

Perkuatan Tanah Lempung Medium Menggunakan Cerucuk Bambu Di Zona Pasif Dan Geser Radial Pada Pondasi Dangkal

Reinforcement of Medium Loam Soil Using Bamboo Chips in the Passive Zone and Radial Shear in Shallow Foundations

Dyan Shelina Lorenza¹⁾, Arief Alihudien²⁾, Ilanka Cahya Dewi³⁾

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: shelinaas002@gmail.com

² Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

³ Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: ilankadewi@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Tanah lempung medium memiliki daya dukung rendah dan menyebabkan permasalahan struktural pada pondasi dangkal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas cerucuk bambu sebagai metode perkuatan tanah pada zona pasif dan zona geser radial terhadap peningkatan daya dukung pondasi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Jember menggunakan metode model fisik skala laboratorium. Variabel yang diuji meliputi variasi kedalaman cerucuk (5 cm, 10 cm, 15 cm) dan jarak antar cerucuk (2,5 cm, 5 cm, 7,5 cm). Daya dukung tanah dianalisis berdasarkan nilai q ultimate dan Bearing Capacity Ratio (BCR). Hasil menunjukkan bahwa semakin besar rasio kedalaman cerucuk terhadap lebar pondasi (z/B), nilai BCR meningkat secara signifikan, dengan nilai tertinggi pada kedalaman 15 cm dan jarak 2,5 cm. Nilai koefisien determinasi (R^2) mencapai 0,9967–1,0, mengindikasikan pengaruh kuat dan konsisten antara parameter perkuatan dengan daya dukung tanah. Penelitian ini menegaskan bahwa kombinasi kedalaman cerucuk yang optimal dan jarak antar cerucuk yang rapat sangat efektif dalam meningkatkan stabilitas pondasi dangkal di atas tanah lempung.

Kata Kunci: Perkuatan; Bambu; Lempung; Pondasi; Tanah.

Abstract

Medium clay soils have low bearing capacity and cause structural problems in shallow foundations. This research aims to evaluate the effectiveness of bamboo cribs as a method of soil reinforcement in the passive zone and radial shear zone towards increasing the bearing capacity of the foundation. Tests were conducted at the Soil Mechanics Laboratory of Muhammadiyah Jember University using a laboratory-scale physical model method. The tested variables included variations in the depth of the cuttings (5 cm, 10 cm, 15 cm) and the distance between the cuttings (2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm). Soil bearing capacity was analyzed based on the ultimate q value and Bearing Capacity Ratio (BCR). The results showed that the greater the ratio of the depth of the pile to the foundation width (z/B), the BCR value increased significantly, with the highest value at a depth of 15 cm and a spacing of 2.5 cm. The coefficient of determination (R^2) reached 0.9967-1.0, indicating a strong and consistent influence between the reinforcement parameters and soil bearing capacity. This study confirms that the combination of optimum depth and tight spacing of cores is very effective in improving the stability of shallow foundations on clay soils

Keywords: Reinforcement; Bamboo; Loam; Foundation; Soil.

1. PENDAHULUAN

Pondasi berfungsi menyalurkan beban struktur ke tanah keras dan menjadi elemen penting dalam kestabilan bangunan (Aisah & Dhiniati, 2023). Salah satu jenis yang umum digunakan adalah pondasi langsung, seperti pondasi dangkal, karena efisien, ekonomis, dan cocok untuk bangunan ringan (Mutohar & Nugroho, 2024; Triastuti, 2022). Pondasi ini umumnya memiliki kedalaman hingga 5 meter.

Keberhasilan pondasi sangat bergantung pada kondisi tanah. Tanah lempung termasuk jenis bermasalah karena berbutir halus, kohesif, plastis, serta memiliki daya dukung rendah. Kemampuan menyerap air yang tinggi menyebabkan perubahan volume dan penurunan kapasitas dukung (Faradila, 2023). Hal ini dapat memicu (*settlement*) dan merusak struktur. Salah satu solusi perkuatan yang efektif adalah penggunaan cerucuk bambu.

Cerucuk bambu bersifat ekonomis, fleksibel, dan memiliki kekuatan tarik yang baik. Efektivitasnya bergantung pada interaksi dengan tanah, terutama pada zona pasif dan zona geser radial. Zona pasif merupakan area dengan gaya lateral dominan (Novianto et al., 2022). sedangkan zona geser radial mengalami deformasi akibat beban vertikal.

Dengan pendekatan ini, diharapkan diperoleh data representatif untuk merumuskan strategi perkuatan pondasi dangkal. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini berjudul: “Studi Perkuatan Tanah Lempung Medium Menggunakan Cerucuk Bambu Di Zona Pasif (*Passive Zone*) dan Zona Geser Radial (*Radial Shear Zone*) Pada Pondasi Dangkal (Studi Kasus: Jalan Raya Pantura Desa Silomukti, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten Situbondo)”.

Adapun permasalahan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kedalaman pemasangan cerucuk di zona pasif dan zona geser radial terhadap daya dukung pondasi dangkal?
2. Bagaimana pengaruh jarak pemasangan cerucuk di zona pasif dan zona geser radial terhadap daya dukung pondasi dangkal?

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi kedalaman pemasangan cerucuk bambu di zona pasif dan zona geser radial terhadap peningkatan daya dukung pondasi dangkal pada tanah lempung
2. Mengetahui pengaruh variasi jarak antar cerucuk bambu di zona pasif dan zona geser radial terhadap peningkatan daya dukung pondasi dangkal pada tanah lempung.

Selain itu, penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah adalah sebagai berikut:

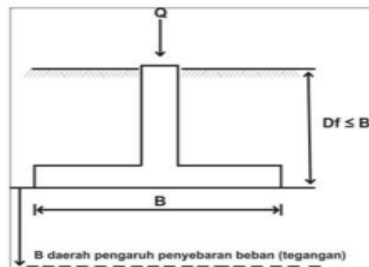
1. Penelitian ini hanya berfokus pada tanah lempung yang diambil dari lokasi Jalan Raya Pantura Desa Silomukti, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten Situbondo, sehingga hasilnya mungkin tidak dapat digeneralisasi untuk jenis tanah lain.
2. Topik penelitian yang dibahas hanya perkuatan daya dukung tanah lempung medium dengan uji laboratorium menggunakan cerucuk bambu.
3. Hanya menggunakan variasi diameter cerucuk 1 ukuran, jarak 2,5 cm, 5 cm dan 7,5 cm serta kedalaman 5 cm, 10 cm dan 15 cm, jenis bambu lain tidak akan dianalisis dalam penelitian ini.
4. Ukuran box 45 cm × 25 cm × 33 cm dengan bantuan alat uji CBR laboratorium untuk mendapatkan nilai $q_{ultimit}$.
5. Tidak membahas Rencana Anggaran Biaya.
6. Peraturan dan pedoman yang digunakan dalam analisa adalah SNI 8460 : 2017 tentang “Persyaratan Perencanaan Geoteknik”, untuk perencanaan pondasi.
7. Perhitungan daya dukung tanah (q_{ult}) diperoleh dari grafik hasil analisa hubungan beban persatuan luas dan penurunan jarak dengan menggunakan *Double Intersection Method* (Metode Dua Garis Tegak Lurus).

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pondasi Dangkal (*Shallow Foundation*)

Pondasi dangkal adalah pondasi yang dibangun dekat permukaan tanah, biasanya pada kedalaman kurang dari tiga meter, dan berfungsi menyebarkan beban agar tidak melebihi kapasitas dukung tanah (Aisah & Dhiniati, 2023). Jenis pondasi ini umum digunakan pada bangunan ringan karena efisien,

murah, dan mudah dibangun (Mutohar & Nugroho, 2024; Triastuti, 2022).



Gambar 1. Pondasi Dangkal

Sumber : Elpitah et al, 2023

Jenis pondasi dangkal mencakup pondasi setempat, menerus, pelat, cakar ayam, dan sarang laba-laba. Prinsip utamanya adalah menyebarkan beban ke tanah dengan mempertimbangkan kapasitas dukung, distribusi beban, dan pengaruh kelembaban. Meski efisien dan berbiaya rendah, pondasi ini rentan terhadap keruntuhan geser, baik pada tanah kuat maupun lemah (Fahmi, 2022; Hardiyatmo, 2002). Keunggulannya adalah pemasangan cepat dan cocok untuk bangunan ringan, namun kurang ideal untuk struktur berat atau tanah yang tidak stabil. Oleh karena itu, pemahaman karakteristik pondasi sangat penting dalam perencanaan yang aman.

B. Tanah Lempung Medium

Tanah lempung termasuk jenis tanah bermasalah dalam konstruksi karena sifatnya yang kohesif, plastis, dan memiliki daya dukung rendah. Sebagai tanah berbutir halus ($< 0,002$ mm), lempung sangat dipengaruhi oleh kadar air karena mudah menyerap air (Hardiyatmo, 2002). Lempung medium memiliki plastisitas dan kekuatan sedang, serta perubahan volume yang tidak seekstrem lempung plastis tinggi. Namun, keruntuhan masih bisa terjadi akibat perubahan lingkungan atau beban berlebih (Hawanto et al., 2021; Teritip, 2022). Jenis-jenis keruntuhan yang umum meliputi:

1. Penurunan Tanah Tidak Merata (*Differential Settlement*)
2. Keruntuhan Daya Dukung Tanah (*Bearing Capacity Failure*)
3. Keruntuhan Akibat Perubahan Kadar Air (*Shrink-Swell Collapse*)
4. Keruntuhan Erosi (*Erosion Failure*)

C. Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah memiliki dua sistem yang umum digunakan yaitu:

1. *Unified Soil Classification System (USCS)*: mengelompokkan tanah berdasarkan ukuran butir dan plastisitas; tanah berbutir kasar jika $< 50\%$ lolos saringan No. 200, dan berbutir halus jika $> 50\%$.
2. *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*: digunakan dalam perkerasan jalan, dengan klasifikasi berdasarkan persentase lolos ayakan, batas cair (*liquid limit*), dan indeks plastisitas (*plasticity index*).

D. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah (*soil bearing capacity*) adalah kemampuan tanah menahan beban tanpa mengalami penurunan atau kegagalan. Tanah lempung umumnya memiliki daya dukung rendah karena sifat plastis dan kohesifnya, terutama saat jenuh air. Faktor yang memengaruhi meliputi, kohesi tanah, kelembapan atau kadar air tanah, kepadatan, jenis dan kedalaman, serta beban yang diberikan.

Penentuan daya dukung ultimit (*qult*) pondasi dangkal menggunakan *Double Tangent Method*, yaitu menganalisis kurva beban–penurunan dari uji beban. Titik potong antara garis elastis dan plastis ditetapkan sebagai nilai *qult*. Untuk tanah lempung, diperlukan serangkaian pengujian laboratorium:

1. Uji Berat Volume
2. Uji Kadar Air
3. Uji *Spesifik Gravity*
4. Uji Liquid Limit
5. Uji Plastic Limit
6. Uji Shrinkage Limit
7. Uji Analisa Ayakan
8. Uji Analisa Hidrometer
9. Uji Kuat Tekan
10. Uji *Unconfined Compression Test (UCT)*

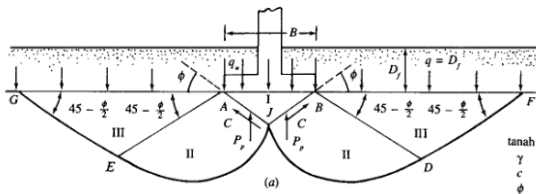
E. Cerucuk Bambu

Perkuatan tanah adalah teknik geoteknik untuk meningkatkan sifat tanah lemah agar mampu menahan beban dan menjaga stabilitas struktur (Terzaghi). Salah satu metode efisien adalah penggunaan cerucuk bambu, terutama di

daerah dengan sumber daya bambu melimpah. Bambu memiliki kekuatan tinggi terhadap berat dan sifat mekanik yang baik, sehingga efektif menyalurkan beban melalui *skin friction* dan *end bearing*, serta meningkatkan kekakuan tanah lunak.

F. Zona Pasif dan Zona Geser radial

Zona pasif adalah area di sekitar pondasi dangkal yang tidak langsung menerima gaya lateral, sehingga relatif stabil terhadap beban luar. Pada tanah lempung medium, zona ini bersifat elastis dan kohesif, efektif dalam menahan beban vertikal (Novianto et al., 2022 Hardiyatmo, 2002). Sebaliknya, zona geser radial mengalami deformasi lateral akibat beban vertikal, dengan gaya geser yang sangat dipengaruhi oleh kohesi tanah. Jika kapasitas geser terlampaui, dapat terjadi penurunan daya dukung hingga kegagalan struktur.



Gambar 2. Analisis Daya Dukung Tanah Menurut Terzaghi

Sumber : Mekanika Tanah Jilid 1I, 1993

3. METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

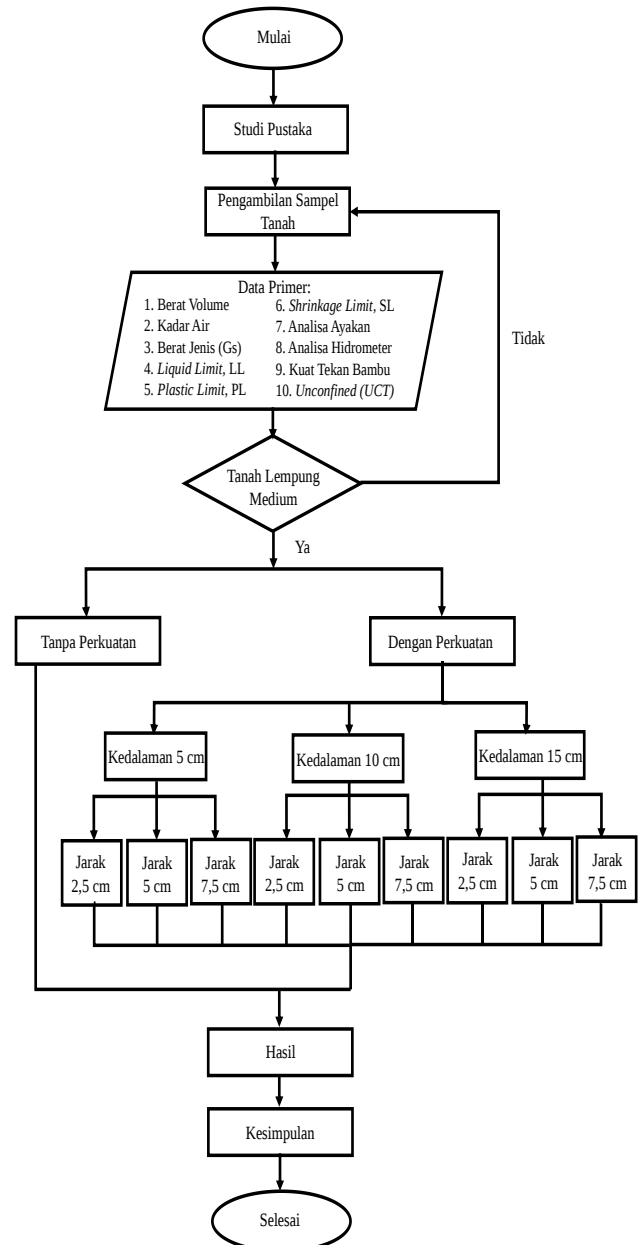
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, dengan sampel tanah diambil dari Jalan Raya Pantura, Desa Silomukti, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten Situbondo. Lokasi ini dipilih karena memiliki karakteristik tanah lempung medium yang mewakili kondisi tanah bermasalah.



Gambar 3. Lokasi Pengambilan Sampel
Sumber : Website Google Maps, 2024

B. Tahapan Penelitian

Tahapan dalam metode penelitian ini digambarkan secara sistematis melalui diagram alir pada Gambar 4.



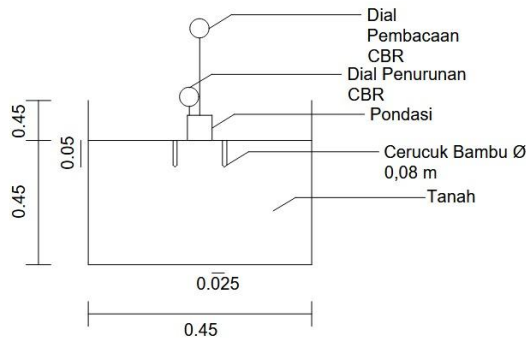
Gambar 4. Tahapan Penelitian

Sumber : Data Penelitian, 2024

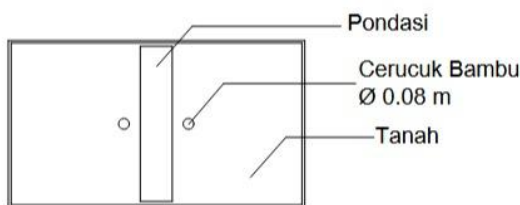
C. Model Penelitian

Model pondasi diletakkan di atas tanah lempung medium dalam box uji berukuran $45 \times 25 \times 33 \text{ cm}^3$. Alat uji memiliki faktor kalibrasi 32,3118 untuk mengonversi pembacaan

menjadi beban aktual (kgf). Penurunan diukur dengan *dial gauge* untuk menentukan hubungan beban dan penurunan. Variasi perkuatan menggunakan cerucuk bambu dengan panjang 5, 10, dan 15 cm serta jarak 2,5, 5, dan 7,5 cm.



Gambar 5. Model Penelitian (Potongan)
Sumber : Data Penelitian, 2024



Gambar 6. Model Penelitian (Tampak Atas)
Sumber : Data Penelitian, 2024

D. Pengujian Tanah

Penelitian ini menguji respons tanah lempung medium terhadap cerucuk bambu melalui uji laboratorium di Laboratorium Mekanika Tanah. Tahap awal dimulai dengan pengujian tanah:

1. Uji Berat Volume

Pengujian berat volume tanah bertujuan menentukan berat tanah per satuan volume, termasuk air dan udara. Sampel dimasukkan ke dalam cetakan silinder standar dan ditimbang, sedangkan volume dihitung dari ukuran cetakan. persingkat.

2. Uji Kadar Air

Pengujian ini dilakukan dengan pengambilan beberapa gram sampel tanah yang dimasukkan kedalam cawan kecil dan kemudian ditimbang untuk mengetahui beratnya pada saat basah dan saat kering.

3. Uji Berat Jenis (*Spesific Gravity*)

Pengujian ini menggunakan sampel tanah kering yang dihaluskan, kemudian dimasukkan ke gelas piknometer, ditimbang dalam kondisi basah dan kering, serta dibakar sesuai prosedur SNI.

4. Uji Konsistensi Tanah

Pengujian konsistensi tanah dilakukan dengan 3 macam uji, yaitu Batas Cair (*Liquid Limit, LL*), Batas Plastis (*Plastis Limit, PL*), Batas Susut (*Shrinkage Limit, SL*).

5. Uji Analisa Ayakan

Pengujian klasifikasi tanah membutuhkan 500 gram sampel tanah yang sudah di oven atau dikeringkan.

6. Uji Analisa Hidrometer

Pengujian hidrometer dilakukan pada tanah yang lolos ayakan 0,075 mm (No. 200) dan telah diendapkan selama 24 jam.

7. Uji Kuat Tekan Bambu

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah menahan beban hingga gagal. Pada tanah yang diperkuat cerucuk bambu, pengujian ini juga menilai efektivitas perkuatan dan ketahanan bambu terhadap gaya tekan horizontal akibat interaksi dengan tanah.

8. Uji *Unconfined Compression Test* (UCT)

Pengujian *Unconfined Compression Test* (UCT) dilakukan pada sampel tanah remoulded berdiameter ≥ 30 mm menggunakan ekstruder kecil. Pengujian dilakukan dengan alat UCT, sedangkan alat Torvane digunakan sebagai alternatif cepat di lapangan.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Tanah di Laboratorium

1. Berat Volume Tanah

Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Volume Tanah

Sampel Kode	Satuan	1	2
Berat cawan (W1)	gr	13,20	13,60
Berat cawan+tanah basah (W2)	gr	28,40	29,30
Berat cawan+tanah kering (W3)	gr	23,60	24,50
Berat cawan peluberan (W4)	gr	249,00	249,00
Berat cawan peluberan +hg luber (W5)	gr	384,80	367,80
Berat hg luber (W6=W5-W6)	gr	135,80	118,80
Berat tanah kubus (W7=W2-W1)	gr	15,20	15,70
Volume tanah	cc	9,99	8,74
Berat air (W8=W2-W3)	gr	4,80	4,80

Sampel Kode	Satuan	1	2
Berat tanah kering (W9=W3-W1)	gr	10,40	10,90
Kadar air	%	46,15	44,04
Kadar air rata-rata, $\bar{\omega}$ %	%	45,10	
Berat volume tanah	gr/cc	1,52	1,80
Berat volume tanah rata-rata	gr/cc	1,66	
Berat volume tanah kering, γ_d	gr/cc	1,04	1,25
Berat volume tanah kering rata-rata	gr/cc	1,14	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

2. Kadar Air Tanah

Tabel 2. Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Sampel 1

Sampel 1	Satuan	1	2	3
Berat cawan (W1)	gr	14,00	12,80	14,60
Berat cawan+tanah basah (W2)	gr	50,40	63,40	81,60
Berat cawan+tanah kering (W3)	gr	36,40	46,60	59,80
Berat air (W8=W2-W3)	gr	14,00	16,80	21,80
Berat tanah kering (W9=W3-W1)	gr	22,40	33,80	45,20
Kadar air tanah terganggu	%	62,50	49,70	48,23
Kadar air rata-rata, $\bar{\omega}$ %	%		53,48	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 3. Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Sampel 2

Sampel 2	Satuan	1	2	3
Berat cawan (W1)	gr	14,00	12,80	14,60
Berat cawan+tanah basah (W2)	gr	50,40	63,40	81,60
Berat cawan+tanah kering (W3)	gr	38,40	49,20	60,30
Berat air (W8=W2-W3)	gr	12,00	14,20	21,30
Berat tanah kering (W9=W3-W1)	gr	24,40	36,40	45,70
Kadar air tanah terganggu	%	49,18	39,01	46,61
Kadar air rata-rata, $\bar{\omega}$ %	%		44,93	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 4. Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Sampel 3

Sampel 3	Satuan	1	2	3
Berat cawan (W1)	gr	14,00	12,80	14,60
Berat cawan+tanah basah (W2)	gr	50,40	63,40	81,60
Berat cawan+tanah kering (W3)	gr	41,40	50,40	61,10
Berat air (W8=W2-W3)	gr	9,00	13,00	20,50
Berat tanah kering (W9=W3-W1)	gr	27,40	37,60	46,50

Sampel 3	Satuan	1	2	3
Kadar air tanah terganggu	%	32,85	34,57	44,09
Kadar air rata-rata, $\bar{\omega}$ %	%	37,17		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

3. Berat Jenis Tanah (GS)

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah

Sampel Kode	Satuan	1	2
Berat Piknometer (W10)	gr	128,00	173,00
Berat Piknometer + Air (W11)	gr	625,40	670,00
Berat Piknometer + air + tanah (W12)	gr	683,40	729,40
Berat Cawan (W1)	gr	90,40	83,60
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	gr	700,20	708,00
Berat Cawan + Tanah Kering (W3)	gr	185,20	179,80
Berat air (W8 = W2-W3)	gr	515,00	528,20
Berat Tanah Kering (W13=W9=W3-W1)	gr	94,80	96,20
Temperatur Campuran Tanah + air (T1°C)	°C	30	
GS (Pada T1° C) =	%	2,58	2,61
Correction Factor, a		0,9974	0,9974
GS (pada 20°C) = a*Gs (pada T1°C)		2,57	2,61
Gs rata-rata		2,59	

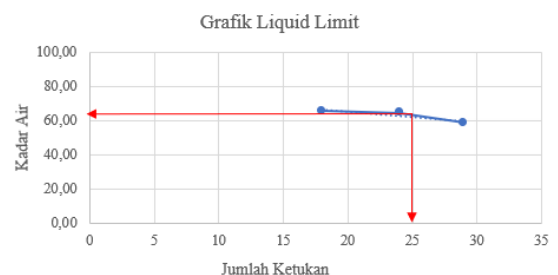
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

4. Konsistensi Tanah

Tabel 6. Hasil Pengujian *Liquid Limit*, LL

Liquid Limit				
Sampel	Satuan	1	2	3
Jumlah ketukan		18	24	29
Berat cawan	gr	16,40	14,00	14,00
Berat cawan+tanah basah (W2)	gr	36,60	29,80	28,60
Berat cawan+tanah kering (W3)	gr	28,60	23,60	23,20
Berat tanah kering (W4=W3-W1)	gr	12,20	9,60	9,20
Berat air (WS=W2-W3)	gr	8,00	6,20	5,40
Kadar air (W=WS/W4*100)	%	65,57	64,58	58,70
Rata-rata	%		62,95	
FI	%		7,93	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 7. *Liquid Limit*, LL

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 7. Hasil Pengujian *Plastic Limit*, PL

Plastic Limit					
Sampel	Satuan	Tanah Gulung Retak		Tanah Gulung tak Retak	
		1	2	1	2
Berat cawan (W1)	gr	14,40	13,20	13,60	14,60
Berat cawan+tanah basah (W2)	gr	15,40	14,00	15,20	16,00
Berat cawan+tanah kering (W3)	gr	15,20	13,70	14,60	15,60
Berat tanah kering (W4=W3-W1)	gr	0,80	0,50	1,00	1,00
Berat air (W5=W2-W3)	gr	0,20	0,30	0,60	0,40
Plastis limit, PL=(W2-W3)/(W3-W1)×100%	gr	25,00	60,00	60,00	40,00
Rata-rata PL	%		46,25		
PI (LL-PL)	%		16,70		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 8. Hasil Pengujian *Shrinkage Limit*, SL

Shrinkage Limit					
Sampel	Satuan	1	2		
Berat (W1)	gr	43,20	40,40		
Berat Skrinkage Limit + Tanah Basah (W2)	gr	86,80	83,00		
Berat Skrinkage Limit + Tanah Kering (W3)	gr	69,80	66,40		
Berat Air Raksa (Ws)	gr	270,40	270,20		
Berat Air Raksa Di Skrinkage (W4)	gr	405,40	409,40		
Berat Tanah Kering (W9=W3-W1)	gr	26,60	26,00		
Berat Air (W8=W2-W3)	gr	17,00	16,60		
Kadar Air W=W8/W9×100%	%	63,91	63,85		
Kadar Air Tanah Sampai Batas Kerut W=(W4-Ws)/(13,6(W3-W1)) *100%	%	37,32	39,37		
Batas Kerut SL (w-W)	%	26,59	24,48		
Batas Kerut Rata-Rata	%		25,54		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

5. Analisa Ayakan

Tabel 9. Hasil Pengujian Analisa Ayakan

Saringan		Baskom+ tanah kering yang terendap			
No	mm	Berat no	Berat baskom	+tanah basah	
4	4,46	1	29,4	31,8	29,40
10	2	2	29,8	35,2	40,20
20	0,85	3	29,6	42,6	30,00
40	0,43	4	74,0	491,8	79,20
60	0,25	5	67,2	469,4	82,80
120	0,11	6	72,6	307,0	88,60
200	0,08	7	74,8	457,0	75,30
pan		8	84,2	1823,4	530,60

Total Berat sampel %kehilangan

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 10. Lanjutan Hasil Pengujian Analisa Ayakan

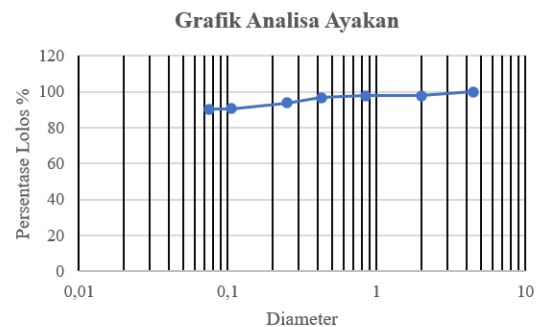
Berat tanah tertahan	Komulatif tanah	Persen tanah tertahan	Komulatif	
			% tertahan	% lolos
0	0	0	0	100
10,4	10,4	2,08	2,08	97,92
0,4	10,8	0,08	2,16	97,84
5,2	16	1,04	3,2	96,8
15,6	31,6	3,12	6,32	93,68
16	47,6	3,2	9,52	90,48
0,5	48,1	0,1	9,62	90,38
446,4	494,5	89,28	98,9	1,1
494,5		98,9		
		500		
		1,10		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 11. Lanjutan Hasil Pengujian Analisa Ayakan

PI	16,70
LL	62,95
SL	25,54
LL-30	32,95

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 8. Analisa Ayakan

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

6. Analisa Hidrometer

Tabel 12. Hasil Pengujian Analisa Hidrometer

Waktu	Start	R	Rcp	Presentase butiran halus
				%
(mnt)	(jam)	Data		
15	14.50.15	42	44,79	90,42
30	14.50.30	40	42,79	86,38
1	14.51	39	41,79	84,36
2	14.52	39	41,79	84,36
4	14.54	37	39,79	80,33
8	14.58	36	38,79	78,31
15	15.05	36	38,79	78,31
30	15.20	36	38,79	78,31
60	15.50	36	38,79	78,31
120	16.50	36	38,79	78,31

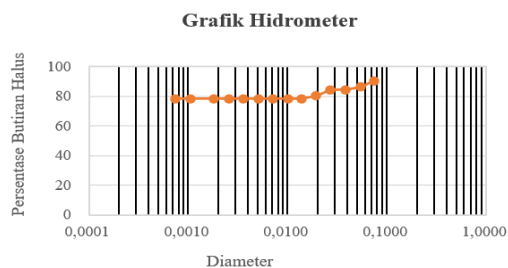
Waktu	Start	R	Rcp	Presentase butiran halus
(mnt)	(jam)	Data		%
240	18.50	36	38,79	78,31
480	22.50	36	38,79	78,31
1440	14.50	36	38,79	78,31
2880	14.50	36	38,79	78,31

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

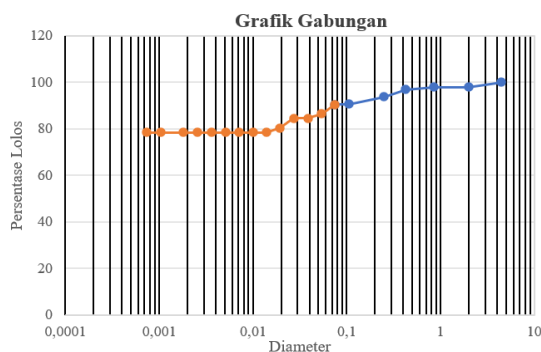
Tabel 13. Lanjutan Hasil Pengujian Analisa Hidrometer

L	A	D	T
cm		cm	
9,4	0,012	0,0748	0,25
9,8	0,012	0,0540	0,5
9,92	0,012	0,0384	1
9,92	0,012	0,0272	2
10,1	0,012	0,0194	4
10,3	0,012	0,0138	8
10,4	0,012	0,0102	15
10,4	0,012	0,0072	30
10,62	0,012	0,0051	60
10,62	0,012	0,0036	120
10,62	0,012	0,0026	240
10,62	0,012	0,0018	480
10,62	0,012	0,0010	1440
10,62	0,012	0,0007	2880

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 9. Analisa Hidrometer
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 10. Grafik Gabungan
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Hasil hidrometer menunjukkan 75–90% partikel <0,002–0,1 mm, menandakan dominasi

lempung dan lanau. Berdasarkan AASHTO, dengan 90,38% lolos saringan No. 200, LL 62,95%, PL 46,25%, dan PI 16,70%, tanah diklasifikasikan sebagai A-7-5.

7. Unconfined Compression Test (UCT)

Tabel 14. Hasil Perhitungan Sampel Tanah

No	Gamma tanah	Berat jenis	Gamma air	Angka pori
	γ	Gs	γ_w	e
	gr/cm ³			
1	1,65	2,59	0,981	1,23
2	1,7	2,59	0,981	1,11
3	1,8	2,59	0,981	0,90

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 15. Lanjutan Hasil Perhitungan Sampel Tanah

Kadar air	Kadar Air	Tegangan	Tegangan	Tanah kering
W _c	W _c	s	s	W _s
%			%	
45,0	0,45	0,95	94,5	100
41,3	0,41	0,96	96,2	100
34,4	0,34	0,99	99,3	100

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 16. Lanjutan Hasil Perhitungan Sampel Tanah

Berat air	Tanah kering+air	Volume	tanah kering +air	Kuat tekan undrained
W _w	W	V	W	C _u
		m ³	gr	kg/cm ²
45,0	145	0,0000625	103,1	0,36
41,3	141,3	0,0000625	106,3	1,79
34,4	134,4	0,0000625	112,5	2,5

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

8. Kuat Tekan Bambu

Pengujian ini menggunakan jenis cerucuk bambu yaitu bambu solid berdiameter 8 mm yang diuji secara horizontal menggunakan alat Unconfined Compression Test (UCT). Hasil pengujian menunjukkan nilai momen kapasitas pada sampel 1 sebesar 0,60 kg/m, sampel 2 sebesar 0,57 kg/m dan sampel 3 sebesar 0,82 kg/m. Nilai momen kapasitas dari 3 sampel tersebut diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,65 kg/m. Nilai tersebut menggambarkan kemampuan cerucuk bambu dalam menahan momen lentur akibat beban lateral yang mencerminkan seberapa besar tumpuan momen internal yang dapat ditahan batang bambu sebelum mengalami kerusakan lentur.

9. Perhitungan Sampel Tanah dalam Box

Tabel 17. Hasil Perhitungan Sampel Tanah dalam Box

No	Gamma tanah γ gr/cm ³	Berat jenis Gs	Gamma air γ_w	Angka pori e
1	1,8	2,59	0,981	0,90

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 18. Lanjutan Hasil Perhitungan Sampel Tanah dalam Box

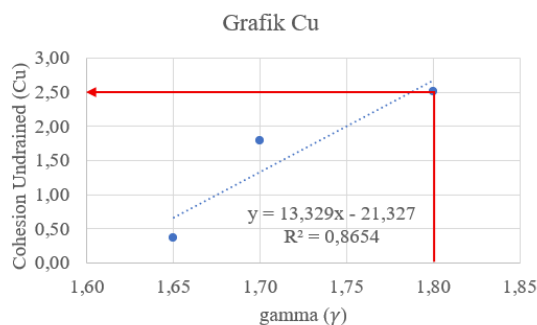
Kadar air W_c %	Kadar Air W_c	Tegangan s	Tegangan s	Tanah kering W_s
34,4	0,34	0,99	99,3	100

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 19. Lanjutan Hasil Perhitungan Sampel Tanah dalam Box

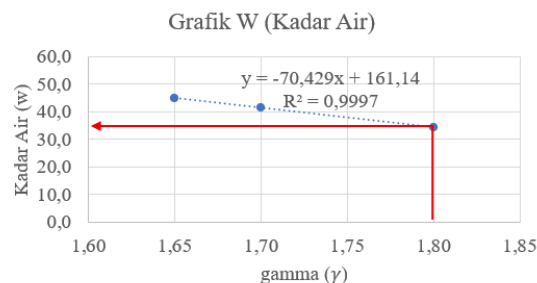
Berat air W_w	Tanah kering+air W	Volume V m ³	tanah kering+air W gr	Kuat tekan undrained C_u kg/cm ²
34,4	134,4	0,0000625	112,5	2,5

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 11. Hubungan γ dan C_u

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 12. Hubungan γ dan Kadar Air

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Berdasarkan grafik, diperoleh berat volume (γ) 1,8 gr/cm³, kuat geser tak terdrainase (C_u)

2,5 kg/cm², dan kadar air (W) 34,4%. Karakteristik ini mengklasifikasikan tanah sebagai lempung medium dengan konsistensi *medium stiff* sesuai Tabel 17, berdasarkan rentang C_u 0,25–0,5 kg/cm².

Tabel 20. Konsistensi Tanah

Konsistensi tanah	C_u (kg/cm ²)	SPT, N	Sondir, q_n (kg/cm ²)
Sangat lunak (<i>very soft</i>)	< 0,125	< 2,5	< 7,5
Lunak (<i>soft</i>)	0,125-0,25	2,5-5	7,5-15
Sedang (<i>medium stiff</i>)	0,25-0,5	5-10	15-30
Kaku (<i>stiff</i>)	0,5-1,0	10-20	30-60
Sangat kaku (<i>very stiff</i>)	1,0-2,0	20-40	60-120
Keras (<i>hard</i>)	> 2,0	> 40	> 120

Sumber : Rony media.com

10. Uji Pemodelan Tanpa Perkuatan Cerucuk Bambu

Pada tanah lempung medium tanpa perkuatan cerucuk bambu memiliki daya dukung rendah, sehingga kurang optimal dalam mendistribusikan beban dan berisiko mengalami penurunan lebih cepat. Nilai *qult* tercatat sebesar 2,0 kg/m², sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 20, 21, dan Gambar 14.

Tabel 21. Hasil Pembacaan Pengujian CBR Laboratorium Tanpa Perkuatan Cerucuk Bambu

Waktu	Penurunan	Pembacaan arloji	Tanpa perkuatan
0	0	0	0
0,25	0,0125	31,75	0,2
0,5	0,025	63,5	0,5
1	0,05	127	1
1,5	0,075	190,5	1,5
2	0,1	254	2,3
3	0,15	381	4
4	0,2	508	5
6	0,3	762	5,3
8	0,4	1016	5,5
10	0,5	1270	5,8

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 22. Lanjutan Hasil Pembacaan Pengujian CBR Laboratorium Tanpa Perkuatan Cerucuk Bambu

Faktor kalibrasi	Nilai beban setelah kalibrasi	Beban (kgf)	Penetrasi (beban/luas permukaan)
0	0	0	0
32,3118	6,46	2,91	0,00
32,3118	16,16	7,27	0,00
32,3118	32,31	14,54	0,01

Faktor kalibrasi	Nilai beban setelah kalibrasi	Beban (kgf)	Penetrasi (beban/luas permukaan)
32,3118	48,47	21,81	0,01
32,3118	74,32	33,44	0,02
32,3118	129,25	58,16	0,03
32,3118	161,56	72,70	0,04
32,3118	171,25	77,06	0,04
32,3118	177,71	79,97	0,04
32,3118	187,41	84,33	0,05

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 23. Hasil Perhitungan Pengujian CBR Laboratorium Tanpa Perkuatan Cerucuk Bambu

Dia l	Penur unan inchi	Kalibra si	Gaya Kgf	Konve rsi N	Gaya N
0	0	0	0	0	0
0,2	0,0125	32,3118	6,46	9,81	63,40
0,5	0,025	32,3118	16,16	9,81	158,49
1	0,05	32,3118	32,31	9,81	316,98
1,5	0,075	32,3118	48,47	9,81	475,47
2,3	0,1	32,3118	74,32	9,81	729,05
4	0,15	32,3118	129,25	9,81	1267,92
5	0,2	32,3118	161,56	9,81	1584,89
5,3	0,3	32,3118	171,25	9,81	1679,99
5,5	0,4	32,3118	177,71	9,81	1743,38
5,8	0,5	32,3118	187,41	9,81	1838,48

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 24. Lanjutan Hasil Perhitungan Pengujian CBR Laboratorium Tanpa Perkuatan Cerucuk Bambu

B m	H m	A	Mkap N/m	Mkap t/m	Mkap Kg/m ²
0	0	0	0	0	0
0,2	0,0125	32,3118	6,46	9,81	63,40
0,5	0,025	32,3118	16,16	9,81	158,49
1	0,05	32,3118	32,31	9,81	316,98
1,5	0,075	32,3118	48,47	9,81	475,47
2,3	0,1	32,3118	74,32	9,81	729,05
4	0,15	32,3118	129,25	9,81	1267,92
5	0,2	32,3118	161,56	9,81	1584,89
5,3	0,3	32,3118	171,25	9,81	1679,99
5,5	0,4	32,3118	177,71	9,81	1743,38
5,8	0,5	32,3118	187,41	9,81	1838,48

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 13. Hubungan Beban Persatuan Luas dan Penurunan Tanpa Perkuatan
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

11. Uji Pemodelan dengan Perkuatan Cerucuk Bambu Berdasarkan Variasi Kedalaman

Pengujian CBR di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Jember menggunakan variasi kedalaman cerucuk bambu 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Tanah uji memiliki $\gamma = 1,8 \text{ g/cm}^3$ dan kadar air 34,4%, sesuai hasil uji kuat tekan bebas.

Tabel 25. Hasil Permodelan dengan Variasi Kedalaman Cerucuk Bambu 5 cm

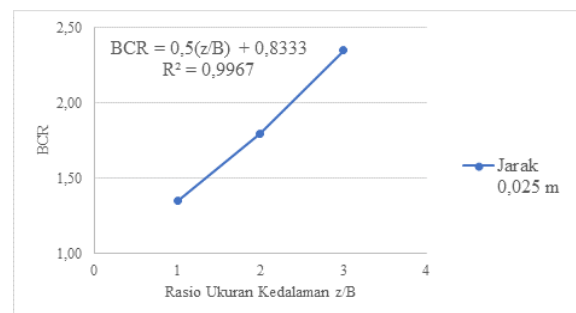
Sampel	Lebar pondasi B	Jarak d	Kedalaman z
1	0,05	0,025	0,05
2	0,05	0,025	0,10
3	0,05	0,025	0,15

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 26. Lanjutan Hasil Permodelan dengan Variasi Kedalaman Cerucuk Bambu 5 cm

Rasio z/B	q _o kg/m ²	q _{ult} kg/m ²	BCR
1	2,0	2,7	1,35
2	2,0	3,6	1,80
3	2,0	4,7	2,35

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 14. Hubungan Rasio z/B untuk Perkuatan Variasi Kedalaman 5 cm
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Pengaruh kedalaman cerucuk bambu 5 cm dianalisis melalui rasio z/B terhadap BCR menggunakan regresi linier sederhana. Gambar 15 menunjukkan persamaan $BCR = 0,5(z/B) + 0,8333$ dengan $R^2 = 0,9967$ (99,67%), yang menunjukkan hubungan linear positif sangat kuat. Artinya, peningkatan rasio z/B secara proporsional meningkatkan BCR. Berdasarkan klasifikasi Chin (1998), nilai R^2 ini tergolong kuat ($\geq 0,67$), sehingga rasio z/B berpengaruh signifikan terhadap peningkatan daya dukung

pondasi pada tanah lempung yang diperkuat cerucuk bambu.

Tabel 27. Hasil Permodelan dengan Variasi Kedalaman Cerucuk Bambu 10 cm

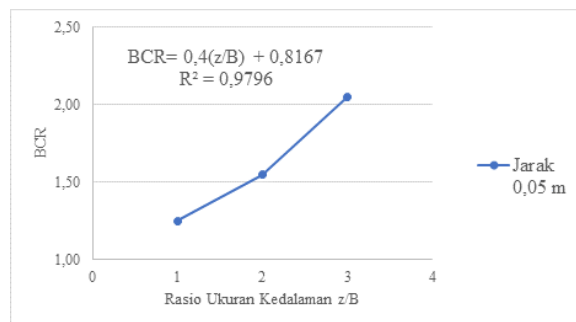
Sampel	Lebar pondasi	Jarak	Kedalaman
	B	d	z
1	0,05	0,05	0,05
2	0,05	0,05	0,10
3	0,05	0,05	0,15

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 28. Lanjutan Hasil Permodelan dengan Variasi Kedalaman Cerucuk Bambu 10 cm

Rasio z/B	q_o kg/m ²	q_{ult} kg/m ²	BCR
1	2,0	2,5	1,25
2	2,0	3,1	1,55
3	2,0	4,1	2,05

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 15. Hubungan Rasio z/B untuk Perkuatan Variasi Kedalaman 10 cm

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Pengaruh cerucuk bambu dengan kedalaman 10 cm dianalisis melalui rasio z/B terhadap BCR menggunakan regresi linier sederhana. Gambar 16 menunjukkan persamaan $BCR = 0,4(z/B) + 0,8167$ dengan $R^2 = 0,9796$ (97,96%), yang menandakan hubungan linear positif yang kuat. Semakin besar rasio z/B, nilai BCR meningkat secara proporsional. Berdasarkan klasifikasi Chin (1998), nilai R^2 ini tergolong kuat ($\geq 0,67$), sehingga kedalaman cerucuk berpengaruh signifikan terhadap peningkatan daya dukung pondasi pada tanah lempung yang diperkuat cerucuk bambu. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan kedalaman cerucuk memperbesar luas kontak gesek dengan tanah, sehingga meningkatkan daya tahan terhadap beban vertikal.

Tabel 29. Hasil Permodelan dengan Variasi Kedalaman Cerucuk Bambu 15 cm

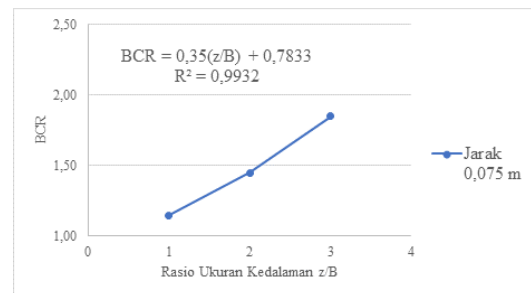
Sampel	Lebar pondasi	Jarak	Kedalaman
	B	d	z
1	0,05	0,075	0,05
2	0,05	0,075	0,10
3	0,05	0,075	0,15

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 30. Lanjutan Hasil Permodelan dengan Variasi Kedalaman Cerucuk Bambu 15 cm

Rasio z/B	q_o kg/m ²	q_{ult} kg/m ²	BCR
1	2,0	2,3	1,15
2	2,0	2,9	1,45
3	2,0	3,7	1,85

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 16. Hubungan Rasio z/B untuk Perkuatan Variasi Kedalaman 15 cm

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Pengaruh cerucuk bambu dengan kedalaman 15 cm dianalisis melalui rasio z/B terhadap BCR menggunakan regresi linier sederhana. Gambar 17 menunjukkan persamaan $BCR = 0,35(z/B) + 0,7833$ dengan $R^2 = 0,9932$, menandakan hubungan linear positif yang sangat kuat. Artinya, semakin besar rasio z/B, BCR meningkat secara signifikan. Berdasarkan klasifikasi Chin (1998), nilai R^2 tergolong kuat, sehingga rasio z/B berperan penting dalam peningkatan daya dukung pondasi pada tanah lempung yang diperkuat cerucuk bambu. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin dalam cerucuk ditanam, semakin luas bidang kontak antara bambu dan tanah, yang memperbesar kontribusi gesekan kulit (skin friction) dan mengurangi konsentrasi tegangan pada zona bawah pondasi. Hal ini berpengaruh langsung terhadap stabilitas pondasi, terutama dalam kondisi tanah lempung yang plastis dan kohesif. Selain itu, cerucuk

yang lebih dalam juga mampu menembus lapisan tanah yang lebih padat, memberikan tumpuan tambahan yang meningkatkan kapasitas dukung vertikal pondasi secara keseluruhan.

Tabel 31. Hasil Permodelan dengan Variasi Jarak Cerucuk Bambu 2,5 cm

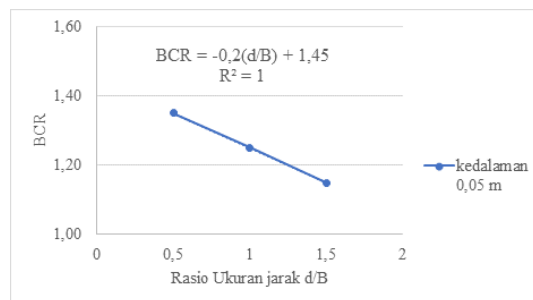
Sampel	Lebar pondasi	Jarak	Kedalaman
	B	d	z
1	0,05	0,025	0,05
2	0,05	0,05	0,05
3	0,05	0,075	0,05

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 32. Lanjutan Hasil Permodelan dengan Variasi Jarak Cerucuk Bambu 2,5 cm

Rasio d/B	q_o kg/m ²	q_{ult} kg/m ²	BCR
0,5	2,0	2,7	1,35
1	2,0	2,5	1,25
1,5	2,0	2,3	1,15

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 17. Hubungan Rasio d/B untuk Perkuatan Variasi Jarak 2,5 cm
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Pengaruh cerucuk bambu dengan jarak 2,5 cm dianalisis melalui rasio d/B terhadap BCR menggunakan regresi linier sederhana. Gambar 18 menunjukkan persamaan $BCR = -0,2(d/B) + 1,45$ dengan $R^2 = 1$ (100%), menunjukkan hubungan linear negatif sempurna. Artinya, semakin besar rasio d/B, nilai BCR menurun. Jarak cerucuk yang terlalu lebar mengurangi efektivitas perkuatan, sedangkan jarak lebih rapat meningkatkan BCR karena beban tersebar lebih merata. Berdasarkan klasifikasi Chin (1998), nilai R^2 ini tergolong sangat kuat, menegaskan pentingnya pengaturan jarak antar cerucuk dalam peningkatan daya dukung

pondasi pada tanah lempung yang diperkuat bambu. Hasil ini juga memperkuat temuan bahwa densitas cerucuk yang lebih tinggi dapat memperbesar zona tanah terkonfinasi, meningkatkan kekakuan massa tanah, dan menahan beban vertikal secara lebih efisien.

Tabel 33. Hasil Permodelan dengan Variasi Jarak Cerucuk Bambu 5 cm

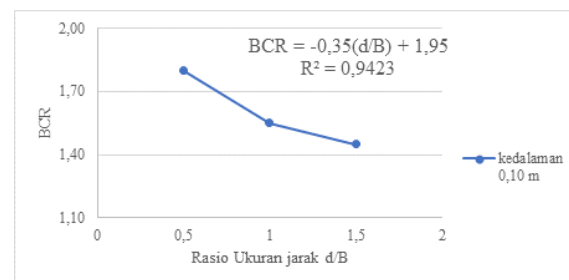
Sampel	Lebar pondasi	Jarak	Kedalaman
	B	d	z
1	0,05	0,025	0,10
2	0,05	0,05	0,10
3	0,05	0,075	0,10

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 34. Lanjutan Hasil Permodelan dengan Variasi Jarak Cerucuk Bambu 5 cm

Rasio d/B	q_o kg/m ²	q_{ult} kg/m ²	BCR
0,5	2,0	3,6	1,80
1	2,0	3,1	1,55
1,5	2,0	2,9	1,45

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 18. Hubungan Rasio d/B untuk Perkuatan Variasi Jarak 5 cm
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Pengaruh cerucuk bambu dengan jarak 5 cm dianalisis melalui rasio d/B terhadap BCR menggunakan regresi linier sederhana. Gambar 19 menunjukkan persamaan $BCR = -0,35(d/B) + 1,95$ dengan $R^2 = 0,9423$ (94,23%), yang menunjukkan hubungan linear negatif sangat kuat. Semakin besar rasio d/B, nilai BCR menurun akibat melemahnya interaksi antar cerucuk, sehingga efektivitas perkuatan berkurang. Berdasarkan klasifikasi Chin (1998), nilai R^2 ini tergolong sangat kuat, menegaskan pentingnya pengaturan jarak cerucuk dalam meningkatkan daya dukung pondasi pada tanah lempung yang diperkuat bambu.

Tabel 35. Hasil Permodelan dengan Variasi Jarak Cerucuk Bambu 7,5 cm

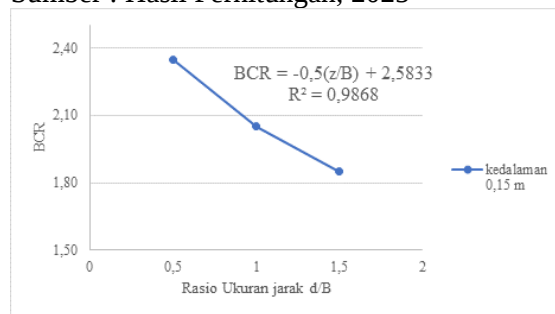
Sampel	Lebar pondasi	Jarak	Kedalaman
	B	d	z
1	0,05	0,025	0,15
2	0,05	0,05	0,15
3	0,05	0,075	0,15

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 36. Lanjutan Hasil Permodelan dengan Variasi Jarak Cerucuk Bambu 7,5 cm

Rasio d/B	q_o kg/m ²	q_{ult} kg/m ²	BCR
0,5	2,0	4,7	2,35
1	2,0	4,1	2,05
1,5	2,0	3,7	1,85

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 19. Hubungan Rasio d/B untuk Perkuatan Variasi Jarak 7,5 cm
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Pengaruh cerucuk bambu dengan jarak 7,5 cm dianalisis melalui rasio d/B terhadap BCR menggunakan regresi linier sederhana. Gambar 20 menunjukkan persamaan $BCR = -0,5(d/B) + 2,5833$ dengan $R^2 = 0,9868$ (98,68%), menunjukkan hubungan linear negatif yang sangat kuat. Semakin besar rasio d/B, nilai BCR menurun akibat melemahnya interaksi antar cerucuk, sehingga efektivitas perkuatan tanah berkurang. Berdasarkan klasifikasi Chin (1998), nilai R^2 ini tergolong sangat kuat, menegaskan bahwa pengaturan jarak cerucuk berperan penting dalam meningkatkan daya dukung pondasi pada tanah lempung yang diperkuat bambu.

12. Uji Permodelan dengan Perkuatan Cerucuk Bambu Berdasarkan Hubungan Variasi Kedalaman dan BCR

Tabel 37. Hasil Permodelan Hubungan Variasi Kedalaman dan BCR

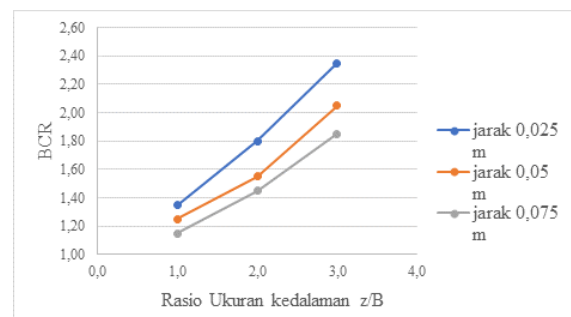
Sampel	Kedalaman z	Jarak 0,025 m q_{ult} kg/m ²	Jarak 0,05 m q_{ult} kg/m ²	Jarak 0,075 m q_{ult} kg/m ²	Lebar pondasi B
	z	q_{ult} kg/m ²	q_{ult} kg/m ²	q_{ult} kg/m ²	B
1	0,05	0,025	0,15	0,5	0,05
2	0,05	0,05	0,15	1	0,05
3	0,05	0,075	0,15	1,5	0,05

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 38. Lanjutan Hasil Permodelan Hubungan Variasi Kedalaman dan BCR

Sampel	Rasio z/B	q_o kg/m ²	BCR jarak 0,025 m	BCR jarak 0,05 m	BCR jarak 0,075 m
	z/B	kg/m ²	0,025 m	0,05 m	0,075 m
1	4,7	2,0	1,35	1,25	1,15
2	4,1	2,0	1,80	1,55	1,45
3	3,7	2,0	2,35	2,05	1,85

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 20. Hubungan Variasi Kedalaman dan BCR
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Gambar 21 menunjukkan bahwa peningkatan rasio kedalaman cerucuk terhadap lebar pondasi (z/B) secara konsisten meningkatkan nilai BCR pada semua variasi jarak antar cerucuk (0,025 m; 0,05 m; 0,075 m). Pada $z/B = 1$, BCR berkisar $\pm 1,15$ – $1,33$ dan meningkat menjadi $\pm 1,85$ – $2,43$ pada $z/B = 3$. menandakan bahwa cerucuk yang lebih rapat dan dalam memberikan perkuatan paling efektif. Kombinasi ini meningkatkan interaksi cerucuk dan volume tanah yang tertahan, sehingga memperkuat stabilitas lokal dan distribusi beban pondasi. Hal ini disebabkan karena semakin dalam cerucuk ditanam, semakin besar daya penetrasi dan friksi tanah terhadap cerucuk, sementara jarak antar cerucuk yang sempit meningkatkan efek massa tanah yang terkonfinasi di antaranya, menghasilkan peningkatan stabilitas lokal dan distribusi beban yang lebih merata.

13. Uji Permodelan dengan Perkuatan Cerucuk Bambu Berdasarkan Hubungan Variasi Jarak dan BCR

Tabel 39. Hasil Permodelan Hubungan Variasi Jarak dan BCR

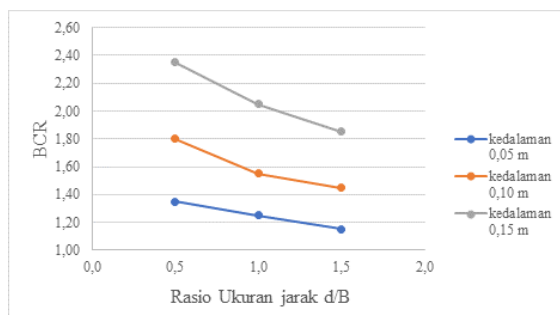
Sampel	Jarak	Kedalaman 0,05 m	Kedalaman 0,1 m	Kedalaman 0,15 m	Lebar pondasi
1	d	q_{ult} kg/m ²	q_{ult} kg/m ²	q_{ult} kg/m ²	B
1	0,025	2,7	3,6	4,7	0,05
2	0,05	2,5	3,1	4,1	0,05
3	0,075	2,3	2,9	3,7	0,05

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 40. Lanjutan Hasil Permodelan Hubungan Variasi Jarak dan BCR

Sampel	Rasio z/B	q_0 kg/m ²	BCR kedalaman 0,05 m	BCR kedalaman 0,1 m	BCR kedalaman 0,15 m
1	0,5	2,0	1,35	1,80	2,35
2	1,0	2,0	1,25	1,55	2,05
3	1,5	2,0	1,15	1,45	1,85

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 21. Hubungan Variasi Jarak dan BCR
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Gambar 22 menunjukkan bahwa peningkatan kedalaman cerucuk (z) berbanding lurus dengan peningkatan nilai BCR pada seluruh variasi rasio jarak cerucuk terhadap lebar pondasi (d/B). Pada rasio $z/B = 0,5$, BCR masing-masing sebesar $\pm 1,15$ – $1,33$, dan meningkat menjadi $\pm 1,85$ – $2,43$ saat $z/B = 1,5$. Nilai tertinggi dicapai pada kedalaman cerucuk 0,15 m, menandakan bahwa semakin dalam cerucuk ditanam, semakin besar daya dukung tanah. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya luas bidang geser dan friksi lateral antara cerucuk bambu dan tanah lempung. Oleh karena itu, kombinasi kedalaman maksimal dan jarak antar cerucuk yang rapat terbukti efektif memperkuat pondasi dangkal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Terdapat pengaruh signifikan rasio kedalaman cerucuk terhadap lebar pondasi (z/B) terhadap nilai Bearing Capacity Ratio (BCR). Peningkatan rasio z/B secara konsisten meningkatkan nilai BCR. Dari 1,35 menjadi 2,35 (74,07%) pada kedalaman 0,05 m; dari 1,25 ke 2,05 (64%) pada 0,10 m; dan dari 1,15 ke 1,85 (60,87%) pada 0,15 m. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kedalaman cerucuk efektif dalam meningkatkan daya dukung pondasi pada tanah lempung yang diperkuat dengan cerucuk bambu.
2. Terdapat pengaruh rasio jarak cerucuk (d) terhadap lebar pondasi (B), atau dikenal dengan istilah rasio d/B terhadap nilai Bearing Capacity Ratio (BCR). Pada jarak 0,025 m, BCR menurun dari 1,35 menjadi 1,15 (14,81%); pada 0,05 m dari 1,80 menjadi 1,45 (19,44%); dan pada 0,075 m dari 2,35 menjadi 1,85 (21,28%). Hal ini menunjukkan bahwa jarak cerucuk yang lebih rapat mampu mendistribusikan beban secara lebih merata, sehingga meningkatkan efektivitas perkuatan tanah lempung.

B. Saran

Adapun saran berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian lanjutan disarankan untuk menggunakan skala model yang lebih besar atau dilakukan di lapangan (*full-scale*) agar hasil yang diperoleh lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya.
2. Variasi jenis bambu, perlakuan terhadap bambu (seperti pengawetan), serta durabilitas terhadap kondisi tanah dan air tanah juga perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui ketahanan jangka panjang struktur perkuatan ini.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan pemodelan dengan bantuan aplikasi Software Plaxis agar terdeteksi dengan baik pengaruh efektivitas perkuatan pada zona pasif dan zona geser radial.

4. Penelitian selanjutnya disarankan agar memperhitungkan beban struktur atas.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, E., & Dhiniati, F. 2023. Kapasitas daya dukung pondasi dangkal dengan teori terzaghi dan mayerhof. *Konstruksia*, 15(1), 127-126.
- Binquet, J., & Lee, K. L. (1975). Bearing Capacity Tests On Reinforced Earth Slabs. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 101(GT12), 1241–1255.
- Budianto, E., Betaubun, H. F., & Fure, R. A. 2021. Studi perkuatan tanah lunak menggunakan kombinasi cerucuk kayu dan geotekstil. *Musamus Journal of Civil Engineering*. 2(2). 55-60.
- Fahmi, K. 2022. Analisa perbandingan daya dukung pondasi tiang dengan metode mayerhoff, luciano decourt, reese and wright, dan elemen hingga (plaxis). Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Islam Sultan Agung.
- Faradila, A. 2023. Studi mekanisme interaksi tanah-matras cerucuk bambu sebagai perkuatan tanah lunak. *Buletin Profesi Insinyur*, 6(1), 7–13.
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I Jilid III*. Gadjah Mada University Press, 1. Yogyakarta.
- Hawanto, A. Amran, Y., & Sriharyani, L. 2021. Analisis sifat fisik dan mekanis tanah lempung menggunakan bahan additive difa soil stabilizer dan semen. *Jumatisi*, 2(2).
- Ibrahim, M. M., & Ilyas, D. A. A. 2024. Analisis sabilitas timbunan menggunakan geotekstil dan cerucuk bambu dengan pendekatan plaxis 2D. *Prosiding FTSP Series*.
- Iqbal M., Zaki M. 2022. Analisis pengaruh perkuatan cerucuk bambu terhadap daya dukung fondasi dangkal pada tanah lunak. Prosiding Seminar Intelektual Muda. Jakarta: 23 Februari 2022. Hal. 344-349.
- Luthfiyyah, M. N., Kusumah, H., & Hartono. 2023. Analisis stabilisasi tanah dasar dengan cerucuk bambu dan geotekstil. *Rekayasa Sipil*. 17(2). 161-168.
- Mutohar, A. U, & Nugroho, A. F. 2024. Analisis perbandingan penurunan dan daya dukung fondasi dangkal pada tanah lempung dan pasir dengan variasi konsistensi tanah. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Islam Sultan Agung.
- Naibaho, A. G., & Waruwu, A. 2021. Kajian kapasitas kelompok tiang pada tanah lunak menggunakan skala kecil laboratorium. *Media Komunikasi Teknik Sipil*. 27(2). 179–186.
- Novianto, D., Sholeh, M., & Anggraini, N. 2022. Perencanaan fondasi dangkal. *Cerdas Ulet Kreatif*.
- Purnama, D. A. D., Salim, N., & Alihudin, A. 2022. Pengkajian penggunaan cerucuk bambu untuk stabilitas tanah lempung lunak pada bangunan embung serbaguna. *Jurnal Smart Teknologi*. 3(3). 286–300.
- Rahayu, R., & Permana, S. 2022. Analisis kestabilan lereng bendungan akibat fluktuasi muka air. *Jurnal Konstruksi*. 19(2). 298–309.
- Saputra, A. Alwi, A., & Aprianto, D. 2021. Pengaruh kadar air terhadap perilaku kembang susut tanah lempung di capkala kabupaten bengkayang. *JELAST*, 8(1), 1–8.
- Mulyati, R. Pamungkas, G. 2022. Stabilitas dan deformasi pada tanah lempung lunak di bendungan teritip. *Rang Teknik Journal*. 5(2), 188–193.
- Tjandrawibawa, S., Efendy, J., & Gunawan, W. 2023. Peningkatan daya dukung pondasi dangkal dengan menggunakan cerucuk : Suatu studi model. *Dimensi Teknik Sipil*. 2(2). 92-95.
- Triastuti, N. S. 2022. *Berbagai Macam Pondasi*. Edisi 1. In Mitra Ilmu. Makassar.
- Utama, D. A., Paresa, J., Budianto, E., & Hairulla, H. 2023. Uji daya dukung tanah lunak yang diperkuat menggunakan anyaman dan grid bambu. *Musamus Journal of Civil Engineering*. 5(1). 31–35.
- Waruwu, A., Susanti, R. D., Simbolon, D. S., & Asfira, D. W. 2022. Kapasitas tiang tunggal pada tanah lempung berdasarkan hasil uji model fisik. *Media Komunikasi Teknik Sipil*.