

# INFRASTRUKTUR

## KAJIAN DAYA DUKUNG TANAH GAMBUT DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL DAN PERUBAHAN MUKA AIR TANAH

### Analysis of Soil Bearing Capacity of Peat Soil Reinforced With Geotextile and the Change of Water Level

**Martini**

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

Email : [martini\\_geotech@yahoo.com](mailto:martini_geotech@yahoo.com)

---

#### **Abstract**

*Peat soils have a high compressibility and low bearing capacity. This unfavourable characteristic might cause differential settlement and failure of the construction, so that the appropriate improvement method is required to overcome this problem. Peat soil improvement method that commonly used is mechanically and chemically soil improvement method. In this research, the peat soil reinforced with geotextile was conducted in order to find its influence in increasing the bearing capacity. Also, peat land are generally located in the area with shallow water level. In this research shallow foundation reinforced with geotextile with variations ground water level was conducted to determine its effect in improving the bearing capacity. The variation of layer number of reinforcement ( $N$ ) used was  $N = 3$ , with width  $2B$  reinforcement, where the variations of ground water level are  $z = 0$  cm,  $z = 5$  cm and  $z = 10$  cm where  $B$  is foundation width and  $z$  are the distance of the ground water level from base of the foundation. Result of modeling in the laboratory shows that the insertion of geotextile material in the peat soil can increase its soil bearing capacity. The increasing of ultimate bearing capacity ( $q_u$ ) tends to be higher for reinforced soil with no ground water level compared to soil with ground water level. The closer ground water level to foundation base the smaller the bearing capacity either with or without reinforcement. The highest value of bearing capacity was obtained in reinforced peat soil with no water level that is  $8,6$  kN/m<sup>2</sup> or the it increase as much of  $178,1\%$  compared to unreinforced peat soil with no water level. Bearing capacity ratio (BCR) has also increase as of as  $2,78$  in with the reinforcement without water level compared to condition without reinforcement and without water level.*

*Key word: peat, geotextile, 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. Dan biasanya lahan gambut berada pada daerah dengan muka air yang dangkal. Metode perbaikan tanah gambut yang umum digunakan adalah perbaikan tanah secara mekanis dan kimia. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan pondasi dangkal yang diperkuat geotekstil dengan melakukan variasi muka air tanah, untuk mengetahui pengaruhnya dalam meningkatkan daya dukung. Perkuatan yang digunakan yaitu jumlah  $N = 3$ , dengan lebar perkuatan  $2B$ , serta variasi muka air tanah  $z = 0$  cm, muka air tanah  $z = 5$  cm, dan muka air tanah  $z = 10$  cm dimana  $B$  lebar pondasi dan  $z$  adalah jarak muka air tanah dari dasar pondasi. Hasil pemodelan di laboratorium diketahui bahwa penyisipan material geotekstil dalam massa tanah gambut dapat meningkatkan daya dukung tanah. Peningkatan daya dukung batas ( $q_u$ ) cenderung lebih tinggi dengan perkuatan dalam kondisi tanpa muka air tanah dibandingkan dengan adanya muka air. Apabila muka air tanah semakin dekat dengan dasar pondasi maka nilai daya dukung semakin kecil baik dengan ataupun tanpa perkuatan. Daya dukung terbesar yang diperoleh pada saat tanah gambut diberi perkuatan dan dalam kondisi tanpa muka air, dengan nilai sebesar  $8,6$  kN/m<sup>2</sup> atau kenaikannya sebesar  $178,1\%$  terhadap tanpa perkuatan kondisi tanpa muka air. Demikian juga dengan rasio daya dukung (BCR) meningkat yaitu  $2,78$  dengan pemberian perkuatan dalam kondisi tanpa muka air terhadap tanpa perkuatan kondisi tanpa muka air.

Kata Kunci : gambut, geotekstile, daya dukung

**PENDAHULUAN**

**a. Latar Belakang**

Daya dukung tanah berbeda-beda, tergantung pada jenis tanah, mulai dari tanah berbutir kasar yakni kerikil dan pasir, dan tanah berbutir halus seperti lempung, lanau, serta tanah gambut. Diantara tanah-tanah tersebut, gambut merupakan tanah yang memiliki daya dukung tanah yang kurang baik dari semua jenis tanah.

Terzaghi & Peck (1967), gambut (peat) adalah agregat agak berserat yang berasal dari serpihan makroskopik dan mikroskopik tumbuh-tumbuhan. Warnanya bervariasi antara coklat terang dan hitam. Gambut juga kompresibel, sehingga hampir selalu tak mungkin menopang pondasi. Tanah gambut umumnya berada pada daerah yang berhubungan dengan air, misalnya daerah pantai. Kadar air tanah gambut sangat tinggi, hal ini disebabkan karena letaknya berdekatan dengan wilayah perairan (pantai). Maka dari itu perlu adanya upaya-upaya dalam meningkatkan daya dukung pada tanah gambut.

Karena letak tanah gambut di wilayah yang berair, maka tanah gambut di lapangan akan sering mengalami perubahan muka air. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap karakteristik tanah tersebut. Antara lain kadar air, pemampatannya, kuat geser dan daya dukungnya.

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana mengoptimalkan tanah gambut dengan memberikan perkuatan geosintetik jenis geotekstil tipe woven UW-150 dengan melakukan peninjauan variasi perubahan tinggi muka. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah ; untuk mengetahui nilai daya dukung tanah gambut dengan kondisi tanpa muka air tanah dan ada muka air tanah dengan 3 (tiga) level tinggi muka air dan memperoleh hubungan antara daya dukung tanah yang diberi perkuatan geotekstil dengan variasi tanpa muka air tanah dengan variasi muka air tanah  $z = 0$  cm, muka air tanah  $z = 5$  cm, dan muka air tanah  $z = 10$  cm dari dasar pondasi.

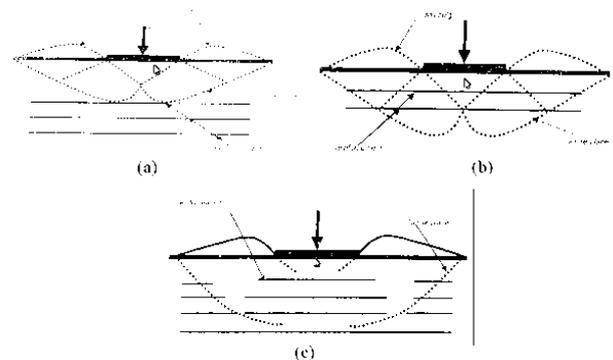
**b. Tinjauan Pustaka**

**1) Daya dukung tanah dengan perkuatan**

Menurut Koerner (1990), model keruntuhan daya dukung pada tanah yang diperkuat geotekstil yang terjadi di atas lapis perkuatan dapat dilihat pada gambar 1a. Pada gambar 1a tampak bahwa penempatan geotekstil tidak berpengaruh terhadap pola keruntuhan tanah di bawah pondasi, hal ini dapat terjadi jika pemasangan geotekstil tidak berada pada zona keruntuhan di bawah pondasi.

Demikian juga dengan pola keruntuhan yang

terjadi pada gambar 1b, bahwa penempatan geotekstil sudah tepat berada pada bidang runtuh, akan tetapi karena panjang penjangkaran geotekstil tidak mencakup bidang runtuh yang terjadi di bagian samping pondasi, sehingga fungsi geotekstil menjadi kurang maksimal, hal ini dapat dihindari dengan menambah ukuran geotekstil hingga diperkirakan akan memotong bidang runtuh di semua bagian, hal ini dilakukan untuk memobilisasi gaya tahanan ankur (*resisting anchorage force*), Koerner (1990). Sedangkan keruntuhan yang terjadi pada gambar 1c, menggambarkan keadaan dimana geotekstil dapat menahan keruntuhan baik bidang yang ada di bagian bawah pondasi maupun yang ada disamping pondasi, sehingga terjadi keruntuhan dengan putusannya perkuatan (*tie break failure*), Koerner (1990).



**Gambar 1.** Keruntuhan daya dukung yang terjadi pada tanah dengan perkuatan; (a) Keruntuhan daya dukung terjadi di atas lapis perkuatan; (b) Keruntuhan pullout akibat deformasi; (c) Keruntuhan akibat putusannya perkuatan

Sumber: Koerner (1990)

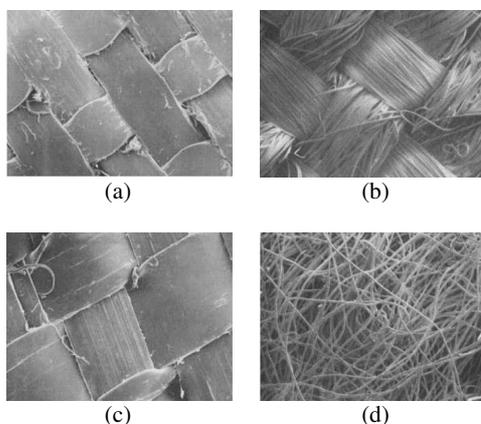
**2) Geotekstil**

ASTM D4439 (Direktorat Bina Teknik, 2009), menjelaskan bahwa geosintetik merupakan suatu produk berbentuk lembaran yang terbuat dari bahan polimer lentur yang digunakan dengan tanah, batuan, atau material geoteknik lainnya sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari suatu pekerjaan, struktur atau sistem. Salah satu bahan geosintetik yang banyak digunakan adalah geotekstil.

Geotekstil telah digunakan untuk berbagai macam keperluan sesuai dengan fungsinya. Geotekstil dapat digunakan untuk bantalan atau pelindung bagi material lain, seperti geomembran. Fluet (1988, dalam Hardiyatmo, 2008) menyatakan bahwa perlindungan oleh geotekstil sebagai bantalan dapat terlihat nyata, dan derajat perlindungannya dapat bervariasi yang bergantung

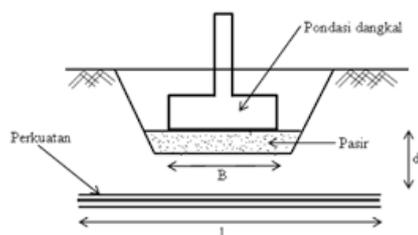
pada tebal, kemudahampatan, dan kekuatan geotekstil.

**Gambar 2** memperlihatkan bahan penyusun geotekstil yang teranyam dan tidak teranyam.



**Gambar 2.** 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)

**Gambar 3** memperlihatkan model pondasi dangkal yang menggunakan perkuatan lembaran geotekstil di bawah pondasi.



**Gambar 3.** Pondasi dangkal dengan perkuatan geotekstil

### 3) Tanah Gambut

Adi dan Suhardjo (1976, dalam Muhaimin, 2009) menyatakan bahwa gambut terbentuk dari bahan yang terdiri atas sisa tanaman yang telah mati dan dilingkupi oleh keadaan lingkungan yang selalu terendam air, pelapukan tidak berlangsung normal dan sempurna, dengan demikian akan membentuk profil yang seluruhnya tersusun atas timbunan bahan organik dengan jeluk (*depth*) bervariasi. Adhi dan Suhardjo (1976, dalam Muhaimin, 2009) mengemukakan bahwa ciri-ciri tanah gambut yaitu mudah dihancurkan apabila dalam keadaan kering. Bahan organik yang terdekomposisi sebagian bersifat koloidal dan mempunyai kohesi rendah, tanah gambut memiliki sifat penurunan yang permukaan tanah yang besar setelah dilakukan drainase, memiliki daya hantar hidrolik horizontal yang sangat besar dan vertikal sangat kecil, tanah gambut juga memiliki daya

tahan rendah sehingga tanaman yang tumbuh mudah tumbang/robah serta memiliki sifat mengering tak balik yang menurunkan daya retensi air dan membuat peka erosi.

Klasifikasi tanah gambut adalah sebagai berikut:

- 1) Hardiyatmo (2002) mengklasifikasikan tanah gambut berdasarkan berat jenis, yaitu :

**Tabel 1.** Klasifikasi tanah gambut berdasarkan berat jenis

| Kategori          | Berat jenis ( $G_s$ ) |
|-------------------|-----------------------|
| Kerikil           | 2,65 – 2,68           |
| Pasir             | 2,65 – 2,68           |
| Lanau Anorganik   | 2,62 – 2,68           |
| Lempung Organik   | 2,58 – 2,65           |
| Lempung Anorganik | 2,68 – 2,75           |
| Humus             | 1,37                  |
| Gambut            | 1,25 – 1,80           |

Sumber: Hardiyatmo, 2002

- 2) Farnham (1957, dalam Pihlainen, 1963), menggolongkan tanah gambut berdasarkan berat isi:

**Tabel 2** Klasifikasi tanah gambut berdasarkan berat isi asli

| Kategori               | Berat isi asli ( $g/cm^3$ ) |
|------------------------|-----------------------------|
| <i>Moss peat</i>       | 0,4                         |
| <i>Woody peat</i>      | 0,6                         |
| <i>Herbaceous peat</i> | 0,7                         |
| <i>Aquatic peat</i>    | 0,9                         |
| <i>Aggregate peat</i>  | 1,1                         |
| <i>Amorphous peat</i>  | 2,2                         |

Sumber: Farnham (1957, dalam Pihlainen, 1963)

- 3) Jarret (1995, dalam Kalantari, 2013), menggolongkan kadar organik tanah gambut, dalam 3 kategori, yaitu:

**Tabel 2** Klasifikasi tanah gambut berdasarkan kadar organik

| Kategori                    | Kadar organik (%) |
|-----------------------------|-------------------|
| <i>Clay or silt or sand</i> | 3 – 20            |
| <i>Organic soil</i>         | 20 – 75           |
| <i>Peat</i>                 | > 75              |

Sumber: Jarret (1995, dalam Kalantari, 2013)

- 4) ASTM D4427-92 (2002) mengklasifikasikan tanah gambut berdasarkan kandungan abunya, yaitu:

**Tabel 4** Klasifikasi tanah gambut berdasarkan kadar abu

| Kategori   | Kadar abu (%) |
|------------|---------------|
| Low ash    | < 5           |
| Medium ash | 5 - 15        |
| High ash   | > 15          |

Sumber: ASTM D4427-92, (2002)

**4) Interpretasi Nilai Daya Dukung Batas dan Bearing Capacity Ratio (BCR)**

Munawir dkk. (2009) menyatakan bahwa nilai daya dukung batas dapat 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.

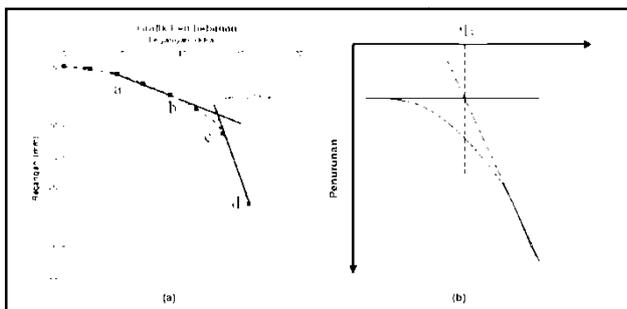
Untuk mengetahui kinerja getekstil dalam menaikkan daya dukung tanah pondasi, dilakukan analisis dimensionless, untuk menghasilkan nilai *aring Capacity Ratio* (BCR), yang merupakan rasio antara daya dukung batas tanah pondasi yang merupakan rasio antara daya dukung batas tanah pondasi yang diperkuat dengan daya dukung batas tanah pondasi yang tidak diperkuat.

$$BCR = \frac{q_r}{q_o}$$

dengan :

qr = daya dukung batas dengan perkuatan

qo = daya dukung batas dengan perkuatan diperkuat.



**Gambar 4.** Metode-metode Penentuan qult dari Data Penelitian (a) Metode Beban Kritis (Absolon, 1993); (b) Old Methods (Sumber: Nugroho, 2011).

**5) Penelitian yang Relevan**

Penelitian yang dilakukan oleh Nugroho dan Rachman (2009) tentang Pengaruh Perkuatan

geotekstil terhadap daya dukung tanah gambut pada bangunan ringan dengan pondasi dangkal telapak , hasilnya ditunjukkan pada **Tabel 5**. Anshori (2014), juga melakukan penelitian mengenai perkuatan geotekstil pada tanah gambut Lembasada, dengan variasi lebar dan jumlah perkuatan menghasilkan nilai seperti terlihat pada **Tabel 6**.

**Tabel. 5** Hasil pengujian daya dukung dengan variasi lebar dan kedalaman perkuatan

| Variasi         | Sampel                                 | Daya Dukung (qu) (kPa) |
|-----------------|--|------------------------|
| Tanpa Perkuatan | 1                                      | 13,20                  |
| Variasi Lebar   | Lebar 2B; Kedalaman 0,25B              | 34,80                  |
|                 | Lebar 2B; Kedalaman 0,5B               | 30,40                  |
|                 | Lebar 2B; Kedalaman 1B                 | 28,60                  |
|                 | Lebar 3B; Kedalaman 0,25B              | 36,70                  |
|                 | Lebar 3B; Kedalaman 0,5B               | 33,20                  |
|                 | Lebar 3B; Kedalaman 1B                 | 32,30                  |
|                 | Lebar 4B; Kedalaman 0,25B              | 40,00                  |
|                 | Lebar 4B; Kedalaman 0,5B               | 37,50                  |
| Variasi Spasi   | Lebar 4B; Kedalaman 0,25B; Spasi 0,25B | 43,10                  |
|                 | Lebar 4B; Kedalaman 0,25B; Spasi 0,5B  | 41,20                  |
|                 | Lebar 4B; Kedalaman 0,25B; Spasi 1B    | 39,80                  |

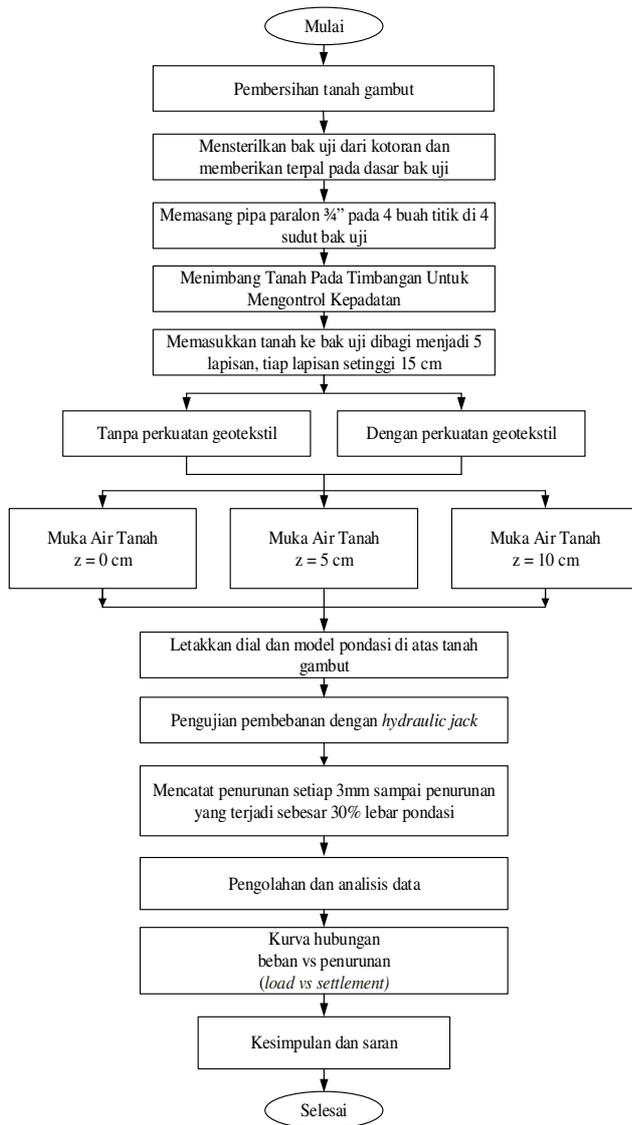
Sumber Nugroho dan Rachman, 2009

**Tabel 6** Nilai daya dukung batas pada variasi lebar dan jumlah perkuatan. ( Anshori, 2014)

| Variasi                  | Sampel               | Daya Dukung (qu) (kN/m <sup>2</sup> ) | Penu-runan (mm) | Persentase Kenaikan Daya Dukung (%) |
|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Variasi Lebar 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                               |
| 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                               |

## METODE PENELITIAN

### a. Bagan Alir Penelitian



**Gambar 5.** Bagan Alir pengujian Pemodelan Daya Dukung

### b. Sampel dan Bahan Perkuatan

Sampel tanah untuk penelitian adalah tanah gambut yang berada di Desa Lembasada, Kecamatan Banawa Selatan, Kabupaten Donggala, tepatnya pada titik kilometer 57 dari kota Palu.

Pada penelitian ini bahan perkuatan geosintetik yang digunakan adalah jenis geotekstil teranyam (*woven geotextiles UW-150*).

### c. Prosedur Pengujian Pemodelan

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 pondasi.

- Pengujian sifat fisik pada tanah gambut meliputi pengujian kadar air, pengujian berat isi, pengujian berat jenis, pengujian batas-batas Atterberg, pengujian kadar organik.
- Pengujian pemodelan daya dukung pada tanah gambut dilakukan pada variasi m.a.t  $z = 0\text{cm}$ ,  $z = 5\text{cm}$ , dan  $z = 10\text{cm}$  dari dasar pondasi dimana geotekstile diselipkan pada kedalaman  $0,5B$  dan spasi  $0,5B$  dimana  $B$  adalah lebar pondasi.

Pengujian daya dukung dilakukan pada tanah gambut tanpa perkuatan dan menggunakan perkuatan. Tahapan pengujian tanpa perkuatan adalah sebagai berikut:

- Tanah gambut yang akan dimasukkan kedalam bak pengujian terlebih dahulu dipisahkan dari serat yang berukuran lebih dari  $1\text{cm}$  dan kayu-kayu yang mungkin ada pada tanah gambut tersebut, agar kondisi tanah pengujian seragam.
- Untuk mendapatkan kepadatan yang sama di lapangan, dilakukan dengan mengukur berat tanah yang akan dimasukkan ke dalam bak uji sesuai dengan volume serta berat isi/kepadatan yang akan dicapai.
- Prosedur (a) dan (b) dilakukan pada semua variasi pengujian sebelum dilakukan proses memasukkan tanah ke dalam bak uji.
- Tanah yang akan dimasukkan ke dalam bak uji dibagi menjadi 5 lapisan. Total ketebalan tanah yang digunakan pada pemodelan ini adalah  $75\text{cm}$  sehingga tiap lapisan setinggi  $15\text{cm}$ .
- Setelah lapisan tanah terbentuk, model pondasi diletakkan pada permukaan tanah dibagian tengah. Kemudian dial penurunan dan dial beban diletakkan tepat di atas model pondasi dan dilakukan pengujian pembebanan kondisi tanpa perkuatan.
- Pengujian pembebanan dilakukan dengan memberikan beban pada model pondasi dengan *hydraulic jack*.
- Pembacaan beban dilakukan disetiap nilai penurunan interval  $3\text{mm}$ . Besarnya beban yang terjadi dicatat sampai penurunan yang terjadi sebesar  $25\%$  dari lebar pondasi.
- Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali untuk memperoleh data yang lebih akurat.
- Prosedur (f – h) dilakukan pada semua variasi pengujian.

## HASIL PENELITIAN

### a. Deskripsi visual tanah gambut desa Lembasada

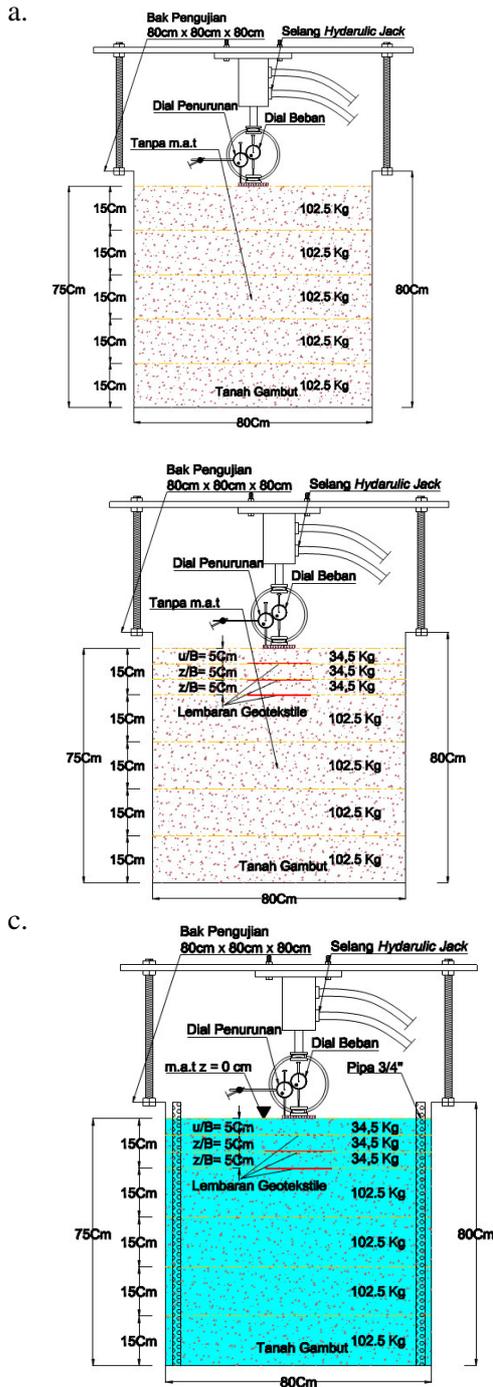
Gambut di desa Lembasada berada pada daerah

pantai dan sering sekali mendapatkan limpasan air laut. Pasang surut tersebut semakin lama membuat disekitarnya ditumbuhi komunitas bakau (*mangrove*) dan semakin meluas yang akhirnya membentuk daerah bakau. Daerah bakau yang merupakan tanaman hidup dan mengandung akar-akar kecil inilah yang nantinya mengalami proses dekomposisi serta pembusukan yang menjadikannya lahan gambut kaya akan mineral organik.

Dari segi warna, tanah gambut Lembasada juga terlihat berwarna coklat kemerahan. Ini memperlihatkan bahwa kandungan serat Lembasada cukup banyak. Sisa-sisa kayu yang belum terdekomposisi dengan sempurna juga bisa ditemukan pada daerah sekitar pengambilan sampel tanah gambut.

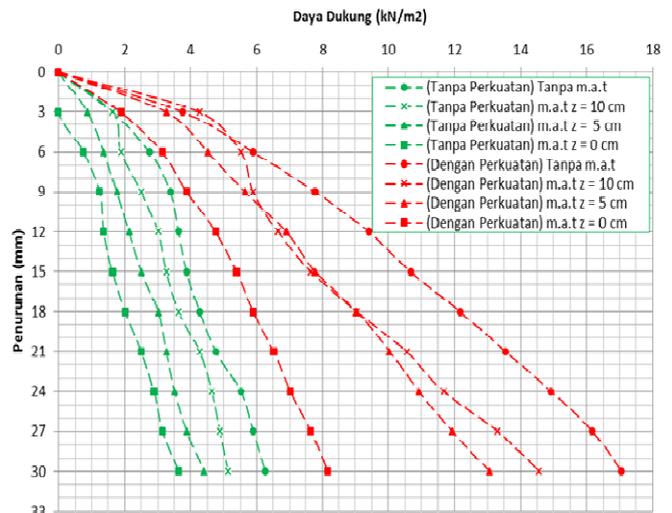
**Tabel 7** Hasil pengujian sifat fisik tanah gambut

| Parameter sifat-sifat fisik        | Satuan   | Hasil   |
|------------------------------------|----------|---------|
| 1. Kadar air ( $w$ )               | %        | 179.09  |
| 2. Berat jenis tanah ( $G_s$ )     | -        | 1.78    |
| 3. Berat isi basah ( $\gamma_w$ )  | $g/cm^3$ | 1.068   |
| 4. Berat isi kering ( $\gamma_d$ ) | $g/cm^3$ | 0.383   |
| 5. Batas cair ( $LL$ )             | %        | 33.37   |
| 6. Batas plastis ( $PL$ )          | %        | -       |
| 7. Indeks Plastisitas ( $PI$ )     | %        | 33.37   |
| 8. Kadar Abu                       | %        | 63.4951 |
| 9. Kadar Organik                   | %        | 36.5049 |



**Gambar 6** Setting pengujian daya dukung (a) Tanpa perkuatan; (b) Jumlah 3 lembar perkuatan; (c) Jumlah 3 lembar perkuatan dengan variasi m.a.t

**b. Daya Dukung Batas ( $q_u$ )**



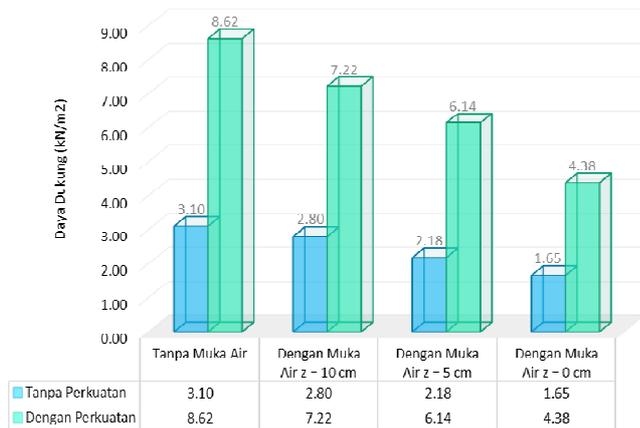
**Gambar 7** Grafik hubungan beban dan penurunan hasil uji daya dukung dengan dan tanpa perkuatan

Hasil uji daya dukung yang dilakukan menunjukkan bahwa penyisipan lembar perkuatan geotekstil pada tanah gambut mempengaruhi daya dukung. Hal ini dapat dilihat dari nilai daya dukung yang semakin meningkat pada percobaan kondisi tanpa muka air tanah maupun dengan adanya muka air tanah. Kondisi ini diperlihatkan pada grafik hubungan daya dukung-penurunan pada **Gambar 7**, bahwa penyisipan perkuatan geotekstil dapat memberikan peningkatan daya dukung.

Pada setiap uji daya dukung yang dilakukan, hasil pengujian menunjukkan bahwa keruntuhan yang terjadi adalah model keruntuhan geser lokal (*local shear failure*). Hal ini dapat terlihat pada **Gambar 7** dimana daya dukung batas ( $q_u$ ) sesuai

dengan pengamatan secara langsung terhadap grafik pengujian hubungan daya dukung-penurunan. Selain itu, ciri-ciri lain menurut Hardiyatmo (2011), menyebutkan bahwa dalam keruntuhan geser lokal, terdapat sedikit penggelembungan tanah di sekitar pondasi.

### 1) Hasil uji daya dukung tanpa perkuatan pada variasi muka air tanah



**Gambar 8.** Nilai daya dukung ultimit pada kondisi tanpa perkuatan dengan variasi muka air tanah

Hasil pengujian daya dukung pada kondisi tanpa perkuatan dapat dilihat pada grafik hubungan daya dukung-penurunan pada gambar 4.1, 4.2 dan tabel 4.2 bahwa nilai daya dukung batas ( $q_u$ ) terbesar dengan nilai sebesar 3,1 kN/m<sup>2</sup> pada penurunan ultimate sebesar 5,5 mm dan dalam kondisi tanpa muka air.

Semakin dekat jarak muka air tanah dari dasar pondasi maka nilai daya dukung justru semakin kecil. Untuk ketinggian muka air tanah jauh dengan dasar pondasi  $z = 10$  cm nilai daya dukung yang didapat adalah sebesar 2,8 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan ultimate 6,2 mm. Sedangkan pada ketinggian muka air  $z = 5$  cm dekat dari dasar pondasi nilai daya dukung yang didapat sebesar 2,18 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan ultimate 9,1 mm. Nilai daya dukung terkecil berada pada kondisi muka air tanah  $z = 0$  cm, dimana nilai daya dukung yang didapat hanya sebesar 1,65 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan ultimate 13,2 mm.

**Tabel 8** Hasil uji daya dukung yang tanpa perkuatan pada tiap variasi muka air tanah

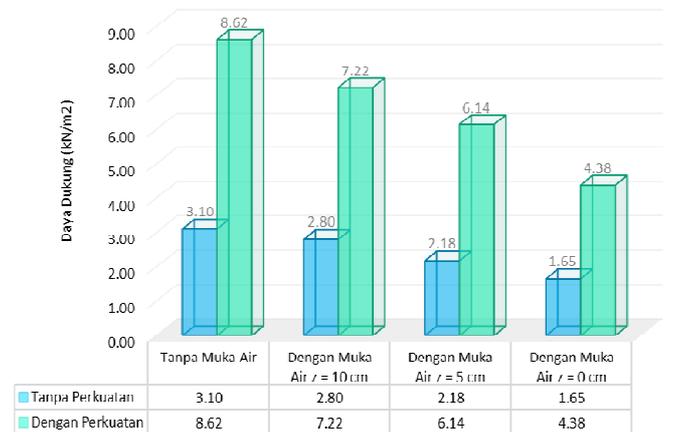
| Sampel          | Variasi                   | Daya Dukung ( $q_u$ ) (kN/m <sup>2</sup> ) | Penurunan (mm) | Persentase Perubahan Daya Dukung (%) |
|-----------------|---------------------------|--|----------------|--------------------------------------|
| Tanpa Perkuatan | Tanpa Muka Air            | 3,10                                       | 5,5            | -                                    |
|                 | Dengan Muka Air z = 10 cm | 2,80                                       | 6,2            | -9,7                                 |
|                 | Dengan Muka Air z = 5 cm  | 2,18                                       | 9,1            | -29,7                                |
|                 | Dengan Muka Air z = 0 cm  | 1,65                                       | 13,2           | -46,8                                |

Seperti terlihat pada **Tabel 8**, saat tanah gambut tidak diberi perkuatan pada kondisi muka air tanah  $z = 10$  cm persentase perubahan daya dukung berkurang sebesar -9,7% terhadap tanpa perkuatan dan tanpa muka air dimana daya dukung yang dihasilkan sebesar 2,8 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan 6,2 mm. Pada muka air tanah  $z = 5$  cm persentase perubahan daya dukung semakin menurun mejadi -29,7% terhadap tanpa perkuatan dan tanpa muka air dimana daya dukung yang dihasilkan sebesar 2,18 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan 9,1 mm. Sedangkan pada kondisi muka air tanah  $z = 0$  cm, terjadi penurunan persentase daya dukung yang sangat besar yakni mencapai -46,8% terhadap tanpa perkuatan dan tanpa muka air dimana daya dukung yang diperoleh sebesar 1.65 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan 13,2 mm.

Bowles (1993) mengatakan bahwa apabila muka air tanah berada di dekat permukaan tanah, posisinya dapat mempengaruhi jenis pondasi ataupun metode konstruksi. Daya dukung yang diizinkan cenderung berkurang apabila muka air tanah semakin dekat dengan dasar pondasi.

### 2) Hasil uji daya dukung dengan perkuatan pada variasi muka air tanah

**Gambar 9** memperlihatkan nilai daya dukung lebih tinggi dibandingkan pada kondisi tanpa penyisipan geotekstil dengan variasi muka air yang sama.



**Gambar 9** Grafik Nilai daya dukung ultimit dengan perkuatan pada variasi muka air tanah

Daya dukung terbesar yang diperoleh pada saat tanah gambut diberi perkuatan dan dalam kondisi tanpa muka air. Pada kondisi tanpa muka air tanah, nilai daya dukung yang diperoleh sebesar 8,62 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan ultimate 7,5 mm. Untuk ketinggian muka air tanah jauh dengan dasar pondasi  $z = 10$  cm nilai daya dukung yang didapat adalah sebesar 7,22 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan

ultimate 9,2 mm. Sedangkan pada ketinggian muka air  $z = 5$  cm dekat dari dasar pondasi nilai daya dukung yang didapat sebesar 6,14 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan ultimate 6,6 mm. Nilai daya dukung terkecil berada pada kondisi muka air tanah  $z = 0$  cm, dimana nilai daya dukung yang didapat sebesar 4,38 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan ultimate 5 mm.

**Tabel 9** Hasil uji daya dukung yang diberi perkuatan pada tiap variasi muka air tanah

| Sampel           | Variasi                     | Daya Dukung ( $q_u$ ) (kN/m <sup>2</sup> ) | Penurunan (mm) | Persentase Perubahan Daya Dukung (%) |
|------------------|-----------------------------|--|----------------|--------------------------------------|
| Dengan Perkuatan | Tanpa Muka Air              | 8,62                                       | 7,5            | 178,1                                |
|                  | Dengan Muka Air $z = 10$ cm | 7,22                                       | 9,2            | 132,9                                |
|                  | Dengan Muka Air $z = 5$ cm  | 6,14                                       | 6,6            | 98,1                                 |
|                  | Dengan Muka Air $z = 0$ cm  | 4,38                                       | 5              | 41,3                                 |

Saat tanah gambut diberi perkuatan pada kondisi tanpa muka air, persentase kenaikannya sangat besar yakni mencapai 178,1% terhadap tanpa perkuatan dan tanpa muka air, dimana daya dukung yang dihasilkan sebesar 8,62 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan 7,5 mm. Kondisi muka air tanah  $z = 10$  cm persentase perubahan daya dukung menjadi 132,9% terhadap tanpa perkuatan dan tanpa muka air dimana daya dukung yang dihasilkan sebesar 7,22 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan 9,2 mm. Pada muka air tanah  $z = 5$  cm persentase perubahan daya dukung mejadi 98,1% terhadap tanpa perkuatan dan tanpa muka air dimana daya dukung yang dihasilkan sebesar 6,14 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan 6,6 mm. Sedangkan pada kondisi muka air tanah  $z = 0$  cm persentase daya dukung yang diperoleh yakni 41,3% terhadap tanpa perkuatan dan tanpa muka air dimana daya dukung yang diperoleh sebesar 4,38 kN/m<sup>2</sup> dengan penurunan 5 mm.

Kecenderungan menurunnya daya dukung pada saat muka air tanah semakin dekat dengan dasar pondasi, hal ini dikarenakan pada tanah terendam, kondisi tanah dalam keadaan jenuh, nilai daya dukung batas ( $q$ ) dipengaruhi oleh nilai  $\gamma'$ , nilai tersebut diperoleh dari  $\gamma_{sat} - \gamma_w$ . Sehingga ( $\gamma' < \gamma$ ), nilai  $\gamma'$  yang diperoleh lebih kecil dari nilai  $\gamma$  yang menyebabkan daya dukung tanah gambut rendah.

**c. Bearing capacity ratio (BCR)**

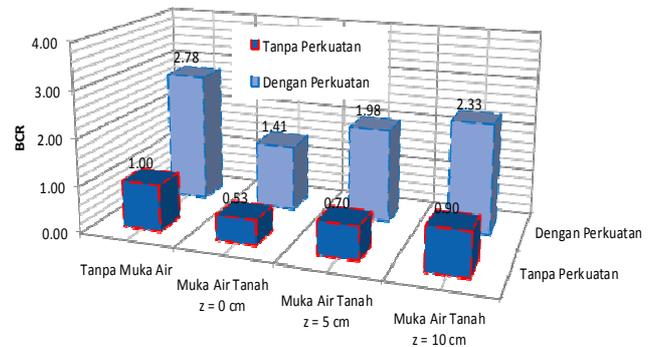
Analisis dimensionless atau yang disebut rasio daya dukung (BCR), yang merupakan rasio antara daya dukung tanah gambut yang diperkuat dengan daya dukung tanah gambut yang tidak diperkuat. Besarnya rasio daya dukung (BCR) perkuatan geotekstil terhadap kondisi tanpa perkuatan pada

tiap pembebanan dapat ditunjukkan pada **Tabel 10**.

**Tabel 10** Bearing capacity ratio (BCR)

| Variasi                    | Sampel           | Daya Dukung ( $q_u$ ) (kN/m <sup>2</sup> ) | BCR  |
|----------------------------|------------------|--|------|
| Tanpa Muka Air             | Dengan Perkuatan | 8,62                                       | 2,78 |
|                            | Tanpa Perkuatan  | 3,10                                       | 1,00 |
| Muka Air Tanah $z = 10$ cm | Dengan Perkuatan | 7,22                                       | 2,33 |
|                            | Tanpa Perkuatan  | 2,80                                       | 0,90 |
| Muka Air Tanah $z = 5$ cm  | Dengan Perkuatan | 6,14                                       | 1,98 |
|                            | Tanpa Perkuatan  | 2,18                                       | 0,70 |
| Muka Air Tahan $z = 0$ cm  | Dengan Perkuatan | 4,38                                       | 1,41 |
|                            | Tanpa Perkuatan  | 1,65                                       | 0,53 |

**Tabel 10** menunjukkan bahwa nilai bearing capacity ratio (BCR) mengalami peningkatan jika muka air tanah semakin jauh dari dasar pondasi. Pada konfigurasi pemodelan ini, dapat dilihat bahwa peningkatan nilai BCR cenderung bervariasi untuk pemberian variasi muka air tanah.



**Gambar 10** Hubungan BCR vs variasi Muka air tanah

Peningkatan nilai BCR yang signifikan terjadi pada kondisi tanpa muka air tanah dengan pemberian perkuatan geotekstil dimana BCR yang diperoleh sebesar 2,78. Untuk kondisi muka air tanah  $z = 10$  cm BCR yang diperoleh 2,33 dengan perkuatan dan tanpa perkuatan 0,90. Untuk kondisi muka air tanah  $z = 5$  cm BCR yang diperoleh 1,98 dengan perkuatan dan tanpa perkuatan 0,70. Untuk kondisi muka air tanah  $z = 0$  cm BCR yang diperoleh 1,41 dengan perkuatan dan tanpa perkuatan 0,53. Dari hasil keseluruhan disimpulkan bahwa dalam kondisi muka air dekat dengan dasar pondasi dan tanpa perkuatan nilai BCR tanah gambut semakin kecil, sedang dengan pemberian geotekstil dapat meningkatkan nilai BCR tanah pada kondisi tersebut.

**KESIMPULAN**

1. Nilai daya dukung tanah dengan adanya muka air tanah lebih kecil dibandingkan pada kondisi tanpa muka air tanah, baik menggunakan perkuatan atau tanpa perkuatan. Selanjutnya

apabila muka air tanah semakin jauh dari dasar pondasi maka nilai daya dukung semakin tinggi untuk dengan perkuatan dan tanpa perkuatan

2. Daya dukung terbesar yang diperoleh pada saat tanah gambut diberi perkuatan dan dalam kondisi tanpa muka air, daya dukung yang diperoleh sebesar 8,6 kN/m<sup>2</sup> atau kenaikannya sebesar 178,1% terhadap tanpa perkuatan. Kemudian pada kondisi muka air tanah  $z = 10$  cm daya dukung yang diperoleh sebesar 7,2 kN/m<sup>2</sup> atau dengan penambahan persentase sebesar 132,9%. Untuk muka air tanah  $z = 5$  cm daya dukung yang diperoleh sebesar 6,14 kN/m<sup>2</sup> dimana penambahan persentase sebesar 98,1%. Sedangkan persentase terkecil diperoleh pada saat kondisi muka air tanah berada  $z = 0$  cm, dimana kenaikan persentase sebesar 41,3% dengan daya dukung sebesar 4,38 kN/m<sup>2</sup>. Persentase penambahan dihitung terhadap kondisi tanpa perkuatan.
3. Nilai BCR paling terbesar adalah pada saat tanah gambut diberi perkuatan dan dengan kondisi tanpa muka air tanah dimana BCR yang didapat 2,78 dan BCR terendah pada saat tanah gambut tidak diberi perkuatan dan dalam kondisi muka air tanah  $z = 0$  cm dimana BCR yang dihasilkan kecil sebesar 0,53.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Al-Anshori, (2014), *Pengaruh Perkuatan Geotekstile Terhadap Daya Dukung Pada Tanah Gambut (Variasi Jumlah dan Lembar Perkuatan)*, Universitas Tadulako, Palu.
- American Society for Testing Materials, (2002), *Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing*, ASTM Designation: D 4427-92.
- Bowles, J. E., (1993), *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Das, B. M., (2007), *Principles of Foundation Engineering (Sixth Edition)*, Thomson Canada Limited, Kanada.
- Das, B. M., (2010), *Principles of Geotechnical Engineering (Seventh Edition)*, Cengage Learning, Stamford.
- Direktorat Bina Teknik, (2009), *Modul Pelatihan Geosintetik Volume 1 (Klasifikasi dan Fungsi Geosintetik)*, Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., (1996), *Teknik Pondasi 1*, Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., (2008), *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya (Aplikasi dan Perancangan)* Edisi Pertama, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., (2011). *Analisis & Perancangan Fondasi Bagian I*, Edisi – 2. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- 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.
- Munawir, A., Suyadi, W. dan Saraswati, H., (2009), “*Pengaruh Pembebanan Eksentris pada Pondasi Persegi Panjang Terhadap Daya Dukung dan Penurunan Tanah Pasir dengan Perkuatan Geotekstil*”, Jurnal Rekayasa Sipil, (Online). Vol. 3 No.2:101-115. (<http://rekayasasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/142/140>). (Diakses 10 Agustus 2013).
- Nugroho, S. A., (2011), “*Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu*”, Jurnal Teknik Sipil: Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, (Online). Vol. 18 No.1 :31-40. (<http://ml.scribd.com/doc/85028968/Studi-Daya-Dukung-Pondasi-Dangkal-Pada-Tanah-Gambut-Dengan-Kombinasi-Geotekstil-Dan-Grid-Bambu-3-Nugroho-SA-Vol-18-No-1>). (Diakses 10 Agustus 2013).
- Nugroho, S. A. dan Rachman, A., (2009), “*Pengaruh Perkuatan Geotekstil Terhadap Daya Dukung Tanah Gambut pada Bangunan Ringan dengan Pondasi Dangkal Telapak*”, Jurnal Sains dan Teknologi, (Online). Vol. 8 No.2:70-76. (<http://jst.eng.unri.ac.id/index.php/jst/article/view/35>), (Diakses 10 Agustus 2013).
- 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 10 Agustus 2014).