

Analisis Peningkatan Kapasitas Dukung Tanah dengan Perkuatan Cerucuk Bakau Tunggal dan Kelompok

Juanda⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau
Email : juanda@gmail.com

ABSTRAK:

Provinsi Riau didominasi oleh tanah lunak yang berupa tanah sedimen alluvial dataran rendah, terutama daerah rawa pasang surut di kabupaten yang dekat dengan sungai. Umumnya permasalahan yang timbul pada konstruksi di atas tanah lunak adalah besarnya penurunan dan kapasitas dukung yang rendah yang diakibatkan dari beban berat tanah itu sendiri. Cerucuk sering digunakan sebagai alternatif perkuatan tanah lunak di beberapa daerah di Provinsi Riau. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas daya dukung (Q ultimit) cerucuk bakau pada tanah lunak (gambut) serta mengetahui penurunan yang dihasilkan dengan menggunakan cerucuk bakau. Perkuatan tanah lunak (gambut) dengan menggunakan cerucuk bakau dapat meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi penurunan (settlement).

Penelitian dilakukan dengan pengujian pembebanan terhadap model bak pengujian pondasi yang berukuran 1,2 m x 1 m dan dengan tinggi 1,5 m dengan variasi fondasi cerucuk bakau tunggal dan kelompok variasi spasi dilaksanakan di laboratorium mekanika tanah jurusan teknik sipil Universitas Riau. Sesuai hipotesa, hasil pengujian menunjukkan suatu peningkatan kapasitas aksial cerucuk bakau seiring dengan bertambahnya spasi. Hasil Pengujian di interpretasikan dengan menggunakan metode chin, metode mazurkiewicz dan metode davisson yang digambarkan dengan grafik.

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh cerucuk bakau terhadap kapasitas aksial pondasi berdasarkan metode interpretasi yang digunakan. Dari hasil penelitian diperoleh cerucuk bakau group spasi 3 d memiliki kapasitas Q ultimit yang besar dengan penurunan tanah yang kecil. Pengaruh variasi spasi dan konfigurasi cerucuk bakau terhadap kekuatan pengujian pembebanan cerucuk bakau juga memberikan nilai Q ultimit yang berbeda. Untuk variasi spasi, dari hasil pengujian q ultimit pada cerucuk bakau di tanah lunak yang memiliki jarak (spasi 3 d) menghasilkan q ultimit lebih baik 10 % dibandingkan pemasangan cerucuk yang rapat (0 d). Sedangkan variasi konfigurasi cerucuk bakau group menghasilkan q ultimit (25,3 kg/cm²) lebih besar 10,5 % dari dibandingkan yang tunggal (20,1 kg/cm²).

Kata Kunci : Pengaruh Spasi, Tanah Lunak, Kapasitas Aksial, Q ultimit, Cerucuk

1. PENDAHULUAN

Provinsi Riau didominasi oleh tanah lunak yang berupa tanah sedimen alluvial dataran rendah, seperti daerah rawa pasang surut di kabupaten yang dekat dengan sungai, selat dan laut seperti, Kabupaten Bengkalis, Kabupaten Meranti, Kabupaten Siak dan Kabupaten Indragiri Hilir

Ada masalah yang timbul saat mulai membangun konstruksi di daerah tanah lunak, terutama bangunan dengan konstruksi berat seperti bangunan lebih dari 2 lantai, selalu menghasilkan permasalahan terkait geoteknik untuk perlakuan tanah yang tidak menentu, mulai dari bangunan yang miring, bangunan yang tenggelam (turun), bangunan yang berubah posisinya sampai pada kondisi yang tidak aman atau tidak layak huni akibat konstruksinya rusak (pecah dan retak) serta permasalahan lainnya. Tanah lunak pada umumnya mempunyai daya dukung yang rendah dan memiliki sifat kompresibel tinggi dan permeabilitas yang rendah. Karena memiliki sifat-

sifat tersebut, tanah ini cenderung memiliki potensi penurunan yang besar dan dalam waktu yang cukup lama.

Umumnya permasalahan yang timbul pada konstruksi di atas tanah lunak adalah besarnya penurunan dan kapasitas dukung yang rendah. Mekanisme hilangnya keseimbangan dapat terjadi pada tanah dengan daya dukung rendah, diakibatkan dari beban berat tanah itu sendiri. Cerucuk sebagai alternatif perkuatan tanah lunak di beberapa daerah di Provinsi Riau khususnya di daerah pesisir yang sudah lama dan sering digunakan, namun belum ada evaluasi yang mendetail tentang penggunaannya. Sampai saat ini para perencana dan praktisi di Teknik Sipil dalam perencanaan cerucuk belum ada acuan yang jelas, sehingga dalam penerapannya didasarkan pengalaman masing-masing perencana dan praktisi. Oleh karena itu, hasil perencanaan dapat berdampak kurang aman atau terlalu aman sehingga kurang efektif.

Menurut (Hari murti, 2008) pemakaian cerucuk pada lempung lunak dapat meningkatkan daya dukung. Kenaikan daya dukung dengan memakai cerucuk memberikan kontribusi yang cukup besar pada lempung lunak sekitar 2,2 kali daya dukung tanah tanpa dipasang cerucuk. Roeseno, (1998) dalam pemasangan cerucuk bambu yang digunakan dengan diameter 12 cm, panjang 4-5 m dengan jarak 40 cm mampu menaikkan daya dukung tanah yang semula 0,25 kg/cm² menjadi 50 kg/cm². Tjandrawibawa, dkk (2000) melakukan penelitian pondasi cerucuk untuk meningkatkan daya dukung. Hasil percobaan menunjukkan adanya peningkatan daya dukung tanah sebesar 60 % oleh cerucuk miring, 37 % oleh cerucuk tegak dan 33 % bila dipakai kombinasi tegak miring. Hermawan dkk (2014) melakukan analisis pada cerucuk kayu untuk mengetahui nilai faktor keamanan (FK) stabilitas pada dinding penahan tanah dan kelompok tiang pondasi cerucuk pada beberapa variasi muka air tanah, pengaruh variasi pada konfigurasi cerucuk kayu yaitu panjang tiang (L) dan jarak antar tiang (s) dimana stabilitas geser dan stabilitas daya dukung tanah bertambah. Penambahan panjang tiang memberikan kenaikan kapasitas dukung dan tahanan gaya lateral. Sedangkan penambahan jarak antar tiang (s) memberikan penurunan pada kapasitas dukung tiang. Dari beberapa variasi konfigurasi cerucuk, konfigurasi 7L dengan spasi 2,5d dengan diameter 20 cm menghasilkan faktor keamanan yang optimum.

Penelitian yang telah ada tentang perkuatan tanah lunak menjelaskan pada penggunaan bambu dan kayu jenis lain dengan konfigurasi, posisi, diameter, panjang dan spasi yang berbeda. Pentingnya spasi menurut Abdul Hadi, (1990) dan Hermawan, dkk (2014) dalam penelitiannya tentang cerucuk bambu/ dolken pada tanah lunak menyimpulkan bahwa konfigurasi jarak cerucuk lebih dekat atau lebih pendek dan jumlah cerucuk semakin banyak dapat meningkatkan daya dukung tanah lunak. Penggunaan kayu sebagai cerucuk pondasi akan memberikan kekuatan daya dukung yang berbeda terhadap tanah lunak. Sri sumarni, (2007) Kekuatan kayu memegang peranan penting dalam penggunaan kayu untuk konstruksi dalam pembangunan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Umumnya, permasalahan yang timbul pada konstruksi di atas tanah lunak adalah geseran (*shearing*). Mekanisme hilangnya keseimbangan dapat terjadi pada tanah dengan daya dukung rendah

diakibatkan dari beban berat tanah itu sendiri. Permasalahan lain biasanya berupa tolakan ke atas (*uplift*) yang banyak terjadi pada lapisan lempung (*clay*) dan lanau (*silt*) akibat perbedaan tekanan air dan juga sering terjadinya penurunan permukaan (*settlement*). Hal ini pada umumnya disebabkan oleh beratnya beban yang harus ditanggung oleh tanah lunak.

Seiring dengan perkembangan teknologi dibidang konstruksi, pemakaian cerucuk pun disesuaikan dengan kebutuhan aktualnya. Berbagai inovasi berdasarkan sistem ini banyak bermunculan, dari memadukannya dengan bambu, kayu maupun matras beton. Berbagai metode perbaikan tanah telah banyak dikembangkan. Salah satunya dengan metode perkuatan tanah sebagai alternatif pemecahan masalah terhadap penurunan dan daya dukung tanah yang rendah. Cerucuk adalah salah satu perkuatan tanah lunak karena pemakaian cerucuk pada tanah lunak dapat meningkatkan daya dukung tanah tersebut dengan memberikan kontribusi yang cukup besar pada tanah lunak.

Fahmi (2006) tanah gambut (*peat soil*) diketahui sebagai tanah yang mempunyai karakteristik sangat berbeda, jika dibandingkan dengan tanah lempung. Perbedaan ini terlihat jelas pada sifat fisik dan sifat teknisnya. Secara fisik tanah gambut dikenal sebagai tanah yang mempunyai kandungan bahan organik dan kadar air yang sangat tinggi, angka pori yang besar, dan adanya serat-serat, sedangkan secara teknis yang sangat penting untuk tanah gambut adalah pemampatan yang tinggi, terjadinya pemampatan primer yang singkat, adanya pemampatan akibat *creep* (pemampatan yang terjadi pada tekanan efektif yang konstan), dan kemampuan mendukung beban yang rendah.

Sistem klasifikasi tanah gambut yang selama ini dikenal didasarkan pada jenis tumbuhan pembentuk seratnya. Menurut ASTM 1969 (DS2607) dalam Noor E 1997, gambut tidak hanya diklasifikasikan menurut jenis tanaman pembentuk serat saja tapi juga kandungan seratnya. Menurut *USSR System* (1982) dalam Noor E. (1997) tanah organik diklasifikasikan sebagai tanah gambut apabila kandungan organiknya 50 % atau lebih kelompok yaitu :

- a. Gambut berserat (*Fibrous Peat*)
- b. Gambut tidak berserat (*Amorphous Granular Peat*)

Perbaikan tanah secara perkuatan adalah dengan menambah atau memasukan ke dalam tanah lunak sesuatu benda atau bahan yang lebih kuat dan lebih kaku. Biasanya bahan yang ditambahkan adalah

batu/ pasir yang disusun secara acak ataupun tersusun, batang kayu, bambu, lempengan serat ataupun lempengan bahan besi dan bahan beton. Secara umum perbaikan juga merupakan upaya perbaikan yang mengubah zat, sedangkan perkuatan adalah menambah material yang lain. Perkuatan tanah lunak dapat dilakukan secara vertikal maupun horizontal dan faktor-faktor utama dalam penentuan pilihan perkuatan adalah efektivitas dan biaya.

Pile *raft* atau biasa disebut cerucuk sejak dahulu sudah sering digunakan masyarakat untuk keperluan pembangunan rumah, ruko ataupun perkantoran. Cerucuk kayu atau yang dikenal dengan istilah populernya “*Cerocok*”, adalah tiang-tiang kayu yang digunakan sebagai pondasi rumah dan gedung bertingkat di tanah rawa. Ada tiga jenis kayu cerocok yang umumnya dipergunakan di Provinsi Riau yakni, kayu bakau ubar dan mahang. Penggunaan cerucuk bertujuan untuk :

1. Meningkatkan daya dukung tanah
2. Mengurangi terjadinya penurunan pondasi
3. Menghindari terjadinya gelinciran, karena cerucuk dapat menahan gaya geser lebih besar dari pada tanah, selain itu cerucuk merupakan suatu tulangan penguat sehingga akan mampu menahan gerakan-gerakan tersebut.

Sifat-sifat mekanik kayu yang penting kaitannya untuk diketahui adalah kekuatan lengkung, kekuatan tekan sejajar serat, tekanan tegak lurus serat, kekuatan tarik sejajar serat, kekuatan geser sejajar serat, keuletan, kekenyalan, kekerasan sisi, modulus elastisitas, dan modulus elastis sejajar serat.

Kekuatan kayu memegang peranan penting dalam penggunaan kayu untuk pembangunan, perkakas dan untuk penggunaan lain (Dumanauw, 1990).

(Sumarni Sri, 2007) Penyebab awal terjadinya pembusukan pada kayu bakau adalah pada waktu pemancangan pada tanah yang berbatuan (*gravel*) ujung tiang kayu ini dapat berbentuk seperti sapu atau dapat pula ujung tiang ini dapat merenyuk, apabila tiang kayu kurang lurus, maka pada waktu dipancang akan menyebabkan penyimpangan arah yang telah ditentukan dan tiang pancang kayu tidak tahan terhadap zat-zat yang agresif dan jamur yang menyebabkan pembusukan.

Menurut Harimurti (2008), pemakaian cerucuk pada lempung lunak dapat meningkatkan daya dukung lempung lunak, kenaikan daya dukung tersebut terlihat bahwa cerucuk memberikan kontribusi yang cukup besar pada lempung lunak, dimana kontribusi

mencapai 2,2 kali daya dukung tanah lempung lunak tanpa dipasang cerucuk.

Suroso dkk (2008), semakin besar diameter cerucuk secara keseluruhan memberikan peningkatan daya dukung yang efektif pada tanah lempung lunak. Tetapi dari diameter 1 cm ke diameter 1,5 cm pada panjang cerucuk 20 cm memberikan peningkatan daya dukung yang paling efektif sebesar 57,5 %. Begitupula pada variasi panjang, semakin panjang cerucuk memberikan peningkatan daya dukung yang efektif. Peningkatan paling efektif dari panjang cerucuk 18 cm ke panjang 20 cm pada diameter 0,5 cm dengan peningkatan daya dukung sebesar 62,1 %.

Tjandrawibawa, dkk (2000) melakukan penelitian pondasi cerucuk pada tanah liat untuk meningkatkan daya dukung dan mengurangi penurunan yang terjadi. Untuk mengetahui perilaku pondasi dengan cerucuk tersebut, dilakukan pengujian pembebanan pada suatu model pondasi dengan menggunakan “biting” bambu sebagai cerucuk. Tiga macam pemasangan cerucuk yaitu tegak, miring dan kombinasi tegak miring dilakukan pada pengujian tersebut. Hasil percobaan menunjukkan adanya peningkatan daya dukung tanah sebesar 60 % oleh cerucuk miring, 37 % oleh cerucuk tegak dan 33 % bila dipakai kombinasi tegak miring.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sifat mekanis tanah gambut berupa kuat geser. Dan Pengujian sifat fisis, meliputi berat jenis, kadar air, berat volume, angka pori, kadar serat, kadar abu dan kadar organik.

Untuk *fly ash* dan *bottom ash* pada penelitian sebelumnya sudah diuji berupa : analisa saringan, berat jenis, CBR rendaman, geser langsung, konsolidasi, *falling head test*, permeabilitas, *proctor test*, triaksial, dan *UCS test*.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Pengujian dilakukan dengan skala kecil (*mini scale*), dengan ukuran bak uji 1,5 m x 1,0 m x 0,5 m.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain;

Tanah lunak berupa tanah gambut yang diambil dari Rimbo Panjang Kampar, Riau.

Benda Uji

Benda uji yang dipakai adalah cerucuk bakau yang kemudian diuji kekuatan tarik, lentur dan tekan. Jumlah pengujian pembebanan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Riau yang dilakukan 3 kali dengan 1 jenis kayu cerucuk yakni bakau dengan diameter 2 cm dan skala 1:10 dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Untuk tiang cerucuk kelompok dibuat dengan kelompok persegi 2×2 dengan variasi spasi atau jarak rapat 2,5 d dan 3 d.

Pengujian kuat tekan (compressive Strength), kuat lentur (Bending Strength) dan kuat tarik kayu (tenstile Strength) dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Kampar Kabupaten Kampar Provinsi Riau dengan menggunakan alat Computer servo control material Testing Machine tipe HUNG TA HT-8503.

4. Hasil Dan Pembahasan

a. Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik dan properties tanah yang digunakan dalam penelitian ini di uji terlebih dahulu di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Hasil dari pengujian sifat fisik dan properties tanah yang digunakan dalam pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1 Hasil pengujian properties tanah lunak

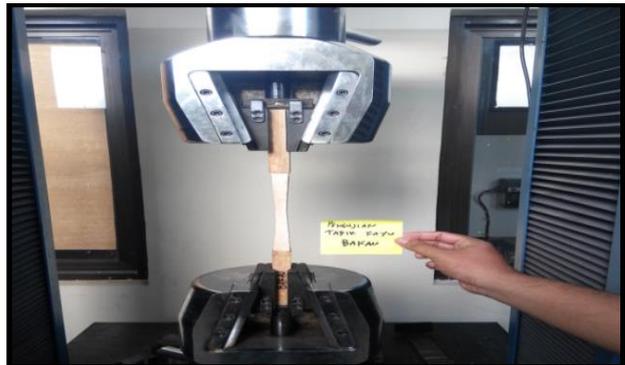
No	Sifat Fisik Tanah Lunak (gambut)	Satuan	Hasil
1	Kadar Air Rata-rata (w)	%	478,41
2	Berat Volume Basah Rata-rata	kN/m ³	10,70
3	Berat Volume Kering rata-rata	kN/m ³	1,84
4	Kadar Serat	%	7,75
5	Kadar Abu	%	97,57
6	Berat Jenis Rata-rata	Gram	1,46
7	Kadar Organik	%	97,57

Berdasarkan hasil pengujian properties tanah tersebut pada Tabel 4.1, tanah lunak (gambut) yang digunakan dalam penelitian ini di klasifikasikan menurut ASTM D4427-84 (1989) adalah gambut jenis *Medium Ash-Pet* (tanah gambut dengan kadar abu sedang) dan juga sebagai tanah gambut berserat (*fibrous peat*) karena mengandung < 15 % kandungan seratnya

b. Pengujian Kayu Bakau



Gambar 4. 1. Pengujian kuat tekan Bakau



Gambar 4.2. Pengujian kuat tarik kayu bakau



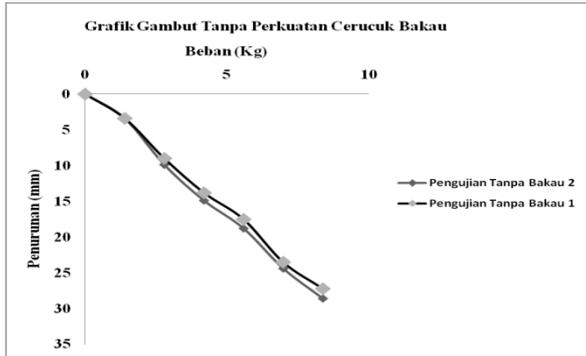
Gambar 4. 3. Bakau saat pengujian lentur

Tabel. 4.2 . Data Hasil Pengujian Kayu Bakau.

No	Jenis Pengujian	Beban Maksimal	Kelas Kuat
1	Kuat Tekan (Tenstile strength)	511,74 Kg/cm ²	II
2	Kuat Tarik (Compressive strength)	553,9 Kg/cm ²	II
3	Kuat Lentur (bending Strength)	840 Kg/cm ²	II

Gambar 4.5. Cerucuk Bakau Tunggal setelah Pengujian Pembebanan

C. Pengujian gambut Tanpa Perkuatan.



4.4. Grafik Penurunan Tanah setelah Pengujian Pembebanan.

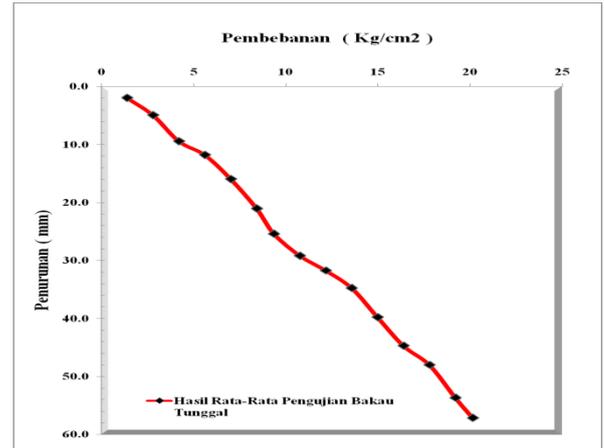
Menurut Augustesen (2006), kegagalan suatu tiang dapat terjadi apabila penurunan sudah mencapai $0,1 d$, maka dalam penelitian ini menjadi $0,1 \times 20 \text{ cm} = 2 \text{ cm}$ atau 20 mm . Digunakan penurunan 20 mm sebagai acuan dalam menentukan q ultimit sebagai perbandingan pada variasi cerucuk bakau lainnya. Tabel 4.3 memperlihatkan nilai kapasitas dukung tanah pada penurunan 20 mm untuk tanah gambut tanpa perkuatan cerucuk bakau dengan rata-rata $5,9 \text{ kg}$.

Tabel. 4.3. Hasil pembebanan bakau pada kedalaman 20 mm

No	Jenis Pengujian	Kedalaman (mm)	Q Ultimit (Kg)
1	Pengujian 1	20 mm	5,8
2	Pengujian 2	20 mm	6
3	Rata-Rata		5,9 kg

D. Pengujian Pembebanan Cerucuk Bakau.

1. Cerucuk Bakau Tunggal



Gambar 4.6. Cerucuk Bakau Tunggal setelah Pengujian Pembebanan.

Dari Gambar 4.6 memperlihatkan kondisi bakau tunggal sesudah pembebanan, data pencatatan pengujian model cerucuk bakau tunggal seperti terlihat pada Gambar 4.19 grafik hasil rata-rata pengujian menunjukkan nilai pembebanan yang signifikan yakni pada beban 5 kg mencapai penurunan 10 mm , 10 kg mencapai penurunan 25 mm , 15 kg mencapai penurunan 38 mm , dan 20 kg mencapai penurunan $53,8 \text{ mm}$ sehingga rata-ratanya mencapai penurunan $10,76 \text{ mm}$ tiap kenaikan beban 5 kg dengan q ultimit rata-rata yang diberikan sebesar $20,1 \text{ kg}$. Berikut Tabel 4.10 nilai q ultimit pada penurunan 20 mm seperti yang terlihat di bawah ini.

Tabel 4.4 Nilai Q ultimit pada penurunan 20 mm setelah pengujian cerucuk tunggal

No	Percobaan	Q ult (Kg) Tunggal	Penurunan (mm)
1	1	8,1	20
2	2	8,2	20
3	3	8,1	20
Rata-rata		8,1 Kg	20

Dari Tabel 4.4 menunjukkan nilai q ultimit rata-rata yang diperoleh dari 3 pengujian pembebanan pada cerucuk bakau tunggal pada penurunan 20 mm adalah 8,1 kg.

2. Cerucuk Bakau Group spasi 0 d

Penurunan maksimal yang terjadi pada cerucuk bakau kelompok atau group tanpa spasi adalah mencapai penurunan 64,8 mm dengan beban maksimal yang di berikan sebesar 25,3 kg.



Gambar 4.8. Cerucuk Bakau Grup Spasi 0 d

Tabel 4.6 Nilai Q ultimit pada penurunan 20 mm setelah pengujian cerucuk grup spasi 2,5 d

No	Percobaan	Q ult (Kg) Group 0 D	Penurunan (mm)
1	1	8,4	20
2	2	8,4	20
3	3	8,2	20
Rata-rata		8,3	20

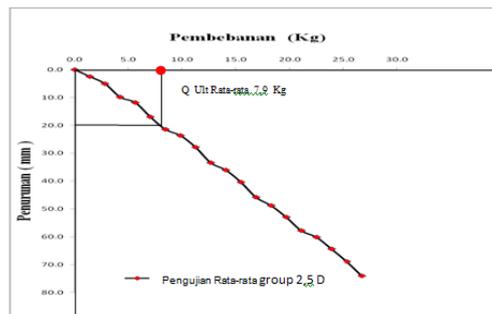
3. Cerucuk Bakau Group spasi 2,5 d



Gambar 4.9. Cerucuk Bakau Grup Spasi 2,5 d

Gambar 4.7. Cerucuk Bakau Grup Spasi 0 d

No	Percobaan	Q ult (Kg) Group 2,5 D	Penurunan (mm)
1	1	8,9	20
2	2	8,7	20
3	3	8,4	20
Rata-rata		8,7	20



Gambar 4.10. Cerucuk Bakau Grup Spasi 2,5 d

Dari Tabel 4.6 menunjukkan nilai rata-rata Q ultimit untuk cerucuk bakau group spasi 2,5 d pada penurunan 20 mm sebesar 8,7 kg.

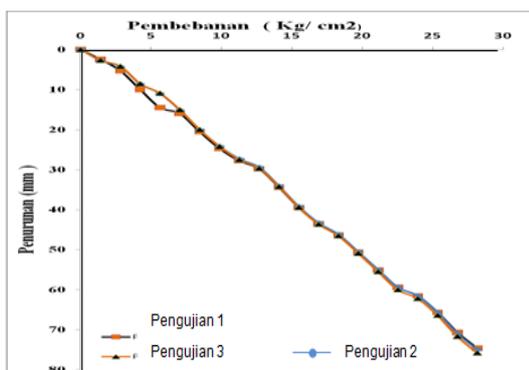
4. Cerucuk Bakau dengan Group Spasi 3 d



Gambar 4.9. Cerucuk Bakau Grup Spasi 3 d bakau group dengan variasi spasi 3 d pada penurunan 20 mm sebesar 11,1 kg.

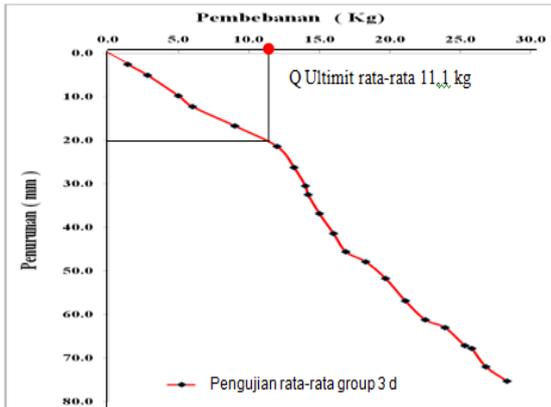
Tabel 4.5 Nilai Q ultimit pada penurunan 20 mm setelah pengujian cerucuk grup spasi 0 d

Dari Tabel 4.5 menunjukkan nilai q ultimit rata-rata dari 3 kali pengujian pada penurunan 20 mm sebesar 8,3 kg.



Dari Tabel 4.8 di atas menunjukkan nilai kapasitas dukung tanah pada kedalaman 20 mm setelah menggunakan cerucuk bakau. Untuk cerucuk bakau tunggal terjadi peningkatan sebesar 37 %, cerucuk bakau group spasi 0 d sebesar 41 %, cerucuk bakau group 2,5 d sebesar 48 %, dan untuk cerucuk bakau spasi 3 d sebesar 88%.

Tabel 4.9 Rekapitulasi perbandingan penurunan tanah tanpa cerucuk dan dengan menggunakan cerucuk bakau.



Gambar 4.11. Cerucuk Bakau Grup Spasi 3 d

Tabel 4.7 Nilai Q ultimit pada penurunan 20 mm setelah pengujian cerucuk grup spasi 3 d

	Beban (Kg/cm ²)								Rata2 Selisih (%)
	0,0	1,4	2,8	4,2	5,6	7,0	8,4		
P e n u n d a n (m)	Tanpa Cerucuk Bakau	0,0	3,4	9,4	14,3	18,1	23,9	28,1	
	Cerucuk Tunggal	0,0	1,8	4,9	9,4	13,5	16,1	20,3	36
	Cerucuk Group 0 d	0,0	2,6	4,2	8,9	13	14,9	19,6	49
	Cerucuk Group 2,5 d	0,0	2,3	4	9,2	11,6	16,1	20,3	51
	Cerucuk Group 3 d	0,0	2,4	5,3	10	14,5	16	20,5	41

Dari Tabel 4.7 menunjukkan nilai q ultimit rata-rata pada cerucuk bakau group dengan variasi spasi 3 d pada penurunan 20 mm sebesar 11,1 kg.

Tabel 4.8 Rekapitulasi perbandingan nilai q ultimit pada penurunan 20 mm

Varia si Baka u	Tanpa Ceruc uk	Ceru cuk Tung gal	Cerucu k Spasi 0 d	Cerucuk Spasi 2,5 d	Cerucu k Spasi 3 d
Beba n (Kg)	5,9	8,1	8,3	8,7	11,1
%	-	37 %	41 %	48 %	88 %

No	Percobaan	Q Ult (Kg) Group 2,5 D	Penurunan (mm)
1	1	11,5	20
2	2	11	20
3	3	10,8	20
Rata-rata		11,1	20

Dari data tabel 4.9 memperlihatkan bahwa ada pengurangan (semakin pendek) penurunan yang terjadi dengan menggunakan perkuatan cerucuk bakau dengan tanpa menggunakan cerucuk bakau. Pada perkuatan cerucuk bakau tunggal terjadi pengurangan penurunan sebesar 36 % dibandingkan dengan tanpa menggunakan cerucuk bakau, sedangkan pada cerucuk bakau group tanpa spasi terdapat 49 % pengurangan penurunan, pada cerucuk bakau group 2,5 d terdapat pengurangan penurunan sebesar 51 % dan pada cerucuk bakau group 3 d terdapat pengurangan penurunan sebesar 41 %.

Hal ini menjelaskan bahwa cerucuk bakau tunggal lebih kecil penurunannya di bandingkan dengan cerucuk bakau group dan penurunan cerucuk bakau group pada variasi spasi 3 d lebih kecil penurunannya dibandingkan cerucuk bakau variasi spasi 2,5 d dan cerucuk bakau variasi spasi 0 d.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis dalam penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian pendahuluan untuk sifat fisik tanah gambut memiliki kadar air (*water content*) sebesar 478 %, kadar air yang tinggi disebabkan tanah gambut memiliki pori-pori tanah yang sangat besar. Untuk hasil berat jenis butir tanah (*G_s*) sebesar 1,406 nilai *G_s* yang kecil disebabkan adanya kandungan organik yang besar dalam butir tanah gambut. Untuk hasil uji persentase kadar abu dan kadar organik (*organic and ash content*) tanah gambut didapatkan nilai persentase kadar

- abu sebesar 2,4 % dan persentase kadar organik sebesar 98 % dengan kadar serat 8 %.
2. Kekuatan kayu bakau diklasifikasikan berdasarkan Peraturan Kayu Konstruksi Indonesia (PKKI 1961) untuk kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur kayu bakau memiliki katagori kuat kayu kelas II.
 3. Pengaruh variasi terhadap kekuatan pengujian pembebanan cerucuk bakau juga memberikan nilai q ultimit yang berbeda. Pemberian cerucuk bakau pada kedalaman 20 mm pada tanah lunak (gambut) dapat meningkatkan daya dukung tanah dibandingkan dengan nilai tanah yang tidak menggunakan cerucuk. Hasil diperoleh rata-rata untuk bakau tunggal sebesar 37 %, cerucuk bakau variasi group spasi 0 d sebesar 41 %, cerucuk bakau variasi group spasi 2,5 d sebesar 48 % dan cerucuk bakau group spasi 3 d sebesar 88 %.
 4. Dalam pengujian ini q ultimit variasi bakau kelompok (group) menghasilkan nilai q ultimit maksimum untuk spasi 0 d sebesar 25,3 kg, Q ultimit spasi 2,5 d sebesar 26,7 kg dan q ultimit spasi 3 d sebesar 28,1 kg. Hal ini menunjukkan bahwa spasi 3 d memberikan q ultimit yang lebih besar dibandingkan q ultimit pada spasi 2 d dan q ultimit pada spasi 0 d.
 5. Dari data penelitian ini, cerucuk bakau dengan variasi group 3 d menghasilkan q ultimit yang lebih besar dengan penurunan tanah yang kecil dibandingkan dengan variasi tunggal dan group spasi 0 d serta group spasi 2,5 d.

6. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian cerucuk bakau pada tanah lunak dengan posisi variasi bentuk yang lain, posisi kayu miring atau posisi pola yang lain dan variasi diameter, variasi kedalaman dan efek waktu dalam pembebanan.
2. Perlu dilakukan penelitian dalam skala penuh 1:1 (*full scale test*), agar hasil perilaku penurunan yang terjadi pada tanah gambut bisa didapatkan hasil yang lebih teliti.
3. Jarak antar tiang dalam pengujian sebaiknya sejauh mungkin, untuk menghindari terjadinya pengaruh antar tiang yang dipancangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hadi, 1990.** “ *Studi Daya Dukung Fondasi Tiang Telapak Bercerucuk*” ITB Press. Bandung
- Anonimus.** 1973. *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia* NI-5 PKKI 1961. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jenderal Cipta Karya Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Jakarta
- Anonim.** 2001. *Laporan Uji Coba Pengembangan Pemanfaatan Kayu Kurang Dikenal Untuk Bahan Kerajinan.* Departemen Perindustrian dan Perdagangan. Samarinda
- Atmadilaga Adi, 2012.** *Menghitung Daya Dukung Tanah.* Available at : <http://kampuzsipil.blogspot.co.id/2012/10/menghitung-daya-dukung-tanah.html> (Accessed Januari 2016)
- Augustesen, Anders Hust.2006.** *The Effects of Time on Soil Behavior and Pile Capacity.* Tesis Program Phd Departemen Teknik Sipil. Denmark : Aalborg Univesity.
- Bachtiar dan Yusuf.** 2008. *Pengaruh Variasi Jumlah Cerucuk pada Pondasi Plat Beton Bercerucuk,* Jurnal Teknik Sipil UNTAN, Vol. 8 No. 1, Juni 2008
- Budhu, Muni.** 2000. *Soil Mechanics & Foundation.* New York : John Wiley & Sons, Anc
- Bowles, J.E., 1991.** *Analisis dan Desain Pondasi,* Edisi keempat Jilid 1, Erlangga, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum.** 1999. *Tata Cara Pelaksanaan Pondasi Cerucuk Sebagai Peningkatan Pondasi Cerucuk Kayu Di Atas Tanah Lembek dan Tanah Gambut.* Pedoman No. 029/T/BM/1999. Jakarta: PT. Mediatama Saptakarya (PT. Medisa)
- Destiana, 2008.** “ *Teknologi Bahan Kayu*” UTY Press. Yogyakarta
- Dumanauw, 1990.** *Faktor Perusak Kayu.* Available at : <http://library.um.ac.id/free-contents/index.php/buku/detail/mengenal-kayu-j-f-dumanauw-17175.html> (Accessed Januari 2015)
- Dunn, I. S., Anderson L. R. & Kiefer F. W., 1992.** *Dasar-Dasar Analisis Geoteknik.* Alih Bahasa Toekiman, 1992. Semarang, IKIP Semarang Press
- Hardiyatmo, Hary Chistady.** 1994. *Mekanika Tanah* 2 Edisi Kedua. Jakarta: PT. Gremedia Pustaka Utama
- Harimurti,** 2008. “ *Alternatif Perkuatan Tanah Lempung Lunak (Soft Clay) menggunakan cerucuk dengan Variasi Panjang dan Diameter Cerucuk.* Jalan Mayjen Haryono. 147. Malang
- Hermawan, R., Surjandari, N., dan Saad, S.** 2014. *Analisis Perkuatan Tanah Dasar Pada Tanggul Sungai Gajah Putih Surakarta dengan Cerucuk Kayu,* e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, Vol. 2 No. 1 Maret 2014, 147
- Mac Farlane, 1959.** *Muskeq Engineering Handbook “ National Reseach Council of Canada”* University of Toronto Press, Canada

- M. Das, Braja.** 1985, “*Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*”. Alih Bahasa Mochtar dan Endah, Jakarta: Erlangga.
- M. Das, Braja.** 1988, “*Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*”. Alih Bahasa Mochtar dan Endah, 2009. Jakarta: Erlangga.
- M. Das, Braja.** 1998, “*Advanced Soil Mechanics (Second Edition)*” USA : Thomson
- M. Das, Braja.** 2009, “*Principles of Foundation Engineering (Sixth Edition)*” USA : Thomson.
- Meyerhof (1951), G.G.** (1951). “*The Ultimate Bearing Capacity of Foundations.*” *Geotechnique*, Vol. 2, No. 4, pp. 301-331
- Mukrozi,** 2009 “*Fenomena Cerucuk Bakau Sebagai Peningkatan Daya Dukung dan Mereduksi Penurunan Beban Bangunan di atas Tanah Lunak*” Undip Press. Semarang
- Putra, H.G., Hakam, A., dan Yusri, N.** 2009. *Peningkatan Kekuatan Geser Tanah dengan Menggunakan Cerucuk*, Jurnal Rekayasa Sipil, Vol. 5 No. 2, Oktober 2009
- Riany Fach,** 2013. *Sifat dan Kegunaan 120 Jenis Kayu Perdagangan Indonesia.* Available at :
<https://fachriany.wordpress.com/2013/11/01/struktur-kayu/> (Accessed Oktober 2016)
- Rizaldy,** 2012. *Pondasi Tiang Pancang (File Foundation).* Available at :
<http://rizaldyberbagidata.blogspot.co.id/2012/06/pondasi-tiang-pancang-pile-foundation.html>. (Accessed Nopember 2015)
- Roeseno,** 1998. *Penggunaan Cerucuk Bambu pada Tanah Lunak*, Yogyakarta. UGM Press
- Sardjono, HS.,** 1991. *Pondasi Tiang Pancang*, Jilid 1, Penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.
- Smith, M.J.** 2008. *Mekanika Tanah Seri Pedoman* Godwin. Jakarta. Erlangga
- Sumarni, Sri.** 2007. *Struktur Kayu.* Edisi 1. Surakarta. UNS Press
- Suroso, Harimurti dan Harsono, M.** (2008). *Alternatif Perkuatan Tanah Lempung Lunak (Soft Clay), Menggunakan Cerucuk dengan Variasi Panjang dan Diameter Cerucuk*, *Jurnal Rekayasa Sipil*, Volume 2, No. 1 – 2008 ISSN 1978 – 5658.
- Suroso, Munawir, A., Indrawahyuni, H.** (2010). *Pengaruh Penggunaan Cerucuk dan Anyaman Bambu pada Daya Dukung Tanah Lempung Lunak*, *Jurnal Rekayasa Sipil*, Volume 4, No.3 – 2010 ISSN 1978 – 5658.
- Terzaghi, Karl dan Peck** 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa* Jilid I Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga
- Tjandrawibawa, S., Efendy, J., dan Gunawan.** 2000. *Peningkatan Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Menggunakan Cerucuk: Suatu Studi Model*, *Dimensi Teknik Sipil*, Vol. 2, September 2000, 92 – 95
- Vademecum Kehutanan Indonesia,** 1976. Departemen Pertanian Indonesia. Jakarta
- Yeni Febri,** 2007. *Desain Stabilitas Tanah Lempung Lunak dengan Pondasi Cerucuk.* Padang
- Yuniarti,** 2011. *Sifat Kimia Tiga Jenis Kayu Rakyat.* *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* Vol. 3 No. 1: 24-28
- Wood, D.M.** 2004. *Geotechnical Modeling Books.* <http://www.engineeringtoolbox.com>. (Accessed Nopember 2015)