



Research Articles

Pengaruh Variasi Konfigurasi Cerucuk Bambu terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung

Effect of Cerucuk Configurations on the Unconfined Compressive Strength of Clay Soil

Catur Bejo Santoso*, Ahmad Utanaka, Dora Melati Nurita Sandi, Megalita Rodiyani

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jawa Timur, INDONESIA

**corresponding author, email : catur@poliwangi.ac.id*

Manuscript received: 02-06-2026. Accepted: 26-06-2026

ABSTRAK

Tanah lempung berplastisitas tinggi sering memiliki daya dukung rendah sehingga memerlukan metode perkuatan yang efektif dan mudah diterapkan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi panjang cerucuk bambu terhadap kuat tekan bebas tanah lempung dari Dusun Kedungdandang, Desa Tapanrejo, Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi. Sampel tanah terganggu diambil pada kedalaman 70 cm, kemudian diuji sifat fisiknya melalui analisis saringan, kadar air, berat jenis, berat isi, dan batas Atterberg. Pengujian mekanis dilakukan menggunakan *Unconfined Compression Test* pada tanah asli dan tanah yang diperkuat cerucuk bambu berdiameter 3 mm, spasi 1,25 cm, dengan panjang 3,5 cm, 5 cm, dan 7,5 cm. Hasil menunjukkan tanah tergolong lempung plastisitas tinggi dengan LL 81,81% dan IP 46,96%. Nilai UCS rata-rata meningkat dari 26,60 kPa menjadi 32,66 kPa, 36,61 kPa, dan 47,19 kPa. Konfigurasi cerucuk 7,5 cm memberikan peningkatan tertinggi, yaitu 77,41%, sehingga potensial sebagai perkuatan tanah ekonomis dan ramah lingkungan pada tanah lempung dengan daya dukung rendah.

Kata kunci : tanah lempung; cerucuk bambu; kuat tekan bebas; perkuatan tanah; *Unconfined Compression Test*

ABSTRACT

High-plasticity clay soil commonly exhibits low bearing capacity and therefore requires an effective, economical, and applicable reinforcement method. This study aims to analyze the effect of bamboo pile length variation on the unconfined compressive strength of clay soil from Kedungdandang Hamlet, Tapanrejo Village, Muncar District, Banyuwangi Regency. Disturbed soil samples were collected at a depth of 70 cm and characterized through sieve analysis, water content, specific gravity, unit weight, and Atterberg limit tests. Mechanical performance was evaluated using the *Unconfined Compression Test* on untreated clay and clay reinforced with bamboo piles measuring 3 mm in diameter, 1.25 cm spacing, and lengths of 3.5, 5, and 7.5 cm. The soil was classified as high-plasticity clay, with a liquid limit of 81.81% and plasticity index of 46.96%. The average UCS increased from 26.60 kPa to 32.66, 36.61, and 47.19 kPa. The 7.5 cm piles provided the highest improvement, 77.41% over untreated soil.

Keywords: clay soil; bamboo piles; unconfined compressive strength; soil reinforcement; *Unconfined Compression Test*

PENDAHULUAN

Tanah merupakan komponen utama yang berfungsi sebagai media pendukung bagi berbagai jenis konstruksi, mulai dari bangunan gedung, jalan, jembatan, hingga infrastruktur lainnya. Tanah dengan daya dukung yang baik akan mampu menahan beban konstruksi secara aman serta meminimalkan terjadinya deformasi maupun penurunan yang berlebihan. Oleh karena itu, investigasi karakteristik tanah menjadi tahapan penting dalam perencanaan konstruksi guna memastikan bahwa tanah yang digunakan memiliki kemampuan yang memadai untuk mendukung beban yang bekerja di atasnya (Das & Sobhan, 2018).

Terdapat berbagai jenis tanah di alam dengan karakteristik yang beragam, namun tidak semuanya memenuhi syarat sebagai lapisan pendukung konstruksi. Tanah lempung berplastisitas tinggi sering menjadi sumber permasalahan karena butirannya sangat halus dan luas permukaan spesifiknya besar, sehingga sangat dipengaruhi oleh kadar air di pori-pori (Holt et al., 2023). Perubahan kadar air dapat menyebabkan volume tanah berubah secara signifikan, baik melalui pengembangan (*swelling*) maupun penyusutan (*shrinkage*) (Rodiyani et al., 2024; Sandi et al., 2022). Pada musim kemarau, tanah lempung dengan plastisitas tinggi dapat mengalami retak akibat penyusutan, sedangkan pada musim hujan terjadi pengembangan yang besar. Siklus perubahan volume ini dapat merusak fondasi, perkerasan jalan, lantai bangunan, serta elemen struktural lainnya (Liu et al., 2019). Oleh karena itu, upaya perbaikan dan perkuatan tanah perlu dilakukan untuk meningkatkan daya dukung tanah.

Berbagai metode perbaikan tanah telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tanah lempung, baik melalui stabilisasi maupun perkuatan. Metode stabilisasi umumnya dilakukan dengan menambahkan bahan tertentu seperti semen, kapur, abu terbang (*fly ash*), maupun material pozzolan lainnya (Budhi & Maharani, 2025; Hayati & Budhi, 2025; Nurmawati et al., 2026). Perkuatan tanah merupakan salah satu metode perbaikan tanah yang dilakukan dengan menambahkan elemen tertentu ke dalam massa tanah untuk meningkatkan kapasitas dukung melalui interaksi mekanis antara tanah dan elemen perkuatan sehingga tanah memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban yang bekerja di atasnya. Perkuatan tanah dapat dilakukan menggunakan berbagai material, seperti geotekstil, geogrid, serat alami, maupun cerucuk.

Penggunaan material berbasis bambu dapat meningkatkan karakteristik mekanis tanah (Brahmachary & Rokonzaman, 2018). Penelitian oleh (Kumar et al., 2025) menyatakan bahwa penggunaan serat bambu pada tanah lempung mampu meningkatkan nilai UCS hingga sekitar 67% dibandingkan dengan kondisi tanah asli. Penelitian lain yang dilakukan (Mozumder et al., 2025) menunjukkan bahwa penambahan serat bambu pada tanah lempung dengan plastisitas tinggi mampu meningkatkan nilai UCS hingga 75% akibat terbentuknya mekanisme *bridging effect* dan *interlocking* antarpartikel tanah. Selain itu, penelitian mengenai penggunaan serat alami lainnya, seperti serat kelapa dan serat palem, juga menunjukkan peningkatan kekuatan geser dan kuat tekan tanah akibat kontribusi elemen serat dalam menahan deformasi tanah (Chen et al., 2023). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa material alami memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai alternatif perkuatan tanah yang ekonomis dan berkelanjutan.

Penggunaan cerucuk bambu pada tanah lempung juga dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength/UCS*) melalui mekanisme penguncian (*interlocking*) dan pembatasan perkembangan bidang keruntuhan tanah. Ketika tanah diberi

beban tekan, cerucuk bambu berfungsi sebagai elemen yang membantu menahan deformasi lateral sehingga keruntuhan tanah tidak terjadi secara bebas. Kondisi tersebut menyebabkan kemampuan tanah dalam menahan beban aksial meningkat dibandingkan dengan tanah tanpa perkuatan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya luas bidang kontak antara bambu dan tanah sehingga transfer tegangan menjadi lebih efektif (Chakraborty et al., 2023).

Studi mengenai penggunaan cerucuk bambu pada tanah lunak menunjukkan hasil yang cukup baik dalam meningkatkan karakteristik mekanis tanah. Penelitian oleh (Ramdhani et al., 2019) menyatakan bahwa penggunaan cerucuk bambu dengan variasi panjang dan spasi tertentu meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah lempung dibandingkan dengan kondisi tanah asli. Hasil serupa juga ditunjukkan oleh penelitian (Faradila, 2023), yang menyatakan bahwa peningkatan panjang cerucuk dan jumlah lapisan perkuatan bambu meningkatkan kekakuan sistem tanah sehingga deformasi yang terjadi menjadi lebih kecil. Selain itu, penelitian (Hosang et al., 2025) menunjukkan bahwa penggunaan cerucuk bambu pada tanah lunak dapat meningkatkan daya dukung timbunan dan mengurangi penurunan tanah. Secara keseluruhan, hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa cerucuk bambu memiliki potensi sebagai metode alternatif perkuatan tanah, terutama di daerah dengan ketersediaan bambu yang melimpah dan kondisi tanah dengan daya dukung rendah.

Dalam penelitian ini, metode perkuatan dilakukan dengan menggunakan cerucuk bambu yang dipasang pada sampel tanah lempung dengan variasi panjang cerucuk yang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh perubahan konfigurasi terhadap nilai kuat tekan bebas tanah. Melalui pengujian kuat tekan bebas, diharapkan dapat diperoleh konfigurasi cerucuk yang paling efektif dalam meningkatkan kekuatan tanah lempung sehingga dapat menjadi alternatif metode perbaikan tanah yang sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan pada kondisi tanah serupa

METODE PENELITIAN

Pengujian Sifat Fisis Tanah Asli

Tanah lempung yang digunakan pada pengujian ini berasal dari Dusun Kedungdandang, Desa Tapanrejo, Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi. Sampel tanah yang digunakan adalah tanah terganggu yaitu pengambilan sampel tanah dengan menggunakan cangkul sedalam 70 cm dari permukaan tanah seperti pada **Gambar 1**. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sifat fisis dan mekanis sample tanah. Proses pengujian sifat fisis tanah meliputi pengujian analisis saringan (BSN, 2008e), batas konsistensi tanah/atterberg limit (BSN, 2008c, 2008d), kadar air (BSN, 2008b), berat jenis (BSN, 2008a), dan berat isi (BSN, 1994) dengan menggunakan sampel tanah asli dengan jumlah sampel seperti pada **Tabel. 1**. Pengujian sifat fisis dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi awal dan mengklasifikasikan jenis tanah berdasarkan distribusi ukuran butir dan tingkat plastisitas.



Gambar 1. Pengambilan Sampel Tanah

Tabel 1. Jumlah Sampel Pengujian Sifat Fisis Tanah

No	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	Berat Sampel (gram)
1.	Analisis saringan	1	500
2.	Batas cair	4	200
3.	Batas plastis	3	100
4.	Kadar air	3	100
5.	Berat jenis	3	150
6.	Berat isi	3	200

Pengujian Sifat Mekanis

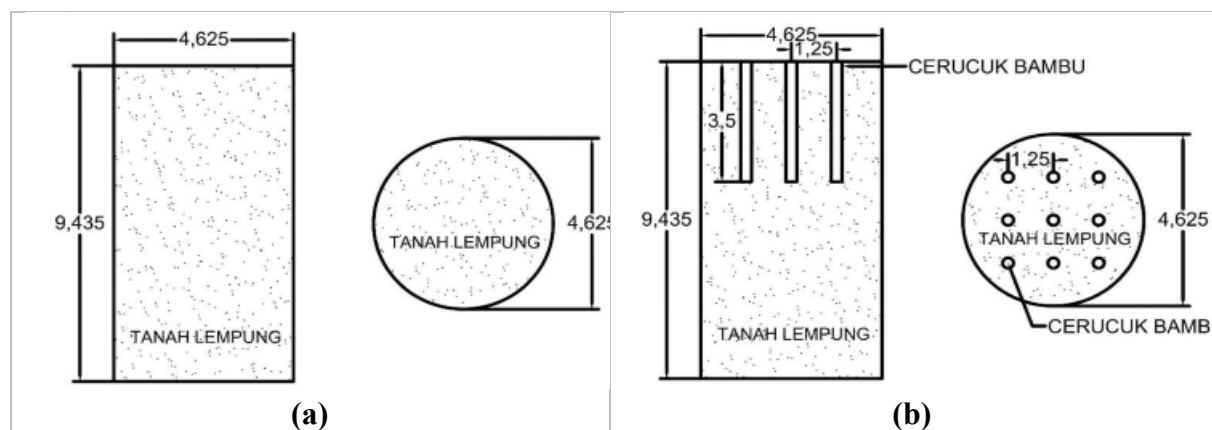
Proses pengujian sifat mekanis yang digunakan adalah pengujian kuat tekan bebas (BSN, 2012). Pengujian mekanik tanah bertujuan untuk mengetahui perilaku dan kemampuan tanah dalam menerima beban. Setiap pengujian menggunakan 3 sampel yaitu dengan menggunakan sampel tanah asli dan sampel tanah dengan menggunakan cerucuk seperti pada Tabel 2.

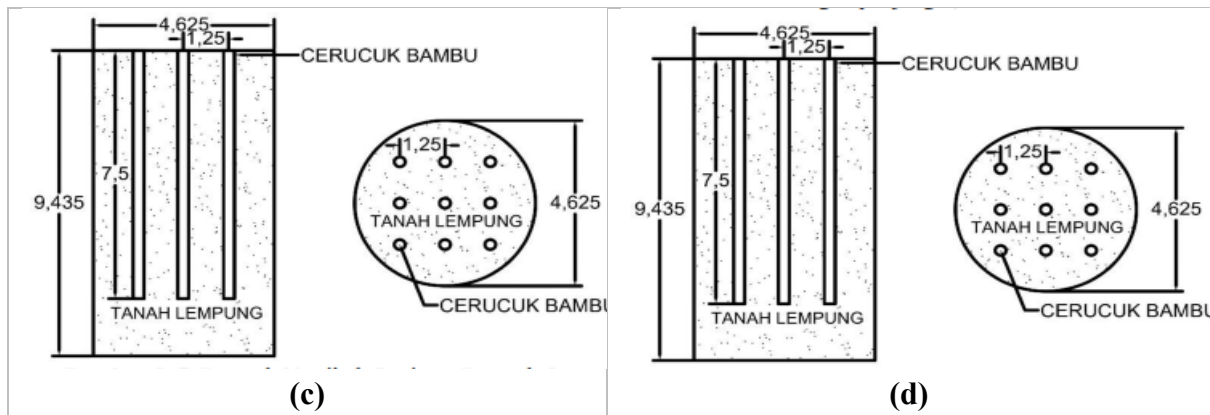
Tabel 2. Jumlah Sampel Pengujian Kuat Tekan Bebas

No	Kode	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	Berat tiap sampel (gram)
1	NC	Tanah asli	3	350
2	C1	Variasi 1 (Tanah asli+cerucuk bambu Ø3 mm, spasi 1,25 cm, panjang 3,5 cm)	3	350
3	C2	Variasi 2 (Tanah asli+cerucuk bambu Ø3 mm, spasi 1,25 cm, panjang 5 cm)	3	350
4	C3	Variasi 3 (Tanah asli+cerucuk bambu Ø3 mm, spasi 1,25 cm, panjang 7,5 cm)	3	350

Pembuatan Cerucuk Bambu

Bambu yang digunakan pada penelitian ini diambil di Dusun Kedungdandang, Desa Tapanrejo, Banyuwangi. Berdasarkan **Gambar 2**, sampel benda uji kuat tekan dibuat dengan tinggi 9,435 cm dan diameter 4,625 cm, dengan diameter cerucuk 3 mm, jarak antar cerucuk 1,25 cm, serta variasi panjang 3,5 cm, 5 cm, dan 7,5 cm. Bambu yang diambil kemudian dibuat cerucuk dengan panjang 3,5 cm sebanyak 35 buah, 5 cm sebanyak 35 buah, dan 7,5 cm sebanyak 35 buah, dengan masing-masing cerucuk berdiameter 3 mm berbentuk lingkaran. Jenis bambu dan hasil cerucuk bambu dapat dilihat pada **Gambar 3**.





Gambar 2. Sketsa Pemasangan Cerucuk Bambu, (a) tanpa cerucuk, (b) panjang cerucuk 3,5 cm, (c) panjang cerucuk 5 cm, (d) panjang cerucuk 7,5 cm.



Gambar 3. (a) Jenis Bambu Duri, (b) Cerucuk Bambu Panjang 7,5 cm

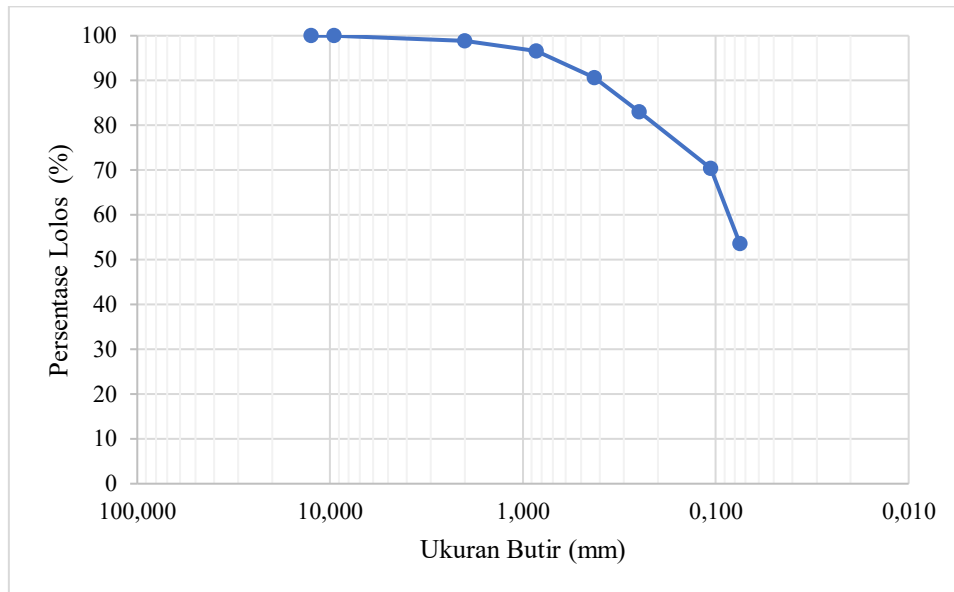
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah

Pengujian analisis saringan bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butir tanah yang menjadi dasar dalam klasifikasi tanah. Berdasarkan **Tabel 3** dan **Gambar 3** terlihat bahwa persentase lolos saringan No. 200 (0,075 mm) lebih dari 50% yaitu sebesar 53,6%, yang menunjukkan bahwa tanah didominasi oleh tanah berbutir halus. Menurut sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS), tanah dengan persentase lolos saringan No. 200 lebih dari 50% dapat dikategorikan sebagai tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yang dapat diklasifikasikan sebagai lempung atau lanau tergantung pada nilai batas Atterberg (Das & Sobhan, 2018).

Tabel 3. Hasil Analisis Saringan

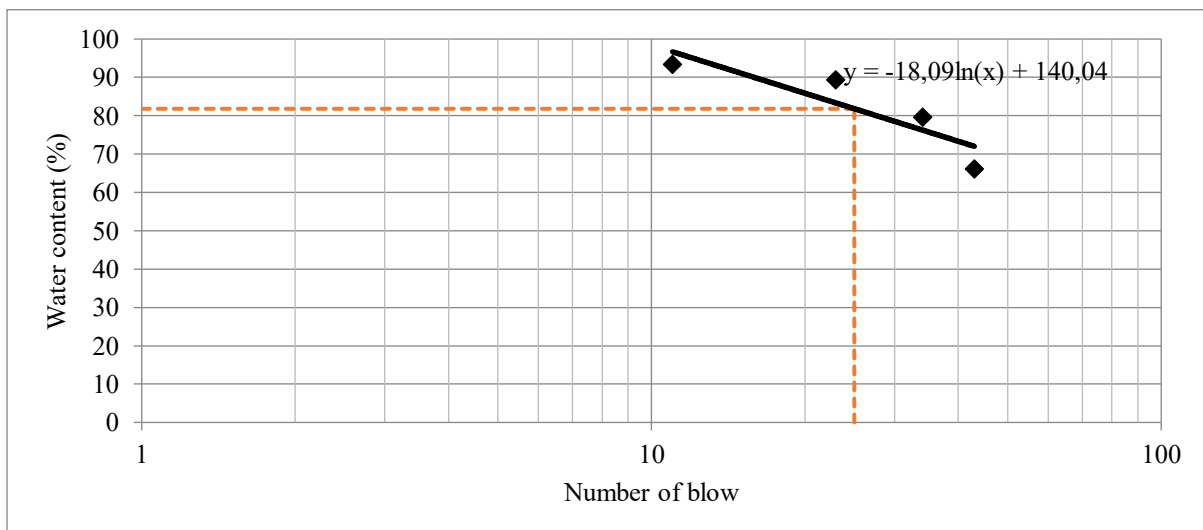
Nomor Saringan	Diameter (mm)	Berat Tanah Tertinggal (gram)	Berat Tanah Lolos (gram)	Persentase Tanah Lolos (%)	Persentase Tanah Tertinggal (%)
1/2	12,500	0,00	500,00	100	0
3/8	9,500	0,00	500,00	100	0
10	2,000	6,00	494,00	98,8	1,2
20	0,850	11,00	483,00	96,6	2,2
40	0,425	30,00	453,00	90,6	6
60	0,250	38,00	415,00	83	7,6
140	0,106	63,00	352,00	70,4	12,6
200	0,075	84,00	268,00	53,6	16,8
PAN	0,000	268,00	0,00	0	53,6
Total :		500,00			



Gambar 3. Grafik Analisis Saringan

Berdasarkan Gambar 3 grafik batas cair yaitu hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan diperoleh garis regresi logaritmik dengan persamaan $y = -18,09\ln(x) + 140,04$. Nilai batas cair diperoleh pada kondisi $N = 25$ pukulan, yaitu sebesar 81,81%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sampel tanah termasuk dalam kategori tanah dengan plastisitas tinggi.

Kurva hubungan kadar air dan jumlah pukulan pada Gambar 4 menunjukkan tren logaritmik yang konsisten, di mana semakin besar jumlah pukulan yang diperlukan untuk menutup alur, semakin rendah kadar air tanah. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar metode Casagrande, di mana batas cair didefinisikan sebagai kadar air pada kondisi energi tertentu yang menghasilkan 25 pukulan (Hrubesova et al., 2016; Kelly, 2021; Vardanega et al., 2019).



Gambar 4 Grafik Batas Cair

Tabel 3. Karakteristik Tanah Asli

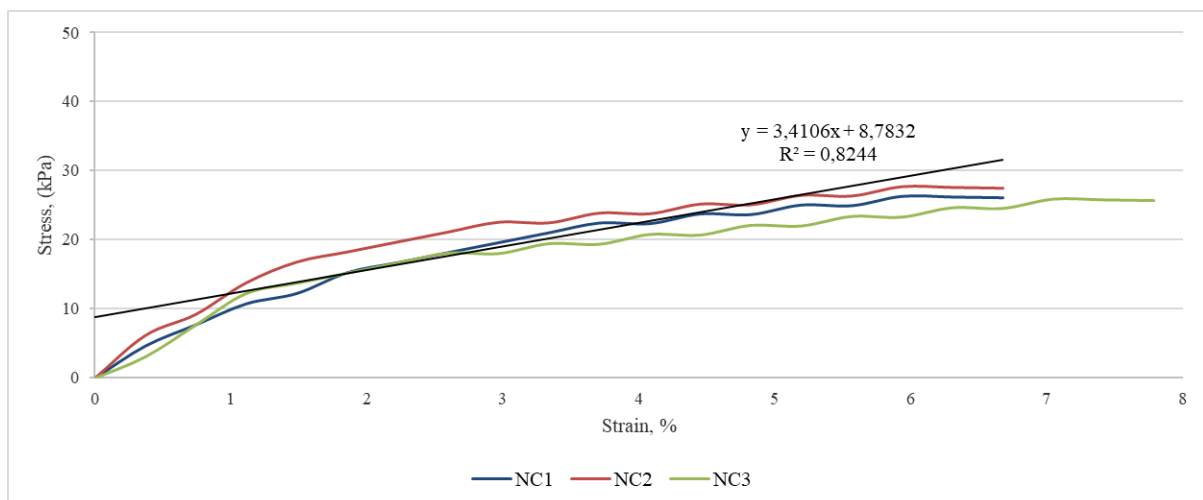
Parameter	Nilai
Kadar air (W)	61,29
Batas cair, LL (%)	81,81
Batas plastis, PL (%)	34,85
Indeks plastisitas, IP (%)	46,96
Berat jenis	2,70
Berat isi tanah (gr/cm ³)	1,54

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh data hasil pengujian nilai kadar air sebesar 61,29%, batas cair sebesar 81,81%, batas plastis sebesar 34,85%, dan indeks plastisitas sebesar 46,96%. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah yang diteliti termasuk dalam kategori tanah berbutir halus dengan plastisitas tinggi. Secara umum, tanah dengan nilai LL > 50% diklasifikasikan sebagai lempung plastisitas tinggi (CH) dalam sistem klasifikasi USCS.

Nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 46,96% menunjukkan bahwa tanah memiliki plastisitas yang tinggi. Kondisi ini dipengaruhi oleh mineral lempung dan struktur tanah, di mana kandungan mineral aktif seperti montmorillonite akan meningkatkan nilai LL dan PI (Bhavya & Nagaraj, 2025; Widjaja & Kurniawan, 2020). Kadar air (61,29%) yang mendekati nilai batas cair (81,81%) menunjukkan bahwa tanah berada dalam kondisi mendekati fase plastis-cair.

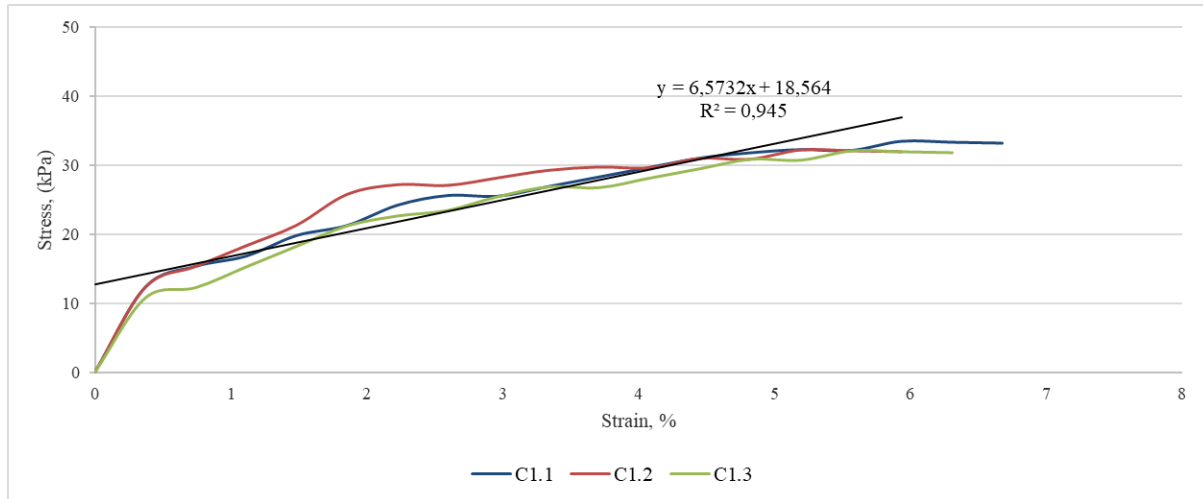
Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa ketiga sampel tanah asli menunjukkan nilai regangan sekitar 5-7% dan nilai tegangan berkisar 25,91-27,67 kPa, yang menunjukkan bahwa tanah memiliki kuat tekan bebas yang relatif rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa tanah termasuk dalam kategori tanah lunak dengan daya dukung rendah.

**Gambar 5** Grafik Kuat Tekan Bebas Tanah Asli

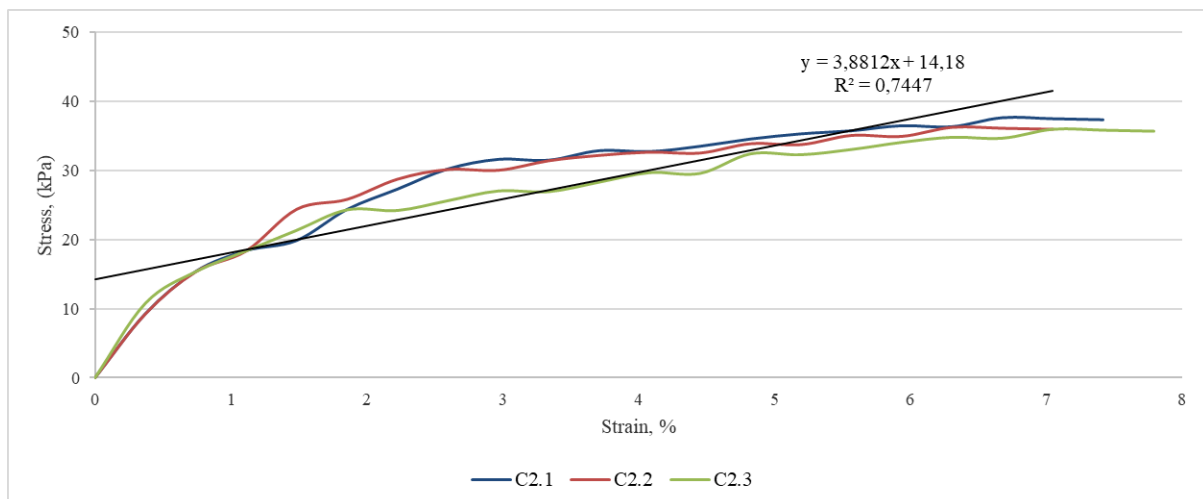
Berdasarkan Gambar 6 terlihat adanya perubahan perilaku mekanik tanah setelah dilakukan proses perkuatan dengan cerucuk bambu. Tanah asli hanya mampu mencapai

tegangan maksimum sekitar 25,91-27,67 kPa, sedangkan tanah yang diperkuat dengan cerucuk sepanjang 3,5 cm menunjukkan kenaikan tegangan hingga 32,17–33,5 kPa pada regangan 5–7%. Hasil ini menunjukkan bahwa proses perkuatan mampu meningkatkan nilai kuat tekan bebas sebesar 22,78% dibandingkan kondisi awal tanah.



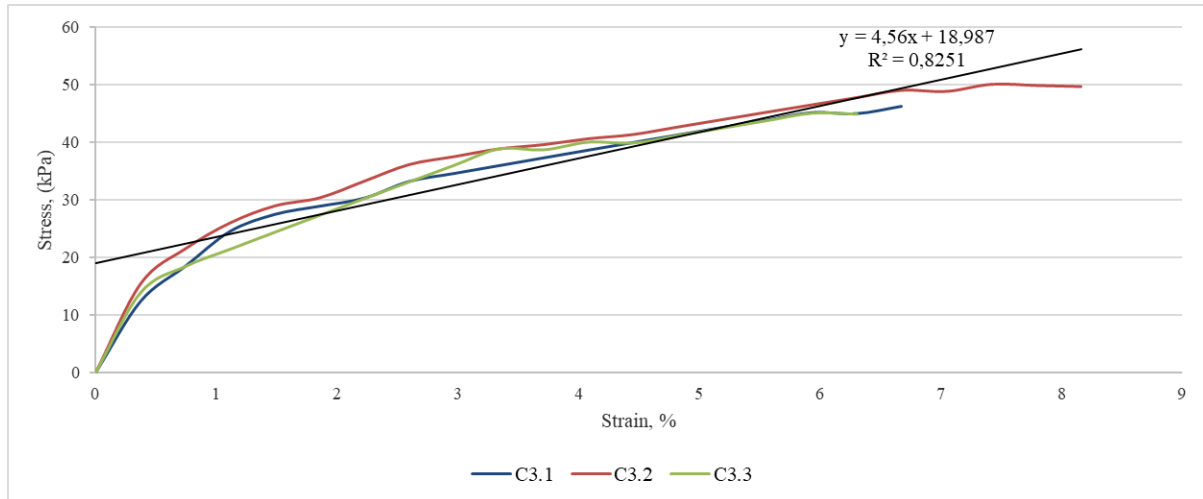
Gambar 6 Grafik Kuat Tekan Bebas dengan Panjang Cerucuk 3,5 cm

Berdasarkan Gambar 7 tanah dengan penambahan cerucuk bambu 5 cm menunjukkan peningkatan nilai tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah asli maupun variasi penambahan cerucuk 3,5 cm. Nilai tegangan meningkat seiring bertambahnya regangan hingga mencapai tegangan maksimum sekitar 35,98–37,57 kPa pada regangan sekitar 6–7%. Hasil ini menunjukkan bahwa proses perkuatan mampu meningkatkan nilai kuat tekan bebas sebesar 37,63% dibandingkan kondisi awal tanah.



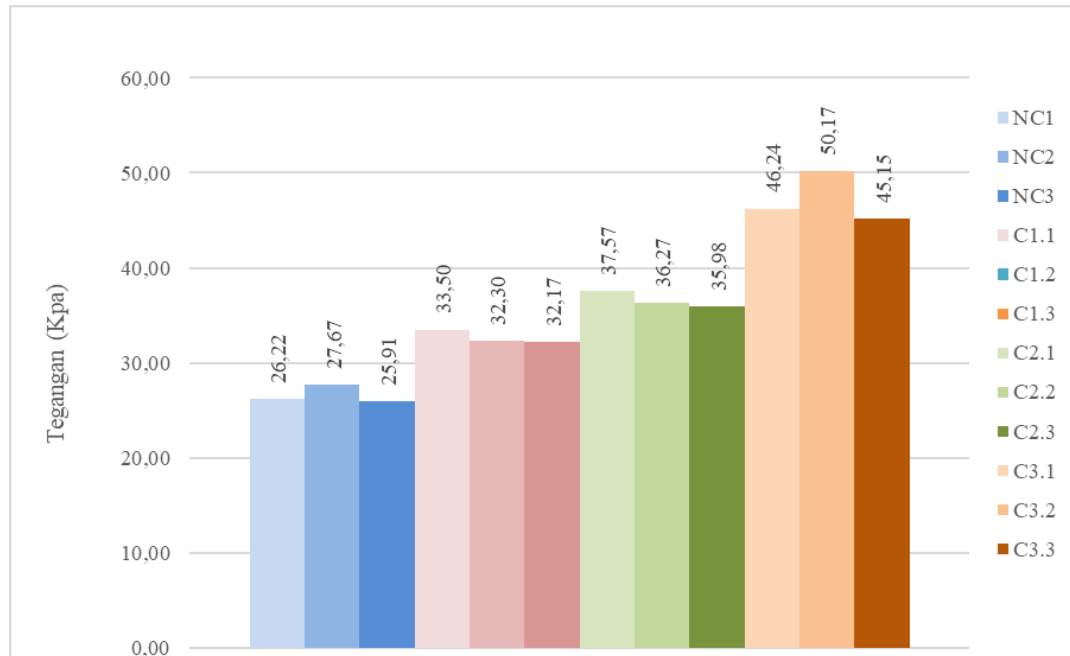
Gambar 7 Grafik Kuat Tekan Bebas dengan Panjang Cerucuk 5 cm

Berdasarkan Gambar 8 tanah dengan penambahan cerucuk bambu 7,5 cm menunjukkan peningkatan nilai tegangan yang paling tinggi dibandingkan tanah asli. Nilai tegangan meningkat seiring bertambahnya regangan hingga mencapai tegangan maksimum sekitar 45,15-50,17 kPa pada regangan sekitar 6–7%. Hasil ini menunjukkan bahwa proses perkuatan mampu meningkatkan nilai kuat tekan bebas sebesar 77,41% dibandingkan kondisi awal tanah.



Gambar 8 Grafik Kuat Tekan Bebas dengan Panjang Cerucuk 7,5 cm

Berdasarkan hasil pengujian, penggunaan cerucuk bambu terbukti mampu meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah lempung dari Dusun Kedungdandang, Banyuwangi. Peningkatan kekuatan tanah ditunjukkan oleh bertambahnya nilai tegangan maksimum yang mampu ditahan oleh sampel seiring dengan bertambahnya panjang cerucuk bambu yang digunakan seperti pada Gambar 9. Berdasarkan Tabel 4 Nilai rata-rata UCS tanah asli sebesar 26,60 kPa meningkat menjadi 32,66 kPa pada penggunaan cerucuk bambu panjang 3,5 cm, 36,61 kPa pada cerucuk bambu panjang 5 cm, dan mencapai 47,19 kPa pada cerucuk bambu panjang 7,5 cm.



Gambar 9 Nilai Kuat Tekan Bebas Semua Pengujian

Berdasarkan Tabel 4 penggunaan cerucuk bambu sepanjang 3,5 cm meningkatkan nilai UCS sebesar 22,78%, sedangkan cerucuk sepanjang 5 cm meningkatkan UCS sebesar 37,63%. Peningkatan terbesar terjadi pada penggunaan cerucuk bambu sepanjang 7,5 cm dengan kenaikan sebesar 77,41%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin panjang cerucuk yang

dipasang, semakin besar peningkatan kekuatan tanah yang diperoleh. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian (Ramdhani et al., 2019) yang menyatakan bahwa peningkatan panjang cerucuk bambu menyebabkan peningkatan nilai kuat tekan tanah lempung karena bertambahnya luas kontak antara cerucuk dan tanah

Tabel 4 Rekapitulasi Hasil Nilai Kuat Tekan Bebas

Kode Variasi	Panjang Cerucuk (cm)	UCS Rata-rata (kPa)	Peningkatan terhadap Tanah Asli (%)
NC (Tanah Asli)	-	26,6	-
C1	3,5	32,66	22,78
C2	5	36,61	37,63
C3	7,5	47,19	77,41

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah lempung dari Dusun Kedungdandang, Desa Tapanrejo, Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi tergolong tanah berbutir halus dengan plastisitas tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh persentase lolos saringan No. 200 sebesar 53,6%, batas cair sebesar 81,81%, batas plastis sebesar 34,85%, dan indeks plastisitas sebesar 46,96%. Karakteristik tersebut mengindikasikan bahwa tanah memiliki daya dukung rendah dan memerlukan metode perkuatan untuk meningkatkan kemampuan mekanisnya.

Penggunaan cerucuk bambu terbukti mampu meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah lempung. Nilai UCS rata-rata tanah asli sebesar 26,60 kPa meningkat menjadi 32,66 kPa pada cerucuk bambu panjang 3,5 cm, 36,61 kPa pada cerucuk bambu panjang 5 cm, dan 47,19 kPa pada cerucuk bambu panjang 7,5 cm. Peningkatan nilai UCS tersebut masing-masing sebesar 22,78%, 37,63%, dan 77,41% dibandingkan dengan tanah asli. Temuan ini menunjukkan bahwa panjang cerucuk bambu berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan bebas tanah lempung, dengan kecenderungan semakin panjang cerucuk yang digunakan, semakin besar peningkatan kekuatan tanah yang diperoleh.

Konfigurasi cerucuk bambu dengan panjang 7,5 cm memberikan hasil paling efektif dalam penelitian ini karena menghasilkan nilai kuat tekan bebas tertinggi dan persentase peningkatan terbesar. Peningkatan tersebut diduga berkaitan dengan bertambahnya luas kontak antara cerucuk dan tanah, sehingga interaksi mekanis, efek penguncian, dan kemampuan tanah dalam menahan deformasi menjadi lebih baik. Dengan demikian, cerucuk bambu berpotensi digunakan sebagai alternatif perkuatan tanah lempung yang sederhana, ekonomis, dan ramah lingkungan, terutama pada kondisi tanah dengan daya dukung rendah. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi diameter, jumlah, pola pemasangan, dan jarak antarcerucuk terhadap kinerja perkuatan tanah secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhavya, K., & Nagaraj, H. B. (2025). Influence of soil structure and clay mineralogy on Atterberg limits. *Scientific Reports*, 1–12.
- Brahmachary, T. K., & Rokonzaman, M. (2018). Investigation of random inclusion of bamboo fiber on ordinary soil and its effect CBR value. *International Journal of Geo-Engineering*. <https://doi.org/10.1186/s40703-018-0079-x>
- BSN. (1994). *SNI 03-3637-1994 tentang Metode pengujian berat isi tanah berbutir halus*

- dengan cetakan benda uji. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2008a). *SNI 1964:2008 tentang Cara Uji Berat Jenis Tanah*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2008b). *SNI 1965:2008 tentang Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah Dan Batuan Di Laboratorium*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2008c). *SNI 1966:2008 tentang Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2008d). *SNI 1967:2008 tentang Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2008e). *SNI 3423:2008 Cara uji analisis ukuran butir tanah*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2012). *SNI 3638:2012 tentang Metode Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Kohesif*. Badan Standardisasi Nasional.
- Budhi, W. S., & Maharani, A. (2025). Analisis Pengaruh Semen Dan Abu Sekam Padi Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Ekspansif. *Seminar Nasional Teknologi Dan Multidisiplin Ilmu*, 5(1), 81–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.51903/semnastekmu.v5i1.260>
- Chakraborty, P., Srivastava, L. S., & Kumar, P. (2023). A simple analytical model for bamboo-reinforced slopes using modified Bishop method. *Frontiers in Build Environment*, May, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1080318>
- Chen, A., Ding, C., & Li, C. (2023). Influence of palm fiber on strength and crack characteristics of red clay. *Journal Of Engineered Fibers and Fabrics*, 18(1). <https://doi.org/10.1177/15589250231219756>
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2018). *Principles of Geotechnical Engineering* (8th ed.). Cengage Learning.
- Faradila, A. (2023). Studi Mekanisme Interaksi Tanah-Matras Cerucuk Bambu sebagai Perkuatan Tanah Lunak. *Buletin Profesi Insinyur*, 6(1), 7–13.
- Hayati, D. N., & Budhi, W. S. (2025). Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Yang Distabiliasi Dengan Abu Kayu. *Jurnal Riset Teknik Sipil Dan Sains*, 4(1), 30–37.
- Holt, R. Z., Kovacs, W. D., & Sheashan, T. C. (2023). *An Introduction to Geotechnical Engineering* (Third Edit). Pearson Education, Inc.
- Hosang, F., Legrans, R. R. I., & Sarajar, A. N. (2025). Desain Cerucuk Bambu Sebagai Perkuatan Timbunan Pada Tanah Lunak Untuk Konstruksi Bangunan Kantor. *TEKNO*, 23(94).
- Hrubesova, E., Lunackova, B., & Brodzki, O. (2016). Comparison of Liquid Limit of Soils Resulted from Casagrande Test and Modified Cone Penetrometer Methodology. *Procedia Engineering*, 142, 364–370. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.063>
- Kelly, B. C. O. (2021). Review of Recent Developments and Understanding of Atterberg Limits Determinations. *Geotechnics*, 59–75.
- Kumar, S., Yadav, B., & Raj, R. (2025). A technical note on unconfined compressive strength (UCS) of black cotton soil reinforced with hydrophobically - treated bamboo fibres. *Discover Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00986-4>
- Liu, Y., Chang, C.-W., Namdar, A., She, Y., Lin, C.-H., Yuan, X., & Yang, Q. (2019).

- Stabilization of expansive soil using cementing material from rice husk ash and calcium carbide residue. *Construction and Building Materials*, 221, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.157>
- Mozumder, R. S., Bhumik, M. C., & Sheikh, P. (2025). *Influence of bamboo fiber reinforcement on the mechanical behavior of soft soil*.
- Nurmawati, Y. D., Sandi, D. M. N., & Hutasoit, E. O. (2026). Pengaruh Perbandingan Kapur dan Abu Ampas Tebu sebagai Perbaikan Tanah Lempung. *Journal Of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology (JACEIT)*, 7(1), 38–42.
- Ramdhani, A., Sulistyowati, T., & Prabowo, A. (2019). Pengaruh Penggunaan Cerucuk dengan Pemasangan Secara Horizontak Terhadap Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak. *Spektrum Sipil*, 6(2), 126–134.
- Rodiyani, M., Rizal, H., Hutasoit, E. O., Santoso, C. B., & Sandi, D. M. N. (2024). Pengaruh Penambahan Abu Sabut Kelapa Terhadap Nilai CBR Tidak Terendam Pada Tanah Lempung Di Desa Pesucen Kecamatan Kalipuro. *Jurnal Riset Teknik Sipil Dan Sains*, 2(2), 63–69.
- Sandi, D. M. N., Natasha, L. W., Ulfiyati, Y., & Suryani, E. (2022). Pemanfaatan Bubuk Arang Kayu Terhadap Stabilitas Tanah Lempung di Dusun Jatiluhur, Banyuwangi. *Journal of Applied Engineering and Infrastructure Technology (JACEIT)*, 3(1), 12–16.
- Vardanega, P. J., Hickey, C. L., Lau, K., Sarzier, H. D. L., Couturier, C. M., & Martin, G. (2019). Investigation of the Atterberg limits and undrained fall-cone shear strength variation with water content of some peat soils. *International Journal of Pavement Research and Technology*.
- Widjaja, B., & Kurniawan, K. (2020). Development of Relationship between Liquid Limit and Clay Content for West Java Soils. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 0–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1007/1/012102>