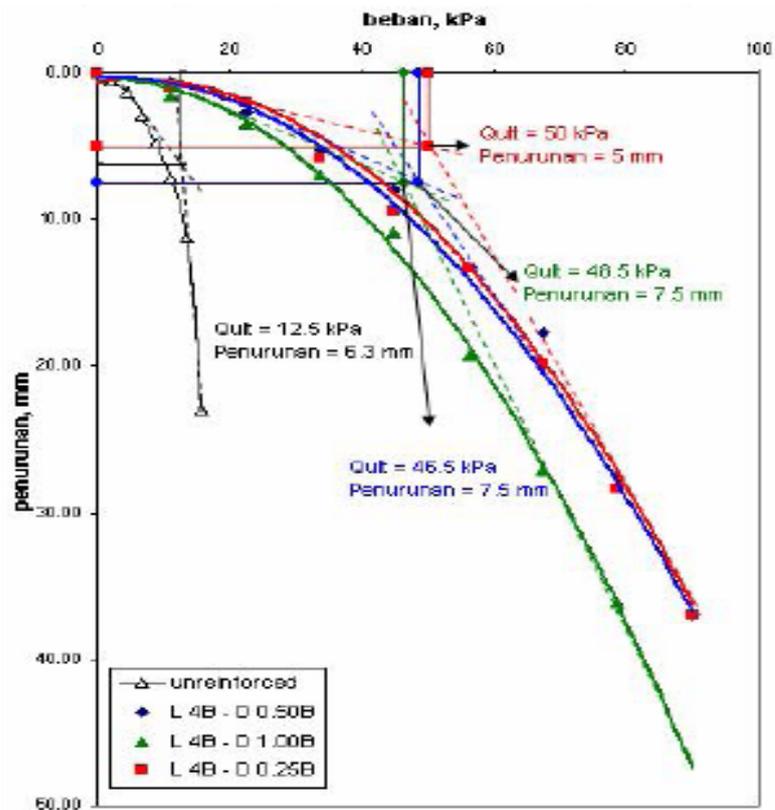


(b) L/B=2, d/B=0,5

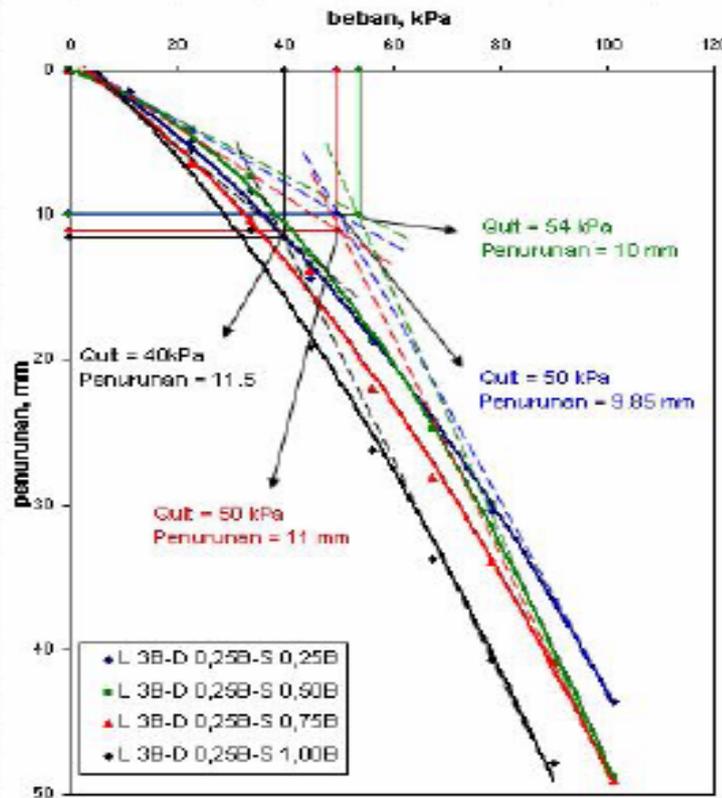
Gambar 6. (a) Hubungan p vs s pada titik A (dengan perkuatan), (b) Hubungan p vs s pada titik C (dengan perkuatan)



Gambar 7. Pengaruh lebar terhadap Qult



Gambar 8. Pengaruh kedalaman terhadap Qult



Gambar 9. Pengaruh spasi terhadap Qult

4.2 Hubungan antar konfigurasi sampel

Hubungan antara variasi lebar, kekuatan, kedalaman kekuatan spasi antara kekuatan, dan sudut penyebaran beban terhadap beban ultimit dapat dilihat pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 9 dan Tabel 5

Tabel 5. Sudut penyebaran beban

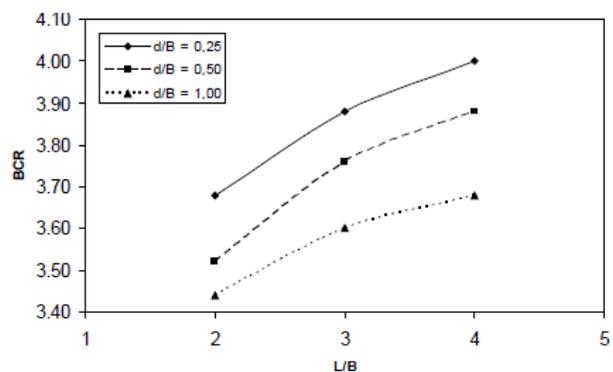
No.	Konfigurasi sampel	Qu (kPa)
1	L/B=2, d/B=0,25	77.32
2	L/B=2, d/B=0,50	62.11
3	L/B=2, d/B=1,00	32.41
4	L/B=3, d/B=0,25	78.28
5	L/B=3, d/B=0,50	64.05
6	L/B=3, d/B=1,00	35.38
7	L/B=4, d/B=0,25	78.79
8	L/B=4, d/B=0,50	65.24
9	L/B=4, d/B=1,00	37.47
10	L/B=3, d/B=0,25, s/B=0,25	67.00
11	L/B=3, d/B=0,25, s/B=0,50	57.34
12	L/B=3, d/B=0,25, s/B=0,75	41.94
13	L/B=3, d/B=0,25, s/B=1,00	16.42

5. Pembahasan

5.1 Pengaruh lebar kekuatan dengan qult

Dari uji pembebanan dengan variasi lebar kekuatan (L) dan kedalaman letak kekuatan (d) dapat dibuat hubungan antar parameter tersebut terhadap kenaikan daya dukung terhadap nilai daya dukung awal (*Bearing Capacity Ratio*, BCR) seperti terlihat pada Gambar 10

Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan bahwa sampel uji pada d/B=0,25 dengan variasi L/B berturut-turut 2, 3 dan 4 memberikan daya dukung masing-masing 46 kPa, 48,5 kPa dan 50 kPa. Kedalaman kekuatan 0,25B dan variasi lebar kekuatan yang semakin besar akan memberikan daya dukung yang semakin besar



Gambar 10. Pengaruh variasi lebar kekuatan terhadap Qult

5.2 Pengaruh kedalaman perkuatan terhadap qult

Berdasarkan Gambar 11 diperoleh bahwa pada sampel dengan lebar perkuatan 4B dan variasi kedalaman perkuatan 0,25B, 0,5B dan menghasilkan daya dukung masing-masing 50 kPa, 48,5 kPa dan 46,5 kPa. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat dikatakan bahwa semakin jauh jarak perkuatan dari dasar pondasi maka daya dukung yang dihasilkan akan semakin kecil. Penempatan perkuatan pada kedalaman > B pada tanah gambut sangat kecil manfaatnya, karena tegangan yang terjadi pada kedalaman ini kecil. Kecilnya tegangan yang berada pada kedalaman > B menyebabkan peran perkuatan tidak efektif karena tegangan yang harus ditanggungnya juga kecil. Pendapat ini sesuai dengan Binquet dan Lee (1975) yg merekomendasikan $z/B < 0,67$.

5.3 Pengaruh spasi antara perkuatan bambu dan geotekstil terhadap qult

Setelah dilakukan pengujian pembebanan pada model sampel yang diberi perkuatan dengan variasi kedalaman dan variasi lebar yang berbeda-beda, maka dapat dibuat grafik hubungan antara spasi antara geosintetik dengan grid bambu (Gambar 12), maka dapat ditentukan spasi optimum s/B yang mempunyai nilai BCR maksimum.

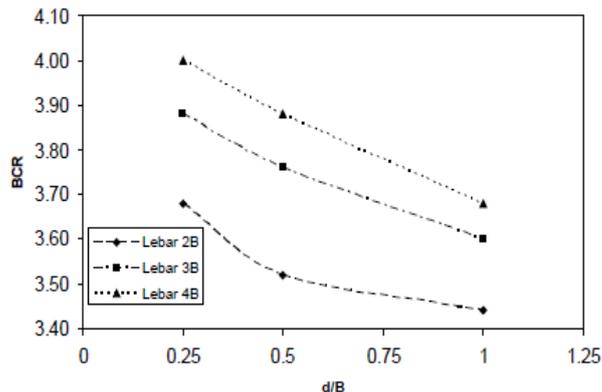
Sebagai pembanding digunakan sampel dengan L/B=3 dan d/B=0,25 (d/B= jarak dari dasar pondasi ke grid bambu) sedangkan s/B=0,25; 0,5; 0,75 dan 1,00. Pemilihan sampel tersebut sebagai pembanding karena pada L/B=3 dan d/B=0,25 memberikan nilai BCR yang optimal.

Dari hasil penelitian ini memberikan gambaran terdapat spasi optimum, dengan rasio s/B=0,5 didapat BCR=4,32. dari hasil tersebut maka jarak perkuatan lebih besar dari jarak optimal ini tidak akan memberikan efek pada daya dukung pondasi bahkan cenderung turun karena sangat memungkinkan bahwa bidang runtuh tidak mencapai lapisan perkuatan (Utomo, 2004).

5.4 Hubungan sudut penyebaran beban dengan qult

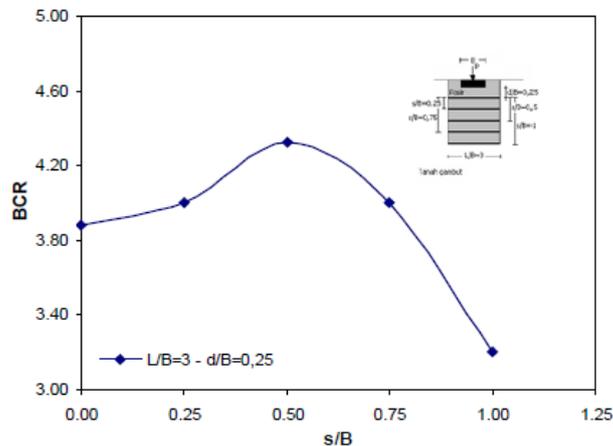
Berdasarkan teori Huang dan Menq's, diperoleh hasil sudut distribusi tegangan yang paling besar yaitu pada sampel L/B=4, d/B=0.25.

Berdasarkan hasil daya dukung tersebut dapat dikatakan bahwa pada kedalaman perkuatan 0,25B dan variasi lebar perkuatan yang semakin besar akan memberikan daya dukung yang semakin besar. (a) beban vs penurunan pada variasi L/B

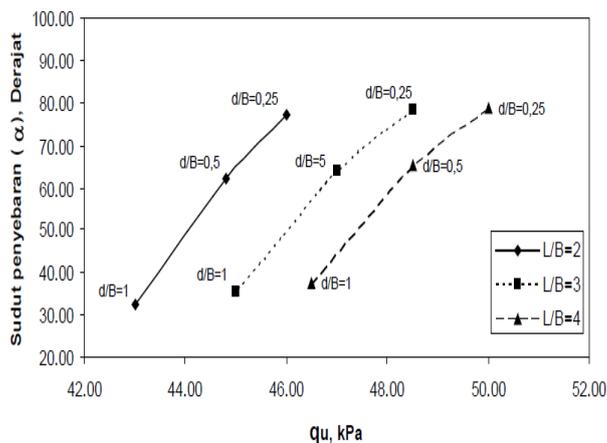


Gambar 11. Pengaruh variasi lebar perkuatan terhadap Qult

Intensitas tekanan vertikal sepanjang sebarang garis vertikal di bawah beban merata berkurang dengan bertambahnya kedalaman z di bawah permukaan.



Gambar 12. Pengaruh variasi spasi antar perkuatan terhadap daya dukung tanah



Gambar 13. Sudut penyebaran vs Qult

6. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan grid bambu dan geotekstil dapat meningkatkan daya dukung pondasi di atas tanah gambut yang ditinjau dari nilai daya dukung yang dihasilkan sehingga perkuatan grid bambu dan geotekstil dapat dijadikan salah satu alternatif bahan perkuatan tanah.
2. Secara umum penambahan lapisan perkuatan berupa geotekstil dan grid bambu memberikan kontribusi yang signifikan untuk meningkatkan daya dukung pondasi.
3. Berdasarkan penelitian ini, untuk perkuatan komposit grid bambu dan geotekstil yang membarikan daya dukung terbesar pada rasio L/B 4 dan d/B 0,25 menghasilkan rasio daya dukung (BCR) sebesar 4 serta sudut penyebaran tegangan (α) sebesar $78,79^\circ$
4. Nilai s/B optimal adalah 0,5 yakni memberikan kenaikan BCR sebesar 4,32.

Daftar Pustaka

- Absolon, L.T., 1993, *Maintained Loading Procedures and Methods of Interpreting Results from Compression Test on Piles* (from Book "Piling, European Practice and Worldwide trends), London: editor by M. J.Sand, Thomas Telford.
- ASTM D 2607, 1969, *Standard Classification of Peats, Mosses, Humus and Related Products*, Philadelphia, USA: Annual Book Of ASTM Standards sec. 4.
- ASTM D 4427-92, 1996, *Classification of Peat Samples by Laboratory Testing*, Annual Book of ASTM Standards Vol 04, American Society for Testing Materials sec. 4,
- Binquet, J. and Lee, K.L., 1975, Bearing Capacity Analysis of Reinforced Earth Slabs. *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol. 101, No. GT12, pp. 1257-1276
- Chen, Q, 1997, *An Experimental Study on Characteristics and Behavior of Reinforced Soil Foundation*. China: B.S., Nanjing Architecture and Civil Engineering Institute.
- Douglas, R.A., 1990, *Bamboo Inclusion in Soil Structure*: 294-300. In Rao, I.V.R., Gnanaharan, R. & Shastry, C.B., *Bamboos Current Research*, The Kerela Forest Research Institute - India, and IDRC Canada.
- Goeforce, 2000, *Aplikasi Geosintetik dalam Teknik Sipil*, Geoforce, Jakarta, Indonesia
- Huang, C.C., and Menq, F.Y, 1997, Deep-Footing and Wide-Slab Effects in Reinforced Sandy Ground *Journal of Geotechnical and Geo environmental Engineering, ASCE*, Vol. 123, No.1, pp. 30-36.
- ICI Fibres, 1982, *Geotextile of Geosynthetics*. Bangkok, Thailand.: *Proceedings Technical Sessions of the Third Asian ICI Fibres Geotextile Conference*.
- Khatib, A., 2005, Bearing Capacity of Soft Soil Using Bamboo-Geotextile Composite. *Journal Saintis*, Vol 8 No 2, pp. 61-69.
- Krisdianto, G, Ismanto, 2006, Sari Hasil Penelitian Bambu, <URL: <http://www.dephut.go.id/INFORMASI/litbang/telitibambu.htm>>
- Mac Farlane, IC., 1969, *Muskeg Engineering Handbook*. National Research Council of Canada.Toronto: University of Toronto Press
- Mac Farlane, I.C and Radforth, N.W., 1965, *A Study of The Physical Behavior of Peat Derivatives Under Compression*. Proc. of the Tenth Musked Research Conference, National Research of Canada, Technical Memorandum No. 85. pp. 417-464.
- Schlosser, F., Jacobsen, H.M. and Juran, I. Soil Reinforcement, General Rep., *8th European Conf. on SMFE*, Helsinki, pp. 83-103,1983
- Surjandari, N,S., 2008, Pengaruh Anyaman Bamboo Terhadap Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Dangkal pada Tanah Kohesif, Surakarta, Indonesia: *Media Teknik Sipil*, Universitas Sebelas Maret.
- Utomo, P., 2004, Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal di Atas Tanah Pasir yang diperkuat Geogrid, Surabaya, Indonesia: *Jurnal Dimensi Teknik Sipil*, Universitas Kristen Petra.