

## Pondasi Dangkal diatas Tanah Lunak dengan Perkuatan Cerucuk Galam Berdasarkan Percobaan Lapangan

Yusti Yudiawati<sup>1</sup>, Ahmad Marzuki<sup>1</sup>

**ABSTRACT :** This research studying the behaviour of shallow foundation with cerucuk support. 1,0 m<sup>2</sup> reinforced concrete square of shallow foundation model is used, with 5 cm of cerucuk diameter. The research is to find out the foundation ultimate bearing capacity with 1,0 m and 2,0 m length variety of cerucuk, the distance between the pile is 1/4B, 1/3B and 1/2B and also area covered with cerucuk is 1,0 m<sup>2</sup>, 2,0 m<sup>2</sup> and 3,0 m<sup>2</sup>. To observe the settlement behaviour is made with giving fixed load of 40%, 60% and 100% of ultimate load ratio at 1,0 m and 2,0 m cerucuk at the same area covered with cerucuk that is 2,0 m<sup>2</sup>. The result of research shows that the deeper the cerucuk is embedded, the distance between the pile is getting closer and the wider the area covered with cerucuk, the pile ultimate bearing capacity is bigger and the settlement is smaller. To decrease the settlement of shallow foundation, the fixed load that allowable must be < 40 % of ultimate load and Safety Factor must be > 2,5.

**Key words :** shallow foundation, cerucuk galam, ultimate bearing capacity, ultimate load, Safety Factor

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Di Banjarmasin Kalimantan Selatan lapisan tanah lunak mempunyai ketebalan hingga 25 m, tanah keras rata-rata terdapat pada kedalaman sekitar 40 m.

Pembangunan konstruksi diatas tanah lunak merupakan suatu permasalahan yang cukup besar di bidang geoteknik. Hal ini dikarenakan rendahnya daya dukung tanah dan besarnya penurunan yang terjadi. Umumnya kebanyakan orang memilih pondasi tiang biasa dalam merencanakan berbagai struktur penting seperti jalan, jembatan, dan sebagainya, padahal apabila lapisan tanah keras atau lapisan tanah yang mampu mendukung beban tersebut jauh dari permukaan tanah maka penggunaan pondasi tiang biasa akan memerlukan biaya yang sangat besar.

Minipile kavu atau “cerucuk” merupakan <sup>1</sup> Staf pengajar Politeknik Negeri Banjarmasin i Banjarmasin dan sekitarnya. Material minipile/cerucuk dari kayu galam (*melalueca leucadendron*) yang memang merupakan vegetasi yang banyak dan tumbuh subur di daerah rawa. Pondasi ini sangat sesuai untuk kondisi daerah rawa yang selalu berair (terendam), karena pondasi cerucuk galam ini memiliki sifat unik yaitu apabila selalu dalam kondisi terendam akan selalu terjaga kekuatannya. Penggunaan pondasi cerucuk gala mini relative murah dan mudah dilaksanakan. Cerucuk yang digunakan umumnya panjang 3 dan 4 meter untuk bangunan berlantai 1 dan minimal 7 m untuk bangunan berlantai 2 atau

lebih. Dengan diameter tiang yang ada di pasaran sekitar 12 cm, maka dengan minimum panjang tiang 3 m, penggunaan cerucuk termasuk jenis pondasi dalam yaitu diameter tiang berbanding panjang tiang (B/D) > 10.

Selama ini model konstruksi bangunan yang digunakan di Banjarmasin dan sekitarnya adalah model rumah panggung. Beban bangunan atas diteruskan ke pondasi cerucuk melalui tiang-tiang dibawah lantai. Bahan tiang yang digunakan adalah kayu ulin. Sekarang kayu ulin sudah sulit didapatkan, harganya pun menjadi sangat mahal. Hal ini menjadi dasar untuk mencari model pondasi yang dapat menjadi alternative pengganti model pondasi cerucuk dengan tiang ulin. Dengan sekanin berkembangnya penggunaan konstruksi beton maka model pondasi yang dapat dipakai adalah pondasi dangkal dengan plat beton bertulang yang diberikan perkuatan cerucuk dibawah plat pondasi.

Penelitian ini mempelajari perilaku model pondasi dangkal dengan perkuatan cerucuk. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan panjang cerucuk, jarak antar tiang serta luas area (*cover area*) yang diberikan cerucuk. Selain itu juga variasi beban tetap juga diberikan untuk mengetahui perilaku penurunan pondasi.

#### Perumusan Masalah

Pemberian cerucuk diperkirakan akan meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi penurunan (*settlement*) yang terjadi apabila dibebani suatu pondasi dangkal. Seberapa besar pengaruh penambahan cerucuk ini akan

meningkatkan daya dukung pondasi dangkal dan mengurangi penurunan yang terjadi pada pondasi dangkal. Seberapa besar pengaruh pemberian cerucuk hingga diluar area pondasi dangkal (*cover area*) dapat meningkatkan daya dukung. Dan adakah penambahan cerucuk merubah parameter daya dukung tanah serta sifat fisis dan mekanis tanah.

#### **Tujuan Penelitian :**

1. Untuk mendapatkan hubungan antara kapasitas daya dukung tanah terhadap variasi jarak antar tiang (*spacing*) dan panjang cerucuk.
2. Untuk mendapatkan apakah penempatan cerucuk melebihi batas pondasi secara signifikan memberikan dampak penambahan daya dukung tanah .
3. Untuk mengetahui perilaku penurunan pada pondasi dangkal yang telah diberi perkuatan cerucuk.
4. Untuk mengetahui Rasio Beban (Safety Factor) yang dapat diterapkan pada pondasi.

### **KAJIAN TEORITIS**

Hasil eksperimen laboratorium oleh Karina dan Mochtar (1995) untuk mempelajari fenomena suatu model cerucuk yang diberikan beban, mendapatkan bahwa adanya cerucuk dapat menambah kapasitas dukung tanah yang sangat tinggi daripada yang diprediksi secara teoritis serta penurunan yang sangat kecil. Salah satu cara perbaikan tanah adalah dengan meningkatkan tahanan geser dari tanah tersebut. Karena tahanan geser merupakan komponen utama daya dukung tanah. Pemberian cerucuk pada tanah akan meningkatkan kekuatan geser tanah seperti hasil percobaan laboratorium oleh Arya dan Mochtar (2002). Meskipun, Karina dan Mochtar (1995), dan Arya dan Mochtar (2002) melakukan eksperimen di laboratorium dengan mini model, hasilnya mungkin akan lebih mewakili perilaku cerucuk jika dilaksanakan di lapangan. Sehingga diperlukan suatu percobaan lapangan untuk membenarkan dan mendukung hasil eksperimen laboratorium oleh Karina dan Mochtar (1995) serta Arya dan Mochtar (2002).

Yudiawati (2002) telah melakukan percobaan pembebanan lapangan untuk mengetahui daya dukung ultimit dari cerucuk. Dari percobaan tersebut didapatkan daya dukung sebenarnya dari cerucuk yang ternyata lebih besar daripada prediksi daya dukung ultimit berdasarkan teoritis dari hasil penyelidikan tanah

di lapangan serta didapatkan peningkatan daya dukung ultimit tiang dengan semakin lamanya usia tiang tertanam.

Mochtar (1985), dan Yudianto dan Mochtar (2001), serta Yudiawati dan Mochtar (2003), mendapatkan bahwa penurunan tiang pancang lekatan di lapangan bukan disebabkan penurunan konsolidasi melainkan penurunan rangkai (*creep settlement*) yang disebabkan oleh slip gelincir antara tiang dengan tanah dan terus menerus terjadi selama fungsi waktu (*time dependent settlement*).

Untuk mengurangi besarnya creep settlement yang terjadi pada tiang lekatan, perlu direncanakan rasio beban yang tepat pada tiang/cerucuk. Dimana rasio beban adalah perbandingan antara beban yang ditahan dengan beban ultimit tiang. Semakin kecil rasio beban yang diterapkan pada tiang semakin kecil juga penurunan rangkai yang terjadi.

Besarnya penurunan itu sendiri merupakan permasalahan yang nyata dalam perencanaan pondasi. Differensial settlement yang diikuti oleh konsolidasi settlement, serta terjadinya creep settlement dapat menyebabkan kerusakan pada pondasi. Sehingga para ahli memperkirakan penggunaan mini-pile / cerucuk pada tanah lunak dapat mengurangi settlement secara signifikan apabila diperhitungkan dengan seksama rasio beban yang diterapkan pada tiang.

#### **Cerucuk / Mini-pile**

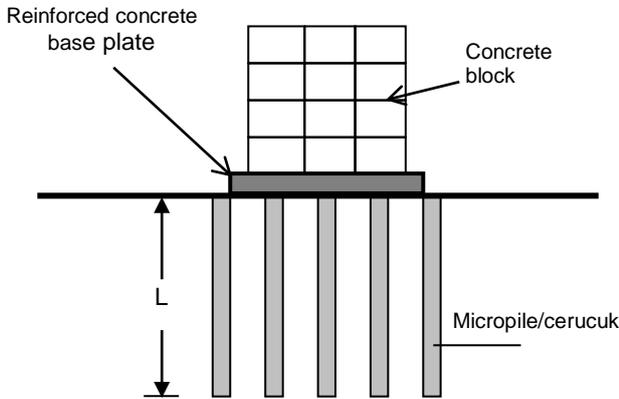
Cerucuk atau mini-pile adalah suatu tiang yang terbuat dari kayu atau beton dengan panjang relatif pendek. Kekakuan tiang tergantung dari jenis bahan tiang. Pada penelitian ini digunakan cerucuk/mini-pile dari kayu galam yang mempunyai nama latin *Melaleuca Leucadendron*, termasuk jenis *Melaleuca* dari keluarga *Myrtaceae* yang mempunyai sifat batang yang terbungkus kulit berlapis-lapis, keras dan berat. Kayu galam ini banyak tumbuh di Kalimantan dan harganya pun relatif murah.

Termasuk tumbuhan yang mempunyai kelas kuat II dan kelas awet III yang mempunyai sifat unik yaitu jika dalam keadaan terendam terus menerus maka kekuatannya akan lebih terjaga. Selain itu meskipun lapisan kulitnya dikupas sampai mendekati lapisan kambiumnya, hal ini tidak mempengaruhi kondisi dan kekuatan batangnya.

#### **Pengukuran Daya Dukung Pondasi dengan Percobaan Lapangan**

Untuk mengetahui daya dukung sebenarnya dari cerucuk/mini-pile dilapangan dengan melakukan loading test jangka pendek,

yaitu dengan memberikan beban diatas kepala tiang, kemudian besarnya penurunan yang terjadi diukur dengan menggunakan alat ukur (arloji ukur) yang dipasang pada tiang atau penurunan diukur dengan meletakkan bak ukur pada plat pondasi dan besarnya penurunan diamati dengan waterpas.



**Gambar 1.** Pengujian pembebanan lapangan

Sedangkan untuk mengetahui besarnya penurunan cerucuk galam dilapangan dapat dilakukan dengan memberikan beban tertentu yang bersifat konstan dan terus menerus dilakukan pengamatan penurunan yang terjadi akibat beban tetap tersebut.

Tes pembebanan ini akan memberikan hasil yang lebih valid jika dapat diukur dengan teliti besarnya penurunan (deformasi) yang terjadi. Deformasi ini terdiri dari deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi elastis adalah deformasi yang diakibatkan oleh pemendekan elastis dari tanah dan tiang, sedangkan deformasi plastis diakibatkan oleh runtuhnya tanah pendukung pada ujung atau sekitar tiang. Dari hasil pembebanan tiang ini dapat diketahui sampai beban berapa lapisan pendukung akan mengalami penurunan terus menerus, meskipun bebannya tetap (konstan).

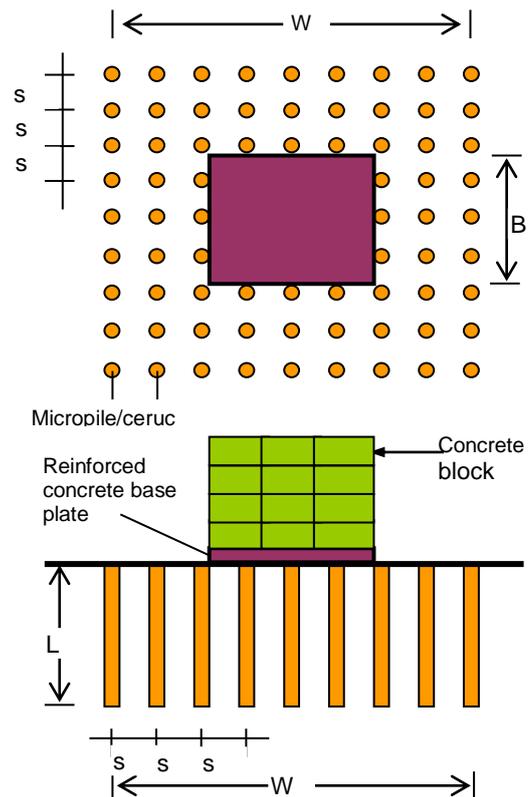
**METODE**

Pada penelitian ini cerucuk yang digunakan dengan panjang yang relative pendek (1 m, 1,5 m dan 2 m). Model pondasi dangkal yang digunakan adalah pondasi plat bujur sangkar sehingga diambil ukuran 1,0 m<sup>2</sup> dan tebal plat 7 cm. Pengambilan panjang cerucuk ini didasarkan dengan tujuan penelitian sebagai pondasi dangkal, dimana lebar pondasi (B) berbanding kedalaman pondasi (D) harus < 4. Dengan lebar plat pondasi (B) = 1,0 m dan kedalaman pondasi diambil sebagai panjang tiang/cerucuk 1,0 m, 1,5 m dan

2,0 m sehingga perbandingan yang didapatkan masih < 4.

Penelitian ini merupakan percobaan lapangan. Penelitian dilaksanakan di Banjarmasin Kalimantan Selatan. Dimana daerah Banjarmasin merupakan daerah yang memiliki lapisan tanah yang sangat lunak dan lunak yang sangat tebal, sehingga sesuai dengan peruntukannya yaitu pondasi diatas tanah lunak.

Penelitian dibuat dalam 2 tahapan. Tahap pertama dilaksanakan untuk mendapatkan daya dukung ultimit pondasi dangkal yang diberikan kekuatan cerucuk dan penambahan luas area yang diberi cerucuk dibawah pondasi dangkal. Dimana diharapkan akan didapatkan korelasi antara jumlah tiang yang digunakan, panjang tiang tertanam serta luas area yang diberi cerucuk. Tahapan kedua dilakukan dengan memberikan beban tetap dengan prosentasi beban terhadap daya dukung ultimit pada Tahap I . Pada Tahapan kedua ini diharapkan akan didapatkan perilaku penurunan pada pondasi dangkal dengan kekuatan cerucuk/minipile ini.



**Gambar 2.** Susunan secara umum percobaan pada setiap testing area

Metodologi penelitian adalah sebagai berikut:

- Penanaman cerucuk dengan usia cerucuk tertanam minimum 30 (tigapuluh) hari.

- Bentuk pondasi diwakili oleh plat persegi beton bertulang dengan dimensi  $B \times B = 1 \times 1$  meter, tebal plat 7 cm (Gambar 2).
- Diameter cerucuk  $d = 5$  cm
- Jarak antar cerucuk (S) dan panjang cerucuk (L) serta Luas pemasangan cerucuk (W), dibuat sebagai variable, dengan susunan spacing bentuk persegi.
- Untuk bahan pembebanan blok beton dengan ukuran 50 cm x 30 cm x 20 cm.
- Pengukuran penurunan dilakukan dengan mengukur perubahan elevasi plat pondasi dengan waterpas.

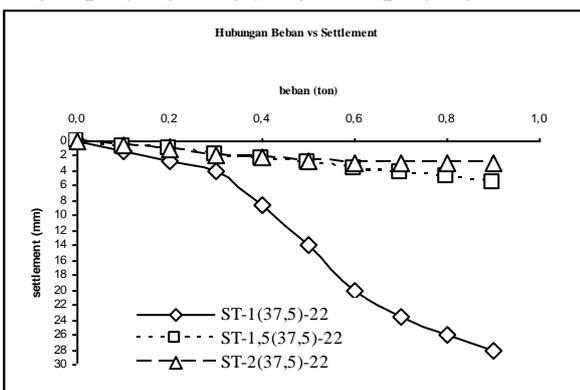
Pada Tahap I (jangka pendek) ada 7 (tujuh) percobaan yang diselidiki, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Variabel dari program percobaan Tahap I,  $B = 1.0$  m,  $d = 5$  cm

Nama	L (m)	S (cm)	W
ST - 1,5 (25) - 22	1,5	25	2 m x 2 m
ST - 1,5 (37,5) - 22	1,5	37,5	2 m x 2 m
ST - 1,5 (50) - 22	1,5	50	2 m x 2 m
ST - 1 (37,5) - 22	1	37,5	2 m x 2 m
ST - 2 (37,5) - 22	2	37,5	2 m x 2 m
ST - 1,5 (37,5) - 11	1,5	37,5	1 m x 1 m
ST - 1,5 (37,5) - 33	1,5	37,5	3 m x 3 m

**Hubungan antara penurunan pondasi panjang cerucuk tertanam berbeda, jarak antar cerucuk sama dan luas area cerucuk sama.**

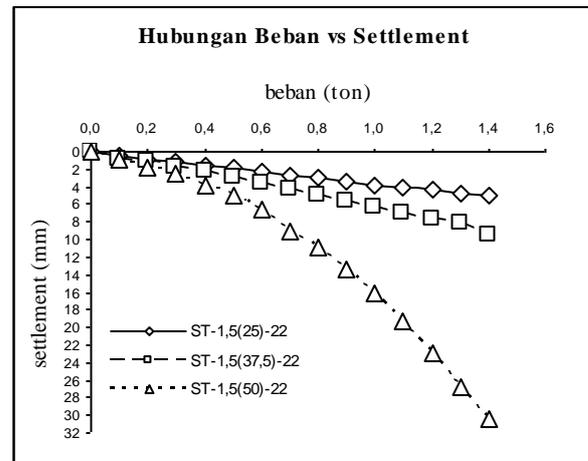
Dari hasil percobaan lapangan pada tiga sampel yang memiliki kedalaman /panjang cerucuk tertanam berbeda yaitu : 1,0 m, 1,5 m dan 2,0 m seperti ditunjukkan Gambar 3. Semakin pendek panjang tiang yang tertanam semakin besar penurunan yang terjadi, semakin panjang tiang yang tertanam semakin kecil penurunan yang terjadi. Sehingga untuk mengurangi penurunan pondasi sebaiknya diambil pondasi dengan panjang tiang yang lebih panjang.



**Gambar 3.** Hubungan beban dengan penurunan pondasi dangkal pada sampel dengan panjang cerucuk tertanam berbeda  
**Hubungan antara penurunan pondasi panjang cerucuk tertanam sama, jarak antar cerucuk berbeda dan luas area cerucuk sama.**

Percobaan lapangan pada tiga sampel yang memiliki jarak antar cerucuk berbeda dimana pengaturan jarak antar tiang berdasarkan lebar pondasi dangkal yaitu  $\frac{1}{4} B$ ,  $\frac{1}{3} B$  dan  $\frac{1}{2} B$ , seperti ditunjukkan Gambar 4, yaitu : Sampel ST - 1,5 (25) - 22 ; Sampel ST - 1,5 (37,5) - 22 ; Sampel ST - 1,5 (50) - 22.

Dari hasil penelitian didapatkan semakin pendek/dekat jarak antar cerucuk semakin kecil penurunan yang terjadi, semakin jauh jarak antar cerucuk semakin besar penurunan yang terjadi. Jarak antar tiang juga mempengaruhi jumlah tiang perkuatan pondasi, dimana pada sampel dengan jarak 25 cm jumlah tiang 81 batang, 37,5 cm jumlah tiang 36 batang dan pada jarak 50 cm jumlah tiang 25 batang. Sehingga juga dapat disimpulkan semakin banyak tiang tertanam di bawah area pondasi semakin besar daya dukung ultimit tiang.



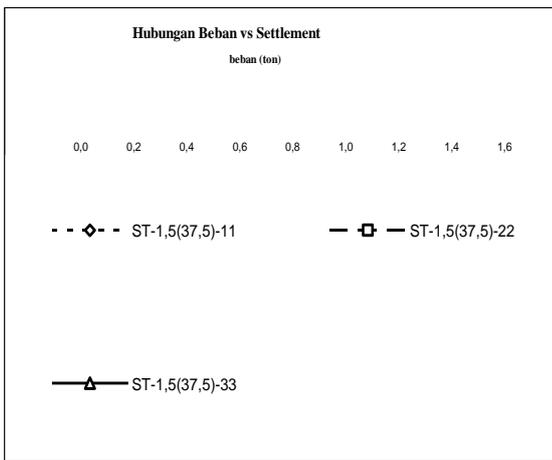
**Gambar 4.** Hubungan beban dengan penurunan pondasi dangkal pada sampel dengan jarak antar cerucuk berbeda

**Hubungan antara penurunan pondasi panjang cerucuk tertanam sama, jarak antar cerucuk sama dan luas area cerucuk berbeda.**

Dari hasil percobaan lapangan pada tiga sampel yang memiliki luas area cerucuk berbeda yaitu Sampel ST - 1,5 (37,5) - 11 ; Sampel ST - 1,5 (37,5) - 22; Sampel ST - 1,5 (37,5) - 33 . Seperti ditunjukkan pada Gambar 5, bahwa pada percobaan dengan panjang cerucuk tertanam sama, jarak antar cerucuk sama dan luas area

cerucuk berbeda didapatkan semakin besar area diluar pondasi yang diberi cerucuk semakin kecil penurunan yang terjadi semakin kecil area yang diberi cerucuk semakin besar penurunan yang terjadi.

Hal ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan daya dukung pondasi dapat juga dengan memberikan perkuatan cerucuk di sekitar pondasi. Sejauhmana pernyataan ini dapat memberikan keuntungan lebih lanjut pada pengurangan penurunan perlu dilakukan penelitian jangka panjang dengan tetap memvariasikan luas area yang diberikan cerucuk dengan rasio beban yang aman untuk diterapkan pada pondasi.



**Gambar 5.** Hubungan beban dengan penurunan pondasi dangkal dengan luas area tertutup cerucuk berbeda

Pada percobaan pembebanan dengan beban tetap dilakukan dengan memberikan pembebanan jangka panjang (*longterm*) pada 6 (enam) percobaan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Variabel dari program percobaan Tahap II, B =1.0 m, d = 5 cm.**

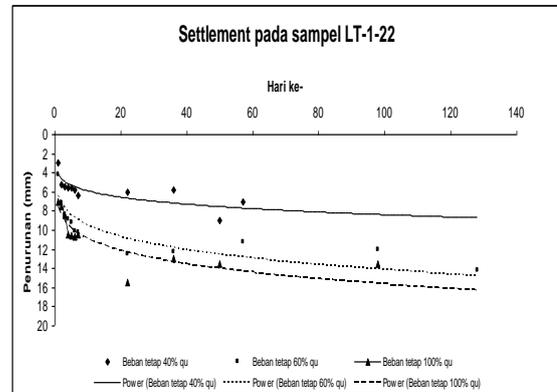
Nama	L (m)	S (cm)	W
LT - a - 1 - 22	1	37,5	2 m x 2 m
LT - b - 1 - 22	1	37,5	2 m x 2 m
LT - c - 1 - 22	1	37,5	2 m x 2 m
LT - a - 2 - 22	2	37,5	2 m x 2 m
LT - b - 2 - 22	2	37,5	2 m x 2 m
LT - c - 2 - 22	2	37,5	2 m x 2 m

Percobaan ini dilakukan dengan cara memberikan beban tetap pada pondasi dangkal kemudian penurunan yang terjadi diamati secara terus menerus pada jangka waktu yang cukup lama.

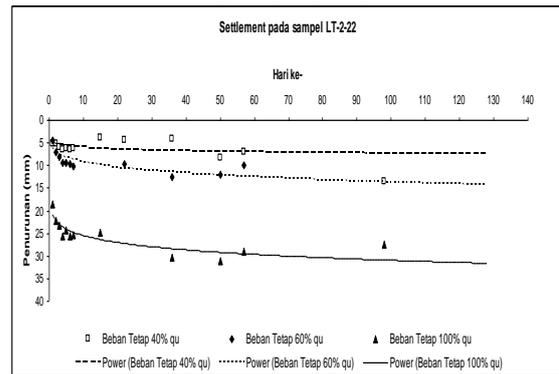
Ada 2 sampel panjang cerucuk yaitu sample dengan panjang cerucuk 1,0 m dan 2,0 m. Masing-masing sample dilakukan 3 (tiga)

percobaan berdasarkan beban ultimit pondasi ( $q_u$ ) pada penelitian Tahap I. Dimana untuk type a = 60% beban ultimit jangka pendek (LT-a), type b = 40% beban ultimit jangka pendek (LT-b) dan type c = 100% beban ultimit jangka pendek (LT-c). Jangka panjang (Long term) untuk pengukuran penurunan/settlement. Hasil penelitian jangka panjang seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

Hasil percobaan pada sampel LT-1-22 ini semakin besar prosentasi beban ultimit yang diterapkan, semakin besar penurunan yang terjadi. Pondasi dengan beban 40%  $q_u$  hingga waktu pengamatan penurunan 120 hari (3 bulan) penurunan yang terjadi < 10 mm, sedangkan untuk beban 60%  $q_u$  dan 100%  $q_u$  penurunan sebesar 10 mm sudah terjadi < 15 hari. Berarti untuk mengurangi penurunan sebaiknya pembebanan yang dapat diterapkan harus < 40%  $q_u$ .



**Gambar 6.** Hubungan beban dengan prosentase beban ultimit berbeda dengan penurunan pada pondasi dengan panjang cerucuk 1,0m



**Gambar 7.** Hubungan beban dengan prosentase beban ultimit berbeda dengan penurunan pada pondasi dengan panjang cerucuk 2,0 m

Percobaan pada tiang tertanam 2,0 m, hasilnya secara umum sama dengan pondasi dengan tiang 1,0 m yaitu semakin besar beban yang diterapkan semakin besar penurunan yang terjadi, seperti ditunjukkan Gambar 7. Pada

beban 40% qu hingga pengamatan 120 hari penurunan yang terjadi < 10 mm, sedangkan pada beban 60% qu penurunan sebesar 10 mm sudah tercapai pada waktu 15 hari dan untuk 100% qu pada hari pertama penurunan sudah > 10 mm.

Dari percobaan dengan variasi panjang tiang 1,0 dan 2,0 m didapatkan bahwa untuk mendapatkan penurunan yang kecil dan diharapkan aman terhadap konstruksi, beban yang diterapkan harus < 40% beban ultimit atau Safety Factor sebaiknya > 2,5.

## KESIMPULAN

Dari penelitian pondasi dangkal dengan perkuatan cerucuk ini didapatkan bahwa :

1. Pada pondasi dengan panjang cerucuk tertanam berbeda, jarak antar tiang sama dan luas area cerucuk sama, didapatkan bahwa semakin pendek panjang tiang yang tertanam semakin besar penurunan yang terjadi, semakin panjang tiang yang tertanam semakin kecil penurunan yang terjadi.
2. Pada pondasi dengan panjang cerucuk tertanam sama, jarak antar tiang berbeda dan luas area cerucuk sama, semakin pendek/dekat jarak antar cerucuk semakin besar daya dukung pondasi (penurunan semakin kecil), semakin jauh jarak antar cerucuk semakin kecil daya dukung pondasi (penurunan semakin besar).
3. Pada pondasi dengan panjang cerucuk tertanam sama, jarak antar tiang sama dan luas area cerucuk berbeda, semakin luas area yang diberikan cerucuk semakin besar daya dukung pondasi (semakin kecil penurunan yang terjadi), semakin kecil area yang diberi cerucuk semakin kecil daya dukung pondasi (semakin besar penurunan yang terjadi).
4. Semakin banyak jumlah cerucuk yang diberikan dibawah pondasi semakin besar daya dukung tiang atau semakin kecil penurunan pondasi dangkal.
5. Pembebanan yang cukup aman pada pondasi sebaiknya < 40% beban ultimit.
6. Safety Factor yang dapat digunakan untuk pondasi dangkal diatas tanah lunak sebaiknya > 2,5 atau Rasio Beban yang bekerja harus < 40 %.

## Saran

Untuk penelitian lanjutan sebaiknya dilakukan dengan memvariasikan beban tetap < 40% beban ultimit. Jumlah sampel minimum tiap type 3 (tiga)

sampel dengan variasi jarak antar tiang dan variasi luas cover area cerucuk.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arya, Wayan dan I.B. Mochtar (2002), "Pengaruh Penambahan Cerucuk Terhadap Peningkatan Kuat-Geser Tanah Lunak Pada Permodelan di Laboratorium", **Tesis Magister Teknologi**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya.
- Karina, Lucia dan I.B. Mochtar (1995), "Studi Model Perubahan Daya Dukung dan settlement untuk Pondasi Dengan Pemasangan Mikropile atau Cerucuk", **Tugas Akhir Penelitian S-1**, Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS.
- Mochtar, Indrasurya B. (2002). "**Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)**". Penerbit Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS Surabaya.
- Yudiawati, Y (2002), Daya Dukung Ultimit Cerucuk Galam Berdasarkan Hasil Percobaan Pembebanan Lapangan, **Jurnal Intekna** Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin.
- Yudiawati, Y, dan Mochtar, I.B., 2003, Penurunan Rangkak Tiang Pancang Lekatan Berdasarkan data Lapangan dan Hasil Percobaan Tiang Tunggal dan Kelompok, **Tesis Magister Teknologi**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya.
- Yudiawati, Y, dan Ruspriansyah, 2005, Peningkatan Daya Dukung Cerucuk Galam sesuai Fungsi Waktu Berdasarkan Hasil Percobaan Pembebanan Lapangan, **Laporan Penelitian Dosen Muda**, Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin
- Yudiawati, Y, dan Marzuki, A., 2008, Peningkatan Daya Peningkatan Daya Dukung dan Pengurangan Penurunan Pada Pondasi Dangkal diatas Tanah Lunak dengan Menggunakan Cerucuk Berdasarkan Percobaan Lapangan **Laporan Penelitian Hibah Bersaing**, Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin.