

## PERKUATAN ANYAMAN BAMBUNYUNTUK FONDASI TELAPAK DI ATAS TANAH LEMPUNG LUNAK

Anto Budi Listyawan<sup>1</sup>, Gustriyani Rolannita Pramesty<sup>1</sup>, Sugiyatno<sup>1</sup>, Qunik Wiqoyah<sup>1</sup>, Agus Susanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp. (0271) 717417  
Email: Anto.Budi@ums.ac.id

### Abstrak

*Daya dukung merupakan faktor penting dalam struktur bangunan, baik untuk struktur bawah maupun struktur atas. Tanah lempung lunak memiliki konsistensi yang lunak, dengan daya dukung rendah serta sifat kembang susut yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan tanah lempung lunak berpotensi mengalami penurunan yang signifikan, sehingga dapat mempengaruhi kestabilan dan kekokohan suatu konstruksi. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan upaya perbaikan yang dapat meningkatkan daya dukung tanah guna mencegah penurunan berlebih. Salah satu solusi yang digunakan adalah perkuatan tanah dengan anyaman bambu, yang merupakan alternatif bahan geotekstil dengan biaya lebih murah dan mudah didapat. Penelitian ini menggunakan tanah lempung lunak yang diambil dari Desa Purwosuman, Kecamatan Sidoharjo, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah, dengan kadar air rencana sebesar 60,00%. Tanah ini kemudian dijenuhkan dan dipadatkan sebanyak 200 pukulan per lapisan. Pengujian meliputi uji fisis tanah dan uji loading frame. Parameter penelitian melibatkan variasi kedalaman perkuatan berdasarkan perbandingan lebar footing (B) dengan nilai 0,5B, 1B, 1,5B, dan 2B. Selain itu, lebar perkuatan divariasikan menjadi 15 cm, 20 cm, 25 cm, dan 30 cm, berdasarkan distribusi tekanan dalam tanah dengan rasio 2 vertikal: 1 horizontal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah dengan perkuatan anyaman bambu mampu menahan beban maksimum yang jauh lebih besar dibandingkan tanah lempung lunak tanpa perkuatan, dengan peningkatan sebesar 23 kali lipat. Semakin besar lebar perkuatan, semakin besar pula beban yang dapat ditahan. Sementara itu, kedalaman perkuatan memiliki pengaruh yang relatif kecil terhadap beban maksimum yang mampu ditahan.*

**Kata kunci:** anyaman bambu; daya dukung; pembebanan; penurunan; perkuatan; tanah lempung lunak

### Pendahuluan

Secara umum tanah merupakan salah satu material konstruksi yang susunan agregatnya sangat kompleks dan heterogen serta tidak bersifat pasti (Sipil, 2011). Ada beberapa jenis tanah yang sering ditemui salah satunya yaitu tanah lempung lunak. Tanah lempung adalah partikel-partikel yang tidak memiliki ikatan atau lemah ikatan antarpartikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari bebatuan dan mempunyai sifat plastis pada kadar air sedang. Tanah lempung lunak sendiri memiliki konsistensi yang lunak dengan nilai daya dukung rendah dan kembang susut yang tinggi (Dewi et al., 2011). Akibat daya dukung yang rendah tanah lempung lunak sangat berpotensi mengalami penurunan, sehingga dapat menimbulkan permasalahan pada kestabilan ataupun kekokohan suatu konstruksi (Waruwu et al., 2021).

Mengetahui permasalahan pada tanah lempung lunak yang kaitannya dengan daya dukung dan penurunan pada tanah, daya dukung tanah menjadi salah satu faktor penting pada struktur bangunan yaitu struktur bawah maupun struktur atas. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka diperlukan adanya perbaikan yang dapat meningkatkan daya dukung tanah sehingga penurunan yang tinggi bisa dicegah (Riwayati et al., 2018). Salah satu metode perbaikan tanah yaitu menambahkan perkuatan dengan material anyaman bambu sebagai alternatif pengganti geotekstil yang lebih murah dan mudah didapat (Saefudin et al., 2019).

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh (Dewi et al., 2011) menjelaskan mengenai nilai daya dukung dapat dipengaruhi oleh penggunaan anyaman bambu yang dikombinasikan dengan *grid* bambu sebagai alternatif perkuatan pada tanah lempung lunak, dikarenakan penyebaran tegangan tanah yang terpotong sebab adanya perkuatan tersebut. Semakin besar luas penampang pada perkuatan, tegangan yang ada di dalam tanah akan semakin menyebar sehingga tegangan yang disebabkan oleh beban aksial menjadi rata, akibatnya penurunan yang terjadi menjadi kecil. Penelitian

yang dilakukan oleh (Khatib et al., 2005) menjelaskan bahwa perkuatan dengan komposit bambu-geotekstil menunjukkan daya dukung yang lebih tinggi dan penurunan yang rendah daripada tanpa perkuatan. Pola bambu pun mempengaruhi peningkatan daya dukung tanah. Pola bambu segi empat (*square pattern*) lebih menunjukkan pengaruhnya dibandingkan dengan pola bambu sejajar (*parallel pattern*). Kenaikan beban ultimit berkurang dengan adanya jarak bambu. Peningkatan maksimum beban ultimitnya sebesar 127,3% diperoleh dari bambu pola segi empat dan sejajar, dengan rasio jarak bambu 0,5 dan rasio tanggul 0,25. Penelitian yang dilakukan oleh (Saefudin et al., 2019) menjelaskan nilai daya dukung tanah dengan perkuatan lebih tinggi daripada yang tanpa perkuatan. Ukuran grid bambu dan kedalaman perkuatan yang menunjukkan pengaruh hasil, dimana nilai daya dukung dan BCR (*Bearing California Ratio*) semakin besar seiring berkurangnya ukuran *grid* bambu pada jarak kedalaman yang sama. Sebaliknya, jika semakin besar jarak antar beban ke perkuatan maka nilai daya dukung dan BCR akan semakin kecil. Penelitian yang dilakukan oleh (Dewi et al., 2013) menjelaskan bahwa nilai daya dukung tanpa perkuatan lebih kecil dibandingkan dengan yang menggunakan perkuatan. Pada penelitian ini nilai BCR (*Bearing California Ratio*) semakin mengingkat seiring bertambahnya jumlah lapisan terhadap variasi lebar perkuatan. Maka dari itu secara umum, penggunaan lapisan perkuatan berupa grid bambu dan anyaman bambu memberikan pengaruh dan perkuatan yang cukup signifikan untuk meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak. Penelitian yang dilakukan oleh (Surjandari, 2007) menjelaskan bahwa penempatan anyaman bambu meningkatkan daya dukung pondasi pada tanah kohesif jika ditinjau dari penurunan yang terjadi. Semakin banyaknya jumlah anyaman bambu yang digunakan maka semakin kecil penurunannya. Penelitian yang dilakukan oleh (Dewi et al., 2016) menyimpulkan bahwa terpal dan *grid* bambu yang digunakan sebagai alternatif bahan perkuatan tanah gambut dapat meningkatkan daya dukung *ultimate* dan nilai BCR (*Bearing California Ratio*) dari tanah gambut. Variasi kedalaman terpal dan *grid* bambu terhadap dasar pondasi tidak selalu menunjukkan kenaikan daya dukung yang lebih besar. Namun, variasi penambahan lebar perkuatan selalu menunjukkan kenaikan pada nilai daya dukung tanah. Penelitian yang dilakukan oleh (Waruwu et al., 2021) menjelaskan bahwa penggunaan perkuatan dari *grid* bambu dapat meningkatkan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Pada penelitian ini didapatkan nilai CBR maksimum sebesar 5,42% dengan variasi 3 lapis perkuatan dengan pemadatan tanah 5 lapis 56 pukulan. Nilai CBR tanah dengan perkuatan matras bambu lebih tinggi dibandingkan dengan perkuatan *grid* bambu.

Tanah lempung lunak menjadi salah satu tanah bermasalah pada daya dukung yang rendah dan penurunan tanah. Maka dari itu perlu adanya perbaikan tanah. Parameter penelitian yang dilakukan yaitu dengan adanya perkuatan menggunakan material anyaman bambu sehingga nilai daya dukung dapat meningkat. Sampel tanah yang digunakan berasal dari Desa Purwosuman, Kecamatan Sidoharjo, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah dengan pengondisian kadar air sebesar 60%. Penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap sifat fisis tanah meliputi kadar air, berat jenis, batas-batas Atterberg, analisis ukuran butiran tanah, dan klasifikasi tanah lempung lunak, nilai penurunan tanah, dan beban maksimum pada *footing* yang diletakkan pada media lapisan tanah dengan penambahan material anyaman bambu. Pengujian tersebut terdiri dari pengujian dengan perkuatan dan tanpa perkuatan. Perkuatan tersebut terdapat variasi kedalaman, diantaranya 0,5B, 1B, 1,5B, dan 2B (B adalah lebar *footing* yang digunakan) yang disertai dengan lebar perkuatan sebesar 15 cm, 20 cm, 25 cm, dan 30 cm serta pembebanan secara vertikal menggunakan *loading frame*. Variasi kedalaman dan lebar perkuatan ini nantinya akan dicari nilai efektif yang mampu menahan penurunan dan beban maksimum.

### Metode Penelitian

Tanah lempung lunak yang digunakan berasal dari Desa Purwosuman, Kecamatan Sidoharjo, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah. Pengambilan tanah dilakukan pada kedalaman  $\pm 40$  cm dari permukaan tanah asli. Tanah yang akan digunakan juga dalam keadaan kering udara.

Tahap 1, tahap awal dalam penelitian ini adalah mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam berlangsungnya penelitian. Salah satu bahan yang digunakan adalah tanah lempung dengan kondisi kering udara dan lolos saringan nomor 4. Sedangkan alat yang dipersiapkan meliputi satu set alat pengujian untuk uji kadar air, berat jenis, batas-batas Atterberg, analisis ukuran butiran tanah dan seperangkat alat untuk pengujian pada tanah lempung lunak dengan perkuatan anyaman bambu.

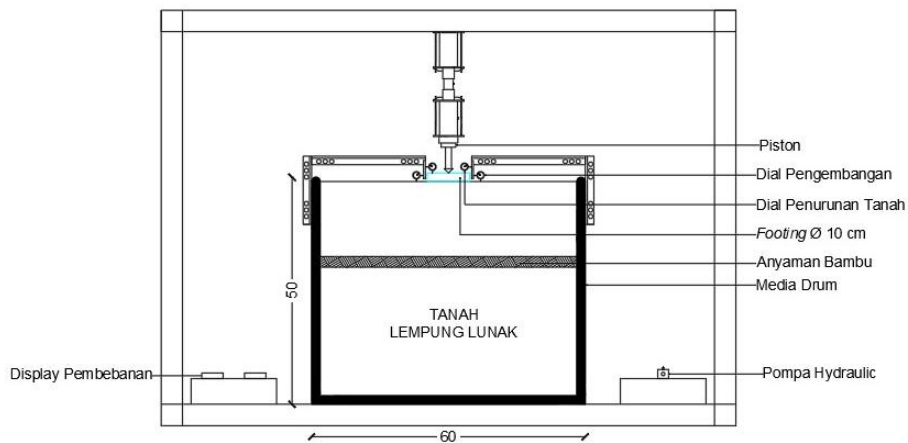
Tahap 2, melakukan uji sifat fisis tanah lempung yang meliputi pengujian kadar air, berat jenis, batas-batas Atterberg, analisis ukuran butiran tanah dan klasifikasi tanah.

Tahap 3, setelah didapatkan kadar air kering udara dari hasil uji fisis sebesar 10,67%, dilakukan penambahan air hingga kadar air tanah lempung mencapai kadar air rencana yaitu 60%. Setelah itu dilakukan pemadatan tanah dalam drum sebanyak 5 lapis dimana tiap lapisnya sebanyak 200 pukulan. Memasukkan tanah lempung lunak ke dalam drum kemudian anyaman bambu diletakkan sesuai dengan kedalamannya. *Footing* diletakkan tepat berada di atas tanah lempung lunak dan usahakan berada di tengah drum. Selanjutnya dilakukan pengaturan satu *dial* yang terletak di atas *footing*, yang nantinya akan dihitung rata-ratanya untuk menentukan besarnya penurunan vertikal yang terjadi. Pengujian dilakukan pada tanah lempung lunak tanpa perkuatan maupun dengan perkuatan sesuai dengan variasi kedalaman dan lebar perkuatan yang telah ditentukan. Setelah semua siap, dilakukan pengujian pembebanan vertikal dengan menggunakan alat *loading frame*. Pengamatan dilakukan pada *dial* penurunan vertikal dan catat hasilnya.

Tahap 4, berdasarkan hasil pengujian dari beberapa tahapan di atas didapatkan hasil uji fisis dan pengujian pondasi, kemudian dilakukan analisis untuk membuat kesimpulan dan saran pada penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 1. Model perkuatan anyaman bambu dengan lebar 30 cm



Gambar 2. Sketsa alat pengujian tanah lempung lunak yang diperkuat dengan anyaman bambu



Gambar 3. Setting alat pengujian tanah lempung lunak yang diperkuat dengan anyaman bambu

## Hasil dan Pembahasan

### Sifat fisis tanah

Pengujian sifat fisis tanah lempung terdiri dari kadar air, berat jenis, batas-batas *Atterberg*, analisa ukuran butiran tanah dan klasifikasi tanah. Pengujian kadar air dikondisikan sampai kadar air tanah lempung mencapai kadar air rencana yaitu 60%. Hasil dari pengujian sifat fisis tanah lempung dapat dilihat pada Tabel 1.

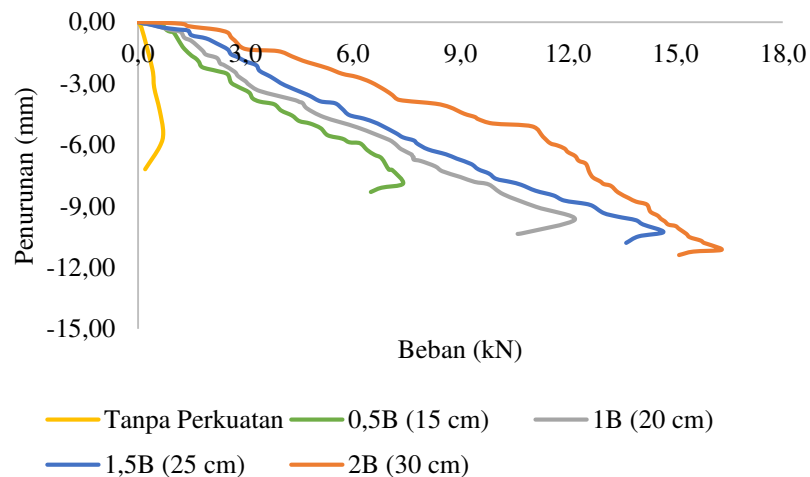
Tabel 1. Hasil pengujian sifat fisis tanah lempung

| Jenis Pengujian             | Hasil |
|-----------------------------|-------|
| Kadar Air Kering Udara (%)  | 10,67 |
| Kadar Air Rencana (%)       | 60,00 |
| Berat Jenis                 | 2,64  |
| Batas Cair (LL) (%)         | 65,39 |
| Batas Plastis (PL) (%)      | 22,26 |
| Indeks Plastisitas (PI) (%) | 43,12 |
| Batas Susut (SL) (%)        | 11,63 |
| Lolos Saringan No. 200 (%)  | 65,00 |
| Klasifikasi AASTHO          | A-7-5 |
| Klasifikasi USCS            | CH    |

Berdasarkan uji sifat fisis tanah lempung di atas didapatkan nilai kadar air kering udara sebesar 10,67 % sedangkan untuk kadar air rencana dikondisikan sebesar 60%, berat jenis 2,64, batas cair 65,39 %, batas plastis 22,26 %, indeks plastisitas 43,12 %, batas susut 11,63 % dan lolos saringan No. 200 sebesar 65,00 %. Klasifikasi menurut AASTHO termasuk kelompok A-7-5, sedangkan menurut USCS termasuk jenis CH (lempung tak organik dengan plastis tinggi).

#### Hasil test secara umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai penurunan dan beban maksimum pada *footing* yang diletakan di atas media tanah lempung lunak dengan perkuatan anyaman bambu. *Footing* berbahan dasar baja yang memiliki diameter (B) sebesar 100 mm. Variasi lebar perkuatan disesuaikan dengan teori distribusi tekanan 2 Vertikal : 1 Horizontal dari variasi kedalaman perletakan perkuatan pada lapisan tanah lempung lunak berdasarkan parameter perbandingan diameter *footing* (B) sebesar 0,5B (5 cm), 1B (10 cm), 1,5B (15 cm), dan 2B (20 cm) serta variasi lebar perkuatan sebesar 15 cm, 20 cm, 25 cm, dan 30 cm. Hasil penelitian ditunjukkan pada Gambar 3 dengan ketentuan sumbu horizontal menunjukkan nilai beban (kN), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai penurunan (mm)



Gambar 4. Hubungan antara beban dengan penurunan pada setiap variasi

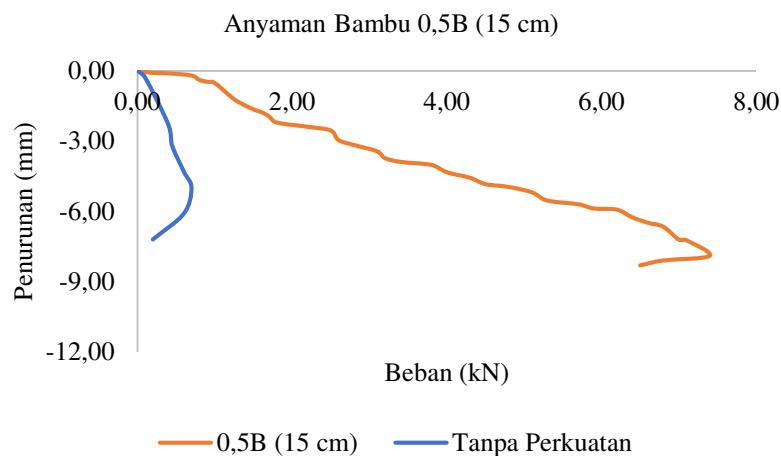
Berdasarkan Tabel 2, penambahan perkuatan dengan material anyaman bambu dapat mempengaruhi nilai daya dukung tanah untuk menahan beban maksimum yang disertai dengan semakin bertambahnya dimensi lebar perkuatan anyaman bambu. Hal ini disebabkan karena adanya perkuatan anyaman bambu sehingga perkuatan tersebut dapat memotong penyebaran tegangan tanah. Semakin besar luas penampang pada perkuatan, tegangan yang ada di dalam tanah akan semakin menyebar sehingga tegangan yang disebabkan oleh beban aksial menjadi rata, akibatnya beban yang dapat ditahan semakin besar dan penurunan yang terjadi menjadi kecil.

Tabel 2. Hasil nilai beban maksimum dan penurunan

| Variasi         | Diameter <i>Footing</i> , B (mm) | Lebar Perkuatan (mm) | Kedalaman (mm) | Beban Maksimum (kN) | Penurunan, S (mm) |
|-----------------|----------------------------------|----------------------|----------------|---------------------|-------------------|
| Tanpa Perkuatan | 100                              | 0                    | 0              | 0,7                 | -5,00             |
| 0,5B            | 100                              | 150,0                | 50,0           | 7,40                | -7,90             |
| 1B              | 100                              | 200,0                | 100,0          | 12,20               | -9,65             |
| 1,5B            | 100                              | 250,0                | 150,0          | 14,67               | -10,27            |
| 2B              | 100                              | 300,0                | 200,0          | 16,28               | -11,14            |

### Kenaikan beban maksimum

Dari hasil pengujian perbaikan tanah lempung lunak menggunakan penambahan material perkuatan yaitu anyaman bambu dengan pembebanan vertikal dapat diketahui bahwa penggunaan perkuatan anyaman bambu akan mempengaruhi nilai penurunan dan beban maksimum yang dapat ditahan. Maka dari itu perbaikan tanah lempung lunak menggunakan penambahan material anyaman bambu dapat meningkatkan beban maximum menjadi lebih besar. Perbandingan peningkatan beban maksimum tanah lempung lunak tanpa perkuatan dan dengan perkuatan anyaman bambu disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara beban maksimum dan penurunan pada tanah lempung lunak dengan perkuatan anyaman bambu dan tanpa perkuatan

Tabel 3. Persentase peningkatan beban maksimum tanah lempung lunak

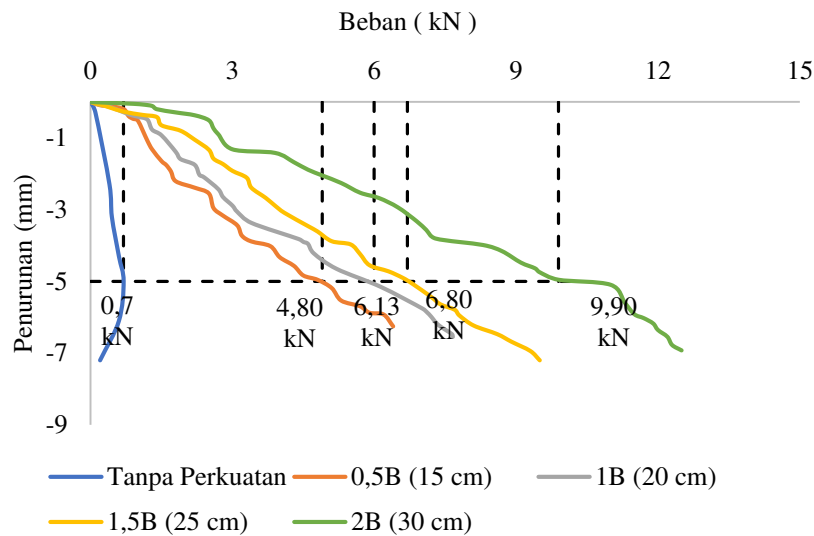
| Variasi         | Diameter <i>Footing</i> , B (mm) | Lebar Perkuatan (mm) | Kedalaman (mm) | Beban Maksimum (kN) | Kenaikan      |
|-----------------|----------------------------------|----------------------|----------------|---------------------|---------------|
| Tanpa Perkuatan | 100                              | 0                    | 0              | 0,7                 | 0             |
| 2B              | 100                              | 300,0                | 200,0          | 16,28               | 23 kali lipat |

Tabel 3 menunjukkan bahwa *footing* yang diletakkan di atas media tanah lempung lunak tanpa perkuatan dapat menahan beban maksimum (P) sebesar 0,7 kN, sedangkan penggunaan perkuatan anyaman bambu dengan variasi kedalaman 2B dan lebar perkuatan 30 cm dapat menahan beban maksimum (P) yang lebih tinggi yaitu sebesar 16,28 kN. Dilihat dari beban maksimum yang dapat ditahan, sampel tanah dengan perkuatan anyaman bambu efektif meningkatkan beban maksimum *footing* sebesar 23 kali lipat dibandingkan dengan tanpa menggunakan perkuatan. Dari analisa di atas dapat dilihat bahwa perkuatan menggunakan material anyaman bambu dapat menahan beban yang lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan perkuatan.

### Besar nilai beban pada penurunan yang sama

Untuk mengetahui nilai beban pada kondisi penurunan yang sama dengan cara memakai acuan penurunan sebesar -5 mm. Acuan penurunan sebesar -5 mm dipakai karena semua sampel pondasi telah melewati penurunan lebih dari -5 mm. Hasil analisa beban yang dapat ditahan pada penurunan -5 mm disajikan pada Gambar 6. Tabel 4 menunjukkan bahwa semakin besar dimensi lebar perkuatan anyaman bambu maka nilai beban yang dapat ditahan semakin besar. Dilihat dari hasil pengujian tanah lempung lunak dengan perkuatan anyaman bambu dapat menahan

beban lebih besar dibandingkan dengan hasil pengujian tanah lempung lunak tanpa perkuatan. Dari pengujian tanah lempung lunak menggunakan perkuatan anyaman bambu dengan variasi dimensi lebar perkuatan anyaman bambu 15 cm, 20 cm, 25 cm, dan 30 cm pada setiap variasi kedalaman yang sesuai menunjukkan bahwa semakin lebar perkuatan maka beban yang dapat ditahan juga semakin besar. Hal tersebut selaras dengan pembahasan hasil tes secara umum bahwa semakin besar dimensi lebar perkuatan anyaman bambu maka akan berbanding lurus dengan beban maksimum yang dapat ditahan.

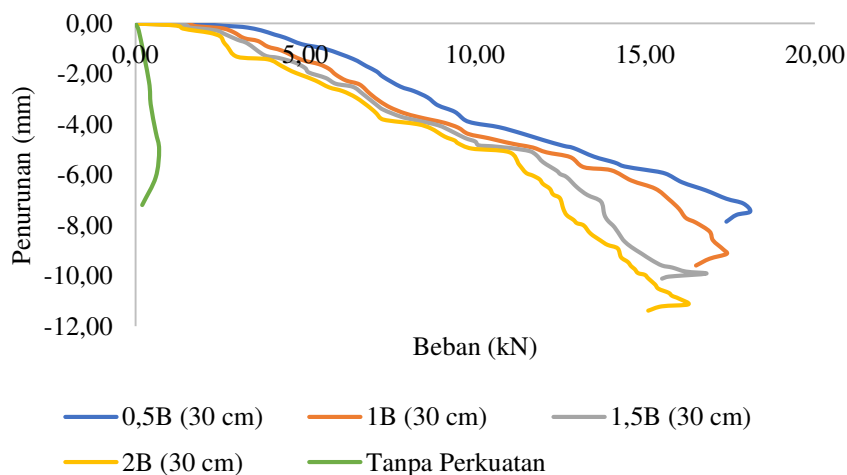


Gambar 6. Nilai beban pada kondisi penurunan -5 mm

Tabel 4. Besarnya nilai beban pada kondisi penurunan -5 mm

| Variasi         | Diameter Footing, B (mm) | Lebar Perkuatan (mm) | Kedalaman (mm) | Penurunan, S (mm) | Beban (kN) |
|-----------------|--------------------------|----------------------|----------------|-------------------|------------|
| Tanpa Perkuatan | 100                      | 0                    | 0              | -5,00             | 0,7        |
| 0,5B            | 100                      | 150,0                | 50,0           | -5,00             | 4,80       |
| 1B              | 100                      | 200,0                | 100,0          | -5,00             | 6,13       |
| 1,5B            | 100                      | 250,0                | 150,0          | -5,00             | 6,80       |
| 2B              | 100                      | 300,0                | 200,0          | -5,00             | 9,90       |

**Efektivitas pengaruh kedalaman dan lebar perkuatan**

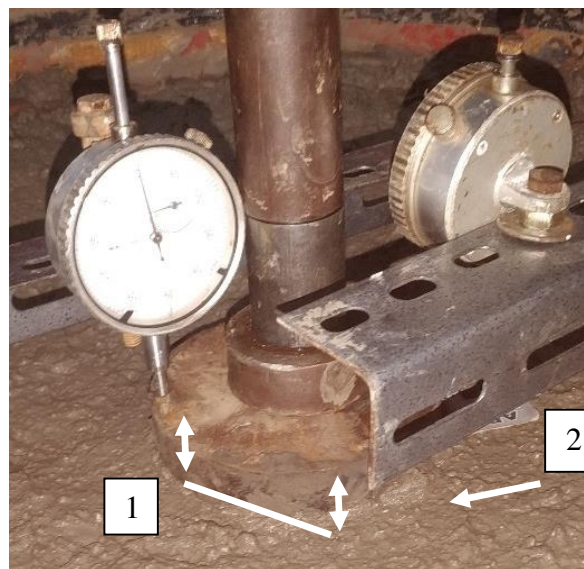


Gambar 7. Hubungan antara beban dengan penurunan pada lebar perkuatan 30 cm dalam setiap variasi kedalaman

Pada pengujian daya dukung tanah lempung lunak dengan perkuatan nyaman bambu, variasi kedalaman dan lebar perkuatan ditentukan dengan metode distribusi tekanan dalam tanah 2 Vertikal : 1 Horzional. Dalam metode ini menyebutkan pendistribusian tegangan dalam tanah terjadi akibat beban tanah itu sendiri dan beban sebuah struktur yang ada di atasnya terhadap kedalaman bidang titik yang ditinjau. Penjelasan mengenai hal tersebut dapat diidentifikasi dengan pengujian menggunakan variasi lebar perkuatan anyaman bambu yang sama dengan variasi kedalaman yang berbeda. Ditahap ini dilakukan pengujian menggunakan variasi lebar perkuatan anyaman bambu yang paling lebar yaitu 30 cm dengan variasi kedalaman 0.5B (5 cm), 1B (10 cm), 1.5B (15 cm), dan 2B (20 cm). Hasil analisa beban yang dapat ditahan dan penurunan dari pengujian tanah lempung lunak dengan perkuatan anyaman bambu berdiameter 30 cm pada setiap variasi kedalaman ditampilkan pada Gambar 7.

#### **Tipe keruntuhan tanah lempung lunak dengan perkuatan anyaman bambu terhadap pembebanan**

Perilaku tanah saat awal pembebanan sampai mencapai keruntuhan, dapat digambarkan dari pondasi kaku pada kedalaman tidak melebihi lebarnya, yang dibebani secara berangsur-angsur (Listyawan, 2017). *Footing* dapat mengalami keruntuhan disebabkan kurangnya daya dukung sehingga dapat menyebabkan keruntuhan *footing*. *Footing* mengalami keruntuhan dibuktikan pada Gambar 8 semua penurunan pada *footing* disetiap variasi kedalaman dan lebar perkuatan tidak melebihi dari lebar *footing*.

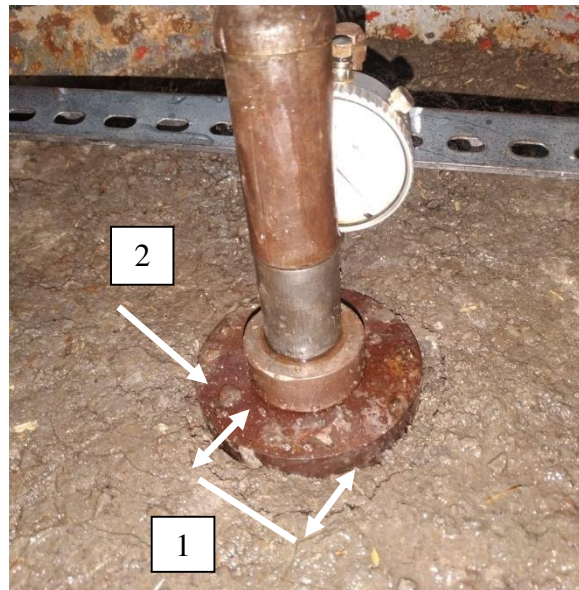


Gambar 8. *Footing* sebelum dilakukan pembebanan

Terlihat pada Gambar 9 bahwa sampel tanah lempung lunak tidak menggunakan perkuatan anyaman bambu mengalami keruntuhan penetrasi (*punching shear*). Pada tipe keruntuhan ini, keruntuhan geser tanah tidak terjadi sehingga *footing* hanya menembus dan menekan tanah ke samping yang menyebabkan pemampatan tanah di area sekitar *footing*.



Gambar 9. *Footing* setelah pembebanan pada tanah lempung lunak tanpa adanya perkuatan



Gambar 10. *Footing* Setelah Pembebanan Pada Tanah Lempung Lunak Dengan Perkuatan

Ada beberapa jenis keruntuhan pondasi diantaranya keruntuhan geser umum, keruntuhan geser lokal, dan keruntuhan penetrasi. Keruntuhan penetrasi adalah keruntuhan pondasi yang hanya menembus dan menekan tanah ke samping yang menyebabkan pemampatan tanah didekat pondasi sehingga tidak terjadi keruntuhan geser tanah (Vesic, 1973). Dilihat pada gambar 9 bahwa *footing* langsung menembus dan menekan ke dalam tanah. Keruntuhan geser umum merupakan keruntuhan pondasi yang terjadi menurut bidang runtuh yang diidentifikasi dengan jelas. Keruntuhan ini terjadi dalam waktu yang mendadak yang diikuti adanya penggulingan pondasi (Vesic, 1973). Pada gambar 10 dapat diketahui bahwa *footing* mengalami penggembungan tanah yang ditandai dengan tidak rata permukaan tanah disekitar *footing* yang semula disekeliling permukaan tanah tersebut rata. Selain itu, kondisi pada sisi *footing* yang mengalami penurunan dibandingkan sebelum terjadi pengujian. Maka dari itu keruntuhan *footing* termasuk tipe keruntuhan geser umum. Selain pengaruh dari penggembungan tanah tersebut, pada pengujian ini keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan geser umum karena beban yang didapatkan mencapai nilai maksimum yang dapat dilihat pada Tabel 2.

### Kesimpulan

Hasil pengujian sifat fisis tanah lempung lunak didapat nilai kadar air kering udara 10,67% lalu dilakukan penambahan air hingga mencapai kadar air sebesar 59,81% sesuai dengan kadar air rencana. Dari pengujian berat jenis dengan nilai 2,64, untuk batas-batas *Atterberg* meliputi batas cair (LL) 65,39%, batas plastis (PL) 22,26%, indeks plastisitas (PI) 43,12%, batas susut (SL) 11,63%, dan lolos saringan no. 200 sebesar 65,00% maka jenis tanah dapat diidentifikasi kedalam sistem klasifikasi AASTHO termasuk kelompok A-7-5 dan klasifikasi USCS termasuk CH.

Hasil dari pengujian perbaikan tanah lempung lunak dengan menggunakan *loading frame* didapatkan nilai penurunan *footing* (S) dan beban maksimum (P). *Footing* diletakan diatas media lapisan tanah lempung lunak tanpa perkuatan dan menggunakan perkuatan anyaman bambu dengan variasi kedalaman perletakan perkuatan pada lapisan tanah lempung lunak berdasarkan parameter perbandingan diameter *footing* (B) sebesar 0.5B (5 cm) dengan lebar perkuatan 15 cm, 1B (10 cm) dengan lebar perkuatan 20 cm, 1.5B (15 cm) dengan lebar perkuatan 25 cm, dan 2B (20 cm) dengan lebar perkuatan 30 cm. Hasil pengujian pembebanan pada tanah lempung lunak baik dari beban maksimum setiap sampel dan besar nilai beban pada kondisi penurunan yang sama dapat disimpulkan bahwa semakin besar lebar perkuatan anyaman bambu maka beban maksimum yang dapat ditahan akan semakin besar ditunjukkan pada sampel dengan variasi lebar perkuatan anyaman bambu berdiameter 30 cm yang memiliki beban maksimum terbesar dibandingkan sampel dengan perkuatan yang lainnya. Hal ini juga diperkuat variasi lebar perkuatan yang semakin besar akan menambah kekuatan daya dukung tanah lempung lunak untuk menahan beban, karena adanya perkuatan anyaman bambu dapat memotong penyebaran tegangan tanah. Semakin besar luas penampang pada perkuatan, tegangan yang ada di dalam tanah akan semakin menyebar sehingga tegangan yang disebabkan oleh beban aksial menjadi rata, akibatnya beban yang dapat ditahan semakin besar dan penurunan yang terjadi menjadi kecil.

Penggunaan material anyaman bambu sebagai bahan perbaikan tanah lempung lunak dapat mempengaruhi nilai penurunan dan beban maksimum yang dapat ditahan. Tanah lempung lunak yang diberi perkuatan anyaman bambu dengan variasi kedalaman 2B dan lebar perkuatan 30 cm dapat menahan beban maksimum lebih besar daripada tanah lempung lunak tanpa perkuatan. Peningkatan beban maksimum yang dapat ditahan tanah lempung lunak dengan

perkuatan anyaman bambu dengan variasi kedalaman 2B dan lebar perkuatan 30 cm efektif meningkatkan daya dukung tanah sebesar 23 kali lipat dibandingkan dengan tanah lempung lunak tanpa perkuatan.

Variasi kedalaman peletakan material perkuatan anyaman bambu pada pengujian perbaikan tanah lempung lunak mempengaruhi nilai penurunan dan beban maksimum yang ditahan. Dalam metode distribusi tekanan dalam tanah 2 Vertikal : 1 Horizontal menjelaskan semakin jauh titik kedalaman yang ditinjau maka bidang tekannya akan semakin lebar yang menyebabkan tegangan yang diterima akan semakin kecil. Pada hasil pengujian menunjukkan nilai beban maksimum yang semakin kecil seiring bertambahnya variasi kedalaman yang ditinjau. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa variasi lebar perkuatan lebih berpengaruh dibandingkan dengan pengaruh variasi kedalaman perkuatan.

*Footing* yang diletakan diatas lapisan tanah lempung lunak dengan perkuatan anyaman bambu mengalami keruntuhan setelah dilakukan pembebanan ditandai dengan perubahan formasi *footing*. Diidentifikasi bahwa *footing* mengalami penggulingan dan tanah di sekeliling *footing* mengalami pergerakan keluar. Maka dari itu, dapat ditarik kesimpulan bahwa tipe keruntuhan yang terjadi pada *footing* yang diletakan diatas lapisan tanah lempung lunak dengan perkuatan anyaman bambu termasuk kedalam keruntuhan geser umum.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang membantu dan memberikan dukungan dan fasilitas dalam semua proses penelitian ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Semoga dengan adanya hasil penelitian ini dapat berguna dalam bidang yang terkait.

### Daftar Pustaka

- J. T. Sipil, F. Teknik, dan U. S. Kuala, “Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Untuk Material,” vol. 1, no. September, hal. 61–70, 2011.
- R. Dewi dan S. Sarino, “Pengaruh Perkuatan Anyaman Bambu Terhadap Peningkatan Daya Dukung Tanah Lempung,” *J. Ilmu Tek. Sriwij.*, vol. 1, no. 1, hal. 102967, 2013.
- A. Waruwu, O. Zega, D. Rano, B. M. T. Panjaitan, dan S. Harefa, “Kajian Nilai California Bearing Ratio (CBR) Pada Tanah lempung Lunak Dengan Variasi Tebal Stabilisasi Menggunakan Abu Vulkanik,” *J. Rekayasa Sipil*, vol. 17, no. 2, hal. 116, 2021, doi: 10.25077/jrs.17.2.116-130.2021.
- R. S. Riwayati dan R. Yuniar, “Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Kapur Untuk Lapisan Tanah Dasar Konstruksi,” *J. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 2, hal. 104–111, 2018, doi: 10.36546/tekniksipil.v8i2.32.
- A. Saefudin, S. Wulandari, P. Studi, T. Sipil, dan U. Gunadarma, “Kombinasi Perkuatan Anyaman Bambu Dan Grid Bambu Repairing Silty Clay Soil With the Combination of Bamboo Woven Strengthening and Bamboo Grid,” 2019.
- A. Khatib, M. Zain, Yusuf, dan A. Marto, “Bearing capacity of soft soil using bamboo-geotextile composite,” *J. Sainis*, vol. 8, hal. 61–69, 2005, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.uir.ac.id/index.php/sainis/article/view/1629>
- R. Dewi, Y. Sutejo, dan Hanafiah, “Peningkatan Daya Dukung Tanah Dengan Perkuatan Anyaman dan Grid Bambu,” 2013.
- N. S. Surjandari, “Pengaruh Anyaman Bambu Terhadap Daya Dukung Dan,” 2007.
- R. Dewi, Y. Sutejo, dan F. Faskal, “Penggunaan Terpal Dan Grid Bambu Sebagai Alternatif Perbaikan Tanah Terhadap Penurunan Pondasi Dangkal Pada Tanah Gambut,” *Cantilever*, vol. 5, no. 1, hal. 343–349, 2016, doi: 10.35139/cantilever.v5i1.36.
- D. Listyawan, A.B., *Mekanika Tanah dan Rekayasa Pondasi*. Muhammadiyah University Press: Surakarta, 2017.
- A. S. (1973) Vesic, “Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations,” *J. Soil Mech. Found. Div. ASCE*, vol. 99, *SMI, Jan.*, pp. 45 – 73, 1973, 1973.