

INFRASTRUKTUR

KAJIAN PENGARUH JUMLAH DAN LEBAR PERKUATAN GEOTEKSTIL TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH GAMBUT

Study on the Influence of the Number and Width of the Geotextile Reinforcement to the Bearing Capacity of Peat Soil

Martini

Fathuddin Al-Anshori

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km 8 94118

Email : martini_geotech@yahoo.com

ABSTRACT

Peat soils have a high compressibility and low bearing capacity. These unfavorable characteristics can cause differential settlement and the construction failure, so that the appropriate improvement methods are required to solve the problems. Peat soil improvement methods that commonly used are mechanical and chemical improvement methods. In this research, the peat soil reinforced with geotextile was conducted in order to find the influence of the reinforcement in increasing the bearing capacity. Reinforcement was applied to the construction model with variation in the number of reinforcement which were $N=1$, $N=2$, $N=3$, and reinforcement width which were $2B$, $3B$ and $4B$ (B is foundation width in scale). The results show that the insertion of geotextile sheets in peat soil can increase the bearing capacity of the soil foundation. The increasing of the bearing capacity is proportional to the increasing of the number and width of the geotextile. Variation in reinforcement width is given more influence in increasing the ultimate bearing capacity (q_u) compare to variation in the number of reinforcement. Compare to the modeled construction without reinforcement, the maximum bearing capacity increase as much as 232.3 % and BCR as of 3.32 with reinforcement width of $4B$ and $N=3$.

Key words: peat, reinforcement, bearing capacity

ABSTRAK

Tanah gambut memiliki kompresibilitas tinggi serta daya dukung yang relatif rendah. Sifat teknik yang tidak menguntungkan ini dapat menyebabkan pemampatan yang tidak merata dan keruntuhan pada konstruksi, sehingga diperlukan metode perbaikan yang tepat untuk mengatasi hal tersebut. Metode perbaikan tanah gambut yang umum digunakan adalah perbaikan tanah secara mekanis dan kimia. Pada penelitian ini tanah gambut diberi perkuatan geotekstil dengan tujuan mengetahui pengaruhnya dalam meningkatkan daya dukung. Variasi perkuatan yang dimodelkan yaitu variasi jumlah $N=1$, $N=2$ dan $N=3$ serta variasi lebar $2B$, $3B$ dan $4B$, dengan B adalah lebar pondasi. Hasil pemodelan memperlihatkan bahwa penyisipan lembar geotekstil dalam massa tanah gambut dapat meningkatkan daya dukung tanah itu sendiri. Peningkatan ini sebanding dengan penambahan jumlah dan lebar geotekstil. Peningkatan daya dukung batas (q_u) lebih dipengaruhi oleh variasi lebar perkuatan jika dibandingkan terhadap variasi jumlah. Proses tase peningkatkan daya dukung maksimum diperoleh sebesar 232,3 % dan BCR sebesar 3,32 terhadap kondisi tanpa perkuatan pada pemodelan lebar $4B$ dan jumlah $N=3$.

Kata kunci: gambut, perkuatan, daya dukung

PENDAHULUAN

a). Latar belakang

Tanah gambut adalah salah satu jenis tanah yang memiliki sifat yang kurang baik, khususnya bila tanah tersebut digunakan sebagai tanah dasar pondasi atau sebagai material timbunan. Beberapa penelitian menyatakan bahwa tanah gambut memiliki tingkat kompresibilitas (*compressibility*) yang tinggi serta memiliki daya dukung (*bearing capacity*) yang relatif rendah. Jelistic dan Leppanen (1992, dalam Yulianto dan Harwadi, 2013) mengungkapkan bahwa berbagai penyelidikan terhadap daya dukung tanah gambut menunjukkan bahwa daya dukungnya bahkan lebih rendah dari *soft clay*. Selain itu, kadar air juga mempengaruhi daya dukung tanah itu sendiri. Vautrain (1976, dalam Yulianto dan Harwadi, 2013) menyatakan bahwa kemampuan tanah gambut yang tinggi untuk menyerap dan menyimpan air akan berpengaruh pada sifat teknik tanah gambut.

Yulianto dan Harwadi (2013) menyatakan bahwa apabila kemampuan untuk mendukung beban lebih rendah dari pada berat konstruksi yang harus dipikulnya maka akan terjadi kelongsoran (*bearing capacity failure*). Begitu juga dengan pemampatan yang tidak merata (*differential settlement*) akan menyebabkan terjadinya retak-retak struktur atau miringnya konstruksi yang ada. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu metode perbaikan yang tepat untuk tanah gambut.

Metode perbaikan tanah bertujuan meningkatkan daya dukung serta menurunkan sifat kompresibilitas tanah, dapat dilakukan dengan cara kimiawi dan mekanis. Secara kimia adalah dengan menambahkan bahan-bahan seperti kapur, semen dan bahan kimia lainnya. Sedangkan secara mekanis dengan cara menyisipkan lembaran/batang perkuatan dari bahan geosintetik. Pada penelitian ini permasalahan yang akan dikaji mengenai pengaruh lembar perkuatan terhadap nilai daya dukung tanah dengan menyisipkan lembar perkuatan pada lebar perkuatan 2B, 3B dan 4B serta jumlah perkuatan $N = 1$ lembar, 2 lembar dan 3 lembar, dengan B adalah lebar pondasi yang akan dimodelkan yaitu 10 cm.

b. Tinjauan Pustaka

1). Gambut

Adi dan Suhardjo (1976, dalam Muhaimin, 2009) menjelaskan bahwa gambut terbentuk dari bahan asal yang terdiri atas sisa tanaman yang telah mati dan dilingkupi oleh keadaan lingkungan yang selalu terendam air, karena pelapukan tidak berlangsung normal dan sempurna, akan

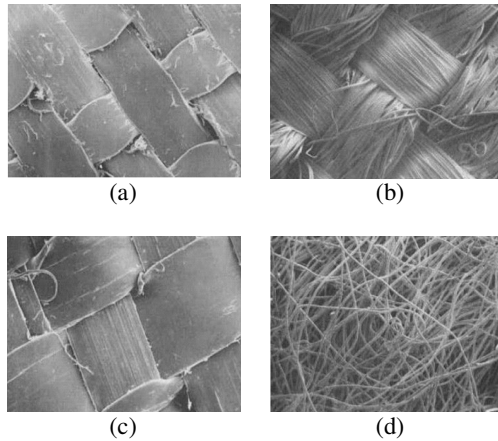
membentuk profil yang seluruhnya tersusun atas timbunan bahan organik. Meene (1982, dalam Yulianto dan Harwadi, 2013) menyatakan bahwa tanah gambut terbentuk sebagai hasil proses penumpukan sisa tumbuhan rawa seperti berbagai macam jenis rumput, paku-pakuan, bakau, pandan, pinang, serta tumbuhan rawa lainnya. Moore (1977, dalam Muhaimin, 2009), tanah gambut sebagai zat seratan (*fibrous*) berwarna coklat atau kehitaman yang dihasilkan dari pelapukan vegetasi dan ditemukan dalam rawa. London (1984, dalam Muhaimin, 2009), mengungkapkan bahwa daerah gambut pada umumnya berupa rawa-rawa, dimana pada bagian atas lahan gambut biasanya terdapat tanaman hidup sehingga bagian atas lahan gambut tersebut banyak mengandung akar-akar kecil tumbuhan.

Mankinen dkk. (1982, dalam Muhaimin, 2009), tanah organik disebut tanah gambut apabila kandungan unsur organiknya $\geq 50\%$. Sedangkan menurut Landva dkk. (1982, dalam Muhaimin, 2009), menyatakan bahwa kandungan organik tanah gambut adalah $\geq 75\%$. Berdasarkan kandungan abu pada tanah gambut, Farnham (1957, dalam Pihlainen, 1963) menyatakan bahwa kadar abu dari tanah gambut adalah 4.5% (*moss peat*) - 66.6% (*amorphous peat*). Mickleborough (1961, dalam Pihlainen, 1963), menyatakan bahwa berat isi basah tanah gambut $0.96 \text{ gr/cm}^3 - 1.28 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan berat isi keringnya $0.04 \text{ gr/cm}^3 - 0.34 \text{ gr/cm}^3$. Begitu juga menurut Kazemian dkk (2009, dalam Huat dkk. 2011), menyatakan bahwa berat isi gambut dipengaruhi oleh kadar air tanah gambut itu sendiri, yaitu 10 – 13 kN/m³.

Menurut klasifikasi Unified dalam Das (1988), bahwa tanah dengan batas cair $LL < 50$ dikategorikan tanah plastisitas rendah, sedangkan $LL > 50$ dikelompokkan sebagai tanah dengan plastisitas tinggi.

2). Geotekstil

Macam-macam geosintetik yang telah banyak digunakan dalam rekayasa geoteknik, adalah geotekstil, geomembran, geogrid, geokomposit, geonet, *geosynthetic clay liner*, dan lain-lain. Salah satu bahan geosintetik yang banyak digunakan adalah geotekstil. Geotekstil merupakan material lolos air atau material tekstil buatan pabrik yang dibuat dari bahan-bahan sintesis, seperti : *polypropylene*, *polyester*, *polyethylene*, *nylon*, *polyvinylchloride* dan campuran dari bahan-bahan tersebut. Seluruh material ini adalah *thermoplastic*.

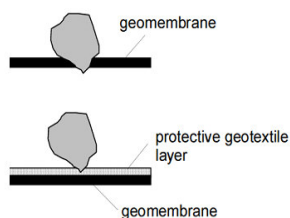


Gambar 1. Jenis Serat atau Benang Geotekstil (a) woven monofilament; (b) woven multifilament; (c) woven slit-film; (d) non woven needle-punched

(Sumber : Direktorat Bina Teknik, 2009)

Direktorat Bina Teknik (2009) menerangkan geosintetik dalam 6 (enam) fungsi sebagai berikut:

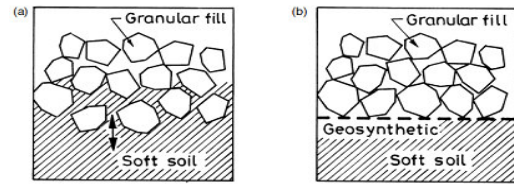
- 1). Proteksi: bahan geosintetik digunakan sebagai lapisan yang memperkecil tegangan lokal untuk mencegah atau mengurangi kerusakan pada permukaan atau lapisan tersebut. Sebagai contoh, tikar geotekstil (*mat*) digunakan untuk mencegah erosi tanah akibat hujan dan aliran air.



Gambar 2. Geosintetik Sebagai Proteksi
(Sumber : Direktorat Bina Teknik, 2009)

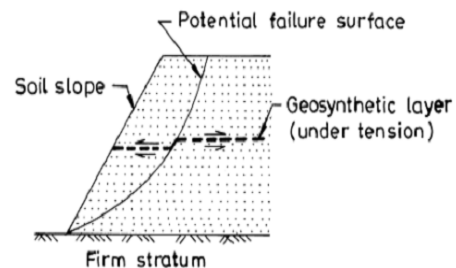
- 2). *Separator*: geosintetik digunakan di antara dua material tanah yang tidak sejenis untuk mencegah terjadi pencampuran material. Sebagai contoh, bahan ini digunakan untuk mencegah bercampurnya lapis pondasi jalan dengan tanah dasar yang lunak.

- 3). Filter: bahan geosintetik digunakan untuk mengalirkan air ke dalam sistem drainase dan mencegah terjadinya migrasi partikel tanah melalui filter. Contoh penggunaan geosintetik sebagai filter adalah pada sistem drainase *porous*.

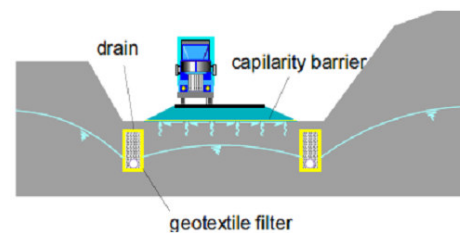


Gambar 3. Geosintetik Sebagai *Separator* pada Pondasi Jalan (a) Tanpa Geosintetik; (b) Menggunakan Geosintetik

(Sumber : Direktorat Bina Teknik, 2009)

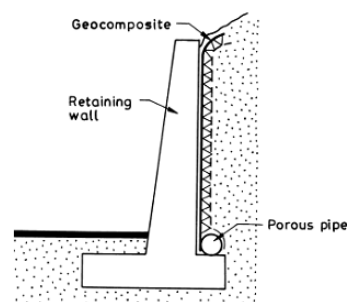


Gambar 4. Geosintetik Sebagai Perkuatan
(Sumber : Direktorat Bina Teknik, 2009)



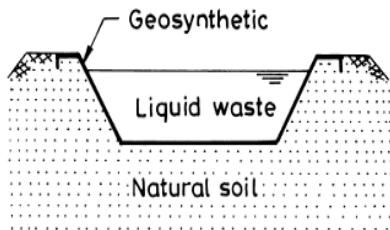
Gambar 5. Geosintetik Sebagai Filter
(Sumber : Direktorat Bina Teknik, 2009)

- 4). Drainase: bahan geosintetik digunakan untuk mengalirkan air dari dalam tanah. Bahan ini contohnya digunakan sebagai drainase di belakang abutmen atau dinding penahan tanah.



Gambar 6. Geosintetik Sebagai Drainase
(Sumber : Direktorat Bina Teknik, 2009)

5). Penghalang: bahan geosintetik digunakan untuk mencegah perpindahan zat cair atau gas. Sebagai contoh, geomembran pada kolam penampung limbah berfungsi untuk mencegah pencemaran limbah cair pada tanah.



Gambar 7. Geosintetik Sebagai Penghalang
(Sumber : Direktorat Bina Teknik, 2009)

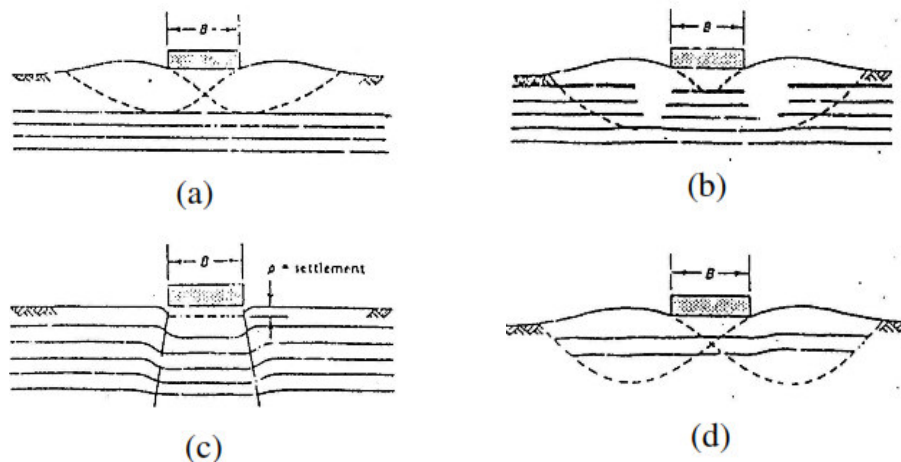
3). Daya Dukung Tanah Dengan Perkuatan

Menurut Mitchell dan Villet (1987, dalam Zaika dan Kombino, 2010), dalam suatu perkuatan

tanah kombinasi antara material tanah dan perkuatan harus sedemikian rupa sehingga interaksi antara keduanya menghasilkan material komposit yang perilakunya jauh lebih baik.

Tanah yang umumnya memiliki kekuatan tekan yang baik dan kemampuan tarik yang sangat lemah dapat diperbaiki perilakunya dengan menambahkan perkuatan yang memiliki kekuatan tarik. Kerjasama kedua material ini dapat menghasilkan material koheren dan memperbaiki perilaku teknis tanah asli. Perbaikan perilaku teknis tanah asli ini terjadi karena adanya transfer beban antara perkuatan dan tanah.

Koerner (1990), menjelaskan bahwa umumnya kerusakan geosintesis, 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 seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Tipe Keruntuhan Tanah Pada Pondasi Dangkal dengan Perkuatan

- Keruntuhan daya dukung di atas lapisan perkuatan geogrid
- Keruntuhan tekan atau patah pada lapisan perkuatan geogrid
- Keruntuhan rangkak atau creep pada lapisan perkuatan geogrid
- Keruntuhan tarik pada lapisan perkuatan geogrid

Sumber: Koerner, 1990 dalam Munawir dkk., 2009

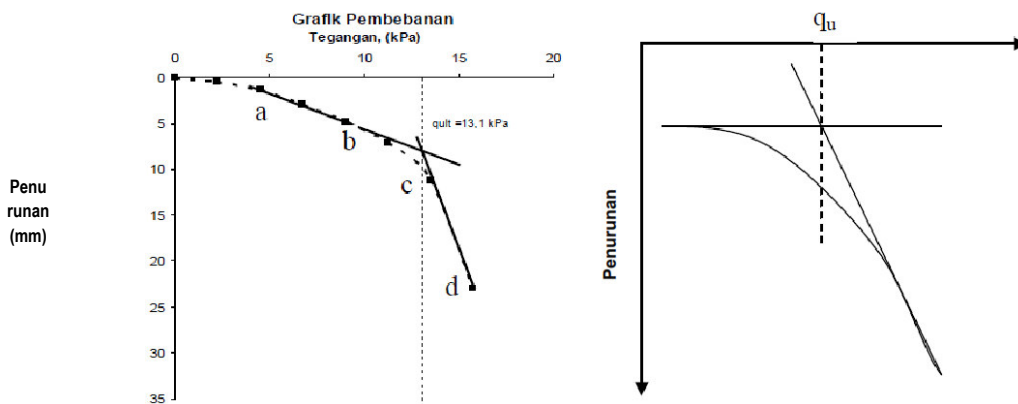
4. Interpretasi Daya Dukung *Ultimit* dari Pengujian Pembebanan

Nugroho (2011) menyatakan bahwa penentuan daya dukung *ultimit* merupakan keharusan dalam menganalisa data pembebanan. Pengujian pembebanan memberikan hasil berupa grafik hubungan q_{ult} vs penurunan. Dari grafik tersebut

kemudian dilakukan interpretasi untuk mendapatkan nilai daya dukung aksial pondasi yang diuji. Munawir dkk. (2009) menuliskan bahwa nilai daya dukung batas diperoleh dengan pendekatan *Tangent Intersection Method*. Pendekatan tersebut dilakukan dengan menarik dua buah garis singgung (*linear line*) pada kurva hubungan daya dukung dan

penurunan yaitu di awal dan akhir data sampai bertemu di satu titik kemudian ditentukan nilainya. Untuk menentukan nilai titik pertemuan atau yang

disebut sebagai daya dukung batas adalah dengan mensubstitusikan kedua persamaan garis singgung tersebut.



Gambar 9. Metode Penentuan q_{ult} dari data penelitian
Sumber: Absolon, 1993 dalam Nugroho, 2011

METODE PENELITIAN

a). Lokasi dan Metode Pengambilan Sampel

Sampel tanah gambut berasal dari Desa Lembasada, Kecamatan Banawa Selatan, Kabupaten Donggala, tepatnya pada titik kilometer 57 dari kota Palu. Sampel tanah diambil berkisar pada kedalaman kira-kira 0,5-1,0m, hal ini dikarenakan tanah gambut yang berada pada 0-0,5m merupakan lapisan berupa batang-batang serta daun-daun kayu yang belum lapuk secara sempurna atau sering disebut lapisan *top soil*.

b). Bahan Perkuatan yang Digunakan

Bahan perkuatan geosintetik yang digunakan adalah jenis geotekstil teranyam (*woven geotextile UW-150*).

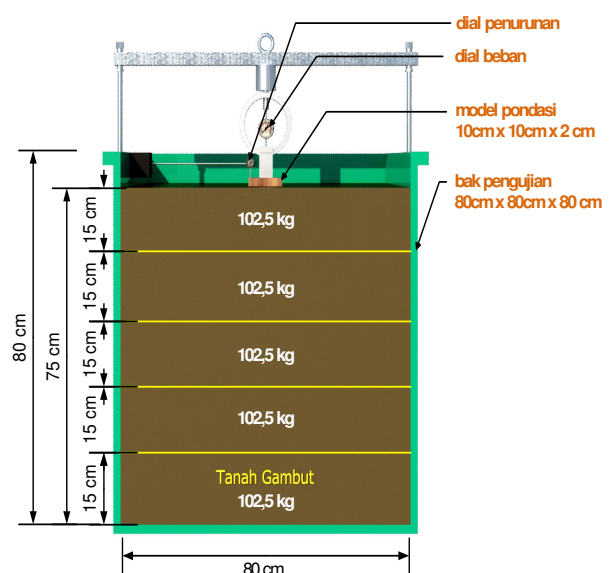
c). Pengujian Sifat Fisik Tanah Gambut

Pengujian sifat fisik tanah gambut meliputi : Pengujian Kadar Air, Berat Isi, Berat jenis, G_s , dan pengujian plastisitas tanah, yaitu batas cair, LL, batas plastis, PL dan indeks plastisitas, IP dan kadar organik. Nilai berat isi basah digunakan sebagai kondisi kepadatan tanah pada pemodelan daya dukung.

d). Pengujian Pemodelan Daya Dukung pada Tanah Gambut

Pengujian daya dukung pada tanah dilakukan dalam bak uji berukuran 80cm x 80cm x 80cm dengan model pondasi telapak berbahan kayubentuk bujursangkar ukuran 10cm x 10cm x 2cm. Menurut Pfeifle dan Das (1979, dalam Sitanggang, 2005),

kedalaman tanah pasir yang disusun pada setiap uji pembebanan adalah tidak kurang dari 2 (dua) kali lebar pondasi, hal ini dilakukan untuk menghindari distorsi daya dukung tanah pasir akibat berperannya dinding lapisan bawah dari kolam pasir. Yetimoglu dkk. (1994, dalam Sitanggang, 2005), dalam penelitiannya menyatakan bahwa lebar kolam pasir adalah 6B (lebar pondasi)



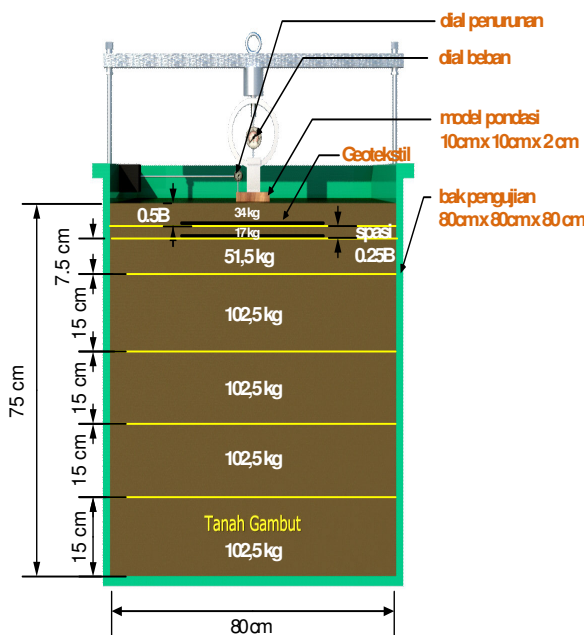
Gambar 11. Setting Pengujian Daya Dukung Tanpa Perkuatan

e). Prosedur Pengujian

Pengujian dibagi menjadi tiga 2 tahap yaitu

pengujian pendahuluan dan pengujian utama. Uji pendahuluan meliputi pengujian sifat fisik dan sifat mekanik, tujuannya untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah gambut. Selanjutnya dilakukan setup pengujian utama yaitu pengujian pembebanan pada model.

- Pengujian sifat fisik pada tanah gambut meliputi pengujian kadar air, pengujian berat isi, pengujian berat jenis, pengujian batas-batas Atterberg, pengujian kadar organik.
- Pengujian daya dukung pada tanah gambut dilakukan pada variasi jumlah $N=1$, $N=2$, $N=3$ dan variasi lebar $2B$, $3B$, $4B$ pada kedalaman $0,5B$ dan spasi $0,25B$ dimana B adalah lebar pondasi.



Gambar 12. Setting Pengujian Daya Dukung Pada 1 Lembar Perkuatan

Tabel 2. Matriks pengujian pemodelan daya dukung

No	Variasi	Lebar	Jumlah Lembar
1	A (tanpa perkuatan)	-	-
2	B	2B	1
3	C	2B	2
4	D	2B	3
5	E	3B	1
6	F	3B	2
7	G	3B	3
8	H	4B	1
9	I	4B	2
10	J	4B	3

HASIL DAN PEMBAHASAN

a). Karakteristik Tanah Gambut Lembasada

Tanah gambut desa Lembasada berada pada daerah pantai. Secara visual di lapangan, tanah gambut desa Lembasada berwarna coklat kemerahan dan mengalami pembusukan sedang dengan kandungan serat serta sisa akar tumbuhan yang belum terdekomposisi secara sempurna. Struktur dari sisa-sisa tumbuhan sedikit sukar untuk dikenali.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Gambut

Parameter sifat-sifat fisik	Satuan	Hasil
Kadar air (w)	%	179.09
Berat Jenis Tanah (G_s)	-	1.78
Berat isi basah (γ_w)	gr/cm ³	1.07
Berat isi kering (γ_d)	gr/cm ³	0.383
Batas cair (LL)	%	33.37
Batas plastis (PL)	%	-
Indeks Plastisitas (PI)	%	33.37
Kadar Abu	%	63.49
Kadar Organik	%	36.50

b). Hasil Pemodelan Daya Dukung

Secara umum hasil uji daya dukung menunjukkan bahwa pemberian atau penyisipan lembar perkuatan geotekstil pada tanah gambut mempengaruhi daya dukung pada tanah gambut. Hal ini dapat dilihat dari nilai daya dukung yang semakin meningkat dengan bertambahnya lebar dan jumlah geotekstil pada setiap variasi pembebanan.

Nilai daya dukung batas (q_u) tanpa perkuatan diperoleh (q_u) sebesar 3,1 kN/m² pada penurunan ultimate 5,5mm. Secara keseluruhan hasil pengujian daya dukung menggunakan perkuatan untuk variasi lebar $2B$, $3B$ dan $4B$ menunjukkan adanya peningkatan daya dukung tanah.

Peningkatan daya dukung tersebut berbanding lurus dengan penurunan yang terjadi pada kondisi pemodelan dengan variasi lebar dengan jumlah perkuatan konstan. Penambahan lebar perkuatan pada jumlah yang sama dapat meningkatkan daya dukung, namun penurunan yang terjadi juga cenderung semakin besar.

Peningkatan daya dukung yang signifikan terjadi pada penggunaan geotekstil dari lebar $2B$ ke $3B$ jika dibandingkan dengan lebar $3B$ ke $4B$. Peningkatan yang tidak signifikan pada penggunaan geotekstil pada rasio $3B$ ke $4B$ kemungkinan lebih disebabkan karena bahan geotekstil yang digunakan dalam menahan beban atau tegangan pada struktur tanah sudah tidak memberikan pengaruh yang berarti lagi.

Tabel 4. Hasil Uji Daya Dukung Variasi Lebar Perkuatan

Variasi	Sampel	Daya Dukung (q_u) (kN/m ²)	Penurunan (mm)	Persentase Kenaikan Daya Dukung (%)
Variasi Jumlah Perkuatan	Lebar 2B, Jumlah N=1	3.7	3.0	19.4
	Lebar 3B, Jumlah N=1	7.9	6.0	154.8
	Lebar 4B, Jumlah N=1	8.4	6.4	171.0
	Lebar 2B, Jumlah N=2	6.4	2.4	106.5
	Lebar 3B, Jumlah N=2	9.2	8.4	196.8
	Lebar 4B, Jumlah N=2	9.5	5.2	206.5
	Lebar 2B, Jumlah N=3	9.0	2.8	190.3
	Lebar 3B, Jumlah N=3	9.8	4.8	216.1
	Lebar 4B, Jumlah N=3	10.3	5.2	232.3

Hal ini berkaitan dengan sifat bahan geotekstil itu sendiri, yaitu kekuatan/kuat tarik geotekstil dan kekakuan (massa per satuan luas). Sehingga untuk memperoleh peningkatan yang signifikan pada variasi lebar sebaiknya menggunakan geotekstil dengan spesifikasi bahan yang lebih tinggi.

Untuk variasi jumlah perkuatan hasil pengujian daya dukung menggunakan perkuatan untuk variasi jumlah N=1, 2 dan 3 lembar geotekstil menunjukkan adanya peningkatan daya dukung tanah.

Tabel 5. Hasil Uji Daya Dukung Variasi Jumlah Perkuatan

Variasi	Sampel	Daya Dukung (q_u) (kN/m ²)	Penurunan (mm)	Persentase Kenaikan Daya Dukung (%)
Variasi Jumlah Perkuatan	Jumlah N=1, Lebar 2B	3.7	3.0	19.4
	Jumlah N=2, Lebar 2B	6.4	2.4	106.5
	Jumlah N=3, Lebar 2B	9.0	2.8	190.3
	Jumlah N=1, Lebar 3B	7.9	6.0	154.8
	Jumlah N=2, Lebar 3B	9.2	8.4	196.8
	Jumlah N=3, Lebar 3B	9.8	4.8	216.1
	Jumlah N=1, Lebar 4B	8.4	6.4	171.0
	Jumlah N=2, Lebar 4B	9.5	5.2	206.5
	Jumlah N=3, Lebar 4B	10.3	5.2	232.3

Peningkatan daya dukung tersebut berbanding terbalik dengan penurunan yang terjadi pada kondisi pemodelan dengan variasi jumlah dengan lebar perkuatan konstan. Penambahan jumlah perkuatan pada dimensi yang sama dapat meningkatkan daya dukung, serta penurunan yang terjadi cenderung semakin kecil.

Peningkatan daya dukung tidak signifikan dengan dilakukannya penambahan jumlah perkuatan yang digunakan pada lebar geotekstil yang sama. Hal ini kemungkinan disebabkan karena penambahan jumlah geotekstil telah berada di bawah bidang runtuh, sehingga fungsi geotekstil menjadi kurang maksimal.

Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dihasilkan oleh Nugroho dan Rachman (2009), hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan perkuatan geotekstil dapat meningkatkan daya dukung tanah hingga 3 kali dibandingkan dengan tanah tanpa perkuatan. Peningkatan ini sebanding dengan penambahan dimensi perkuatan geotekstil dan berkurang seiring dengan penambahan kedalaman lapisan perkuatan geotekstil. Pada penelitian diperoleh nilai daya dukung batas (q_u) maksimal yaitu sebesar 43,10 kPa atau dengan persentase kenaikan daya dukung tanah sebesar 326,52%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengujian daya dukung menunjukan bahwa nilai daya dukung batas (q_u) mengalami peningkatan seiring dengan pertambahan lebar dan jumlah geotekstil. Rasio perkuatan 3B ke 4B peningkatan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Peningkatan daya dukung batas (q_u) lebih dipengaruhi oleh variasi lebar perkuatan dibandingkan terhadap variasi jumlah. Penurunan yang terjadi semakin besar seiring dengan penambahan lebar perkuatan tetapi semakin kecil jika jumlah perkuatan bertambah. Kenaikan daya dukung mencapai 232,3% terhadap kondisi daya dukung tanpa perkuatan dengan lebar 4B dan jumlah (N)=3.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ani, H., Erwin Oh, Chai, G., (2013), *Engineering Properties of Peat in Estuarine Environment*, Foundation and Soft Ground Engineering Conference Thu Dau Mot University, Binh Duong, 5 –6 Juni. (http://www.researchgate.net/profile/Haider_Al-Ani/publication/259186668_Engineering_properties_of_peat_in_estuarine_environment/file/9c96052a3e905bda56.pdf). (Diakses 05 Maret 2014).
- American Society for Testing Materials., (2002), *Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing*. ASTM Designation : D 4427-92.
- Chikyala, S. R., (2008), *Effects of Calcium-Based Treatment on Organic Soil Behavior*, The University Of Texas at Arlington.
- Craig, R. F., (1986), *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Terjemahan Oleh Budi Susilo Soepandji 1989, Penerbit Erlangga, Jakarta.

- Das, B. M., (1999), *Shallow Foundations : Bearing Capacity and Settlement*, CRC Press U.S.A.
- Das, B. M., (2007), *Principles of Foundation Engineering (Sixth Edition)*, Thomson Canada Limited, Kanada.
- Direktorat Bina Teknik., (2009), *Modul Pelatihan Geosintetik Volume 1 (Klasifikasi dan Fungsi Geosintetik)*, Kementrian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., (1996), *Teknik Fondasi 1*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., (2008), *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya (Aplikasi dan Perancangan) Edisi Pertama*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Huat, B. B. K., Kazemian, S., Prasad, A., Barghchi, M., (2011), *State of an art review of peat: General perspective*, International Journal of the Physical Sciences Vol. 6(8), pp. 1988-1996
(http://academicjournals.org/article/article1380729210_Huat%20et%20al.pdf). (Diakses 01 Maret 2014).
- Kalantari, B., (2013), *Civil Engineering Significant of Peat*, Global Journals, Volume 13 Issue 2 Version 1.0. U.S.A.
- Muhaimin, M. I., (2009), *Analisis Perubahan Kadar Air dan Kuat Geser Tanah Gambut Lalombi Akibat Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan*, Universitas Tadulako, Palu.
- Pihlainen, J. A., (1963), *A Review of Muskeg and its Associated Engineering Problems*, U.S. Army Materiel Command Cold Regions Research And Engineering Laboratory, New Hampshire
(<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/434077.pdf>). (Diakses 01 Maret 2014).
- Yulianto, F. E. dan Harwadi, F., (2013), *Menentukan Metode Perbaikan untuk Tanah Gambut*, (<http://ft.unira.ac.id/wp-content/uploads/2012/07/met.perbaikan-gambut.pdf>). (Diakses 09 September 2013).