

Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Bahan Campuran Semen dan Serbuk Batu Bata Dengan Metode Kuat Tekan Bebas

Jaenal Musianirudin¹, Tigo Mindiastiwi¹

¹ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

Email : Jaenal.mrdn@gmail.com

Diterima November 2022; Disetujui November 2022; Dipublikasi Desember 2022

Abstrak. Tanah Lempung adalah jenis tanah yang mempunyai sifat kohesif dan plastis yang tinggi, tanah lempung terjadi akibat pelapukan-pelapukan batuan akibat adanya reaksi kimia yang terdiri dari susunan partikel-partikel yang berukuran koloid artinya butiran penyusun tanah lempung ini berukuran $<0,002$. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik tanah serta mengetahui pengaruh campuran semen dan serbuk batu bata sebagai bahan stabilisasi dengan metode kuat tekan bebas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode uji laboratorium berupa pengujian sifat – sifat fisis dan mekanis tanah. Penujian dilakukan pada tanah asli dan tanah yang distabilisasi dengan semen dan serbuk batu bata. Hasil penelitian uji sifat fisis tanah asli dilaboratorium didapatkan nilai berat isi tanah (γ_b) $1,669 \text{ gr/cm}^3$, (γ_d) $1,09 \text{ gr/cm}^3$, kadar air $52,92\%$ dan berat jenis $2,651$. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah dapat dikategorikan dalam tanah lempung organik. Hasil dari pengujian grain size tanah dapat di kategorikan dalam tanah lanau lempung. Pada uji *atterberg limit* tanah dapat dikategorikan ke dalam tanah lempung plastisitas tinggi dengan PI $26,54\%$, pengujian proctor dengan hasil berat isi kering maksimal (γ_d) $1,302 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum (w) $36,2\%$. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) dengan bahan stabilisasi serbuk batu bata 5% , 7% , 10% , 12% dan 5% semen untuk masing-masing sampel, dengan nilai kuat tekan bebas (q_u) yaitu $0,785 \text{ kg/cm}^2$, $0,872 \text{ kg/cm}^2$, $1,008 \text{ kg/cm}^2$, $1,120 \text{ kg/cm}^2$, dan nilai kohesi *undrained* (c_u) sebesar $0,205 \text{ kg/cm}^2$, $0,390 \text{ kg/cm}^2$, $0,435 \text{ kg/cm}^2$, $0,505 \text{ kg/cm}^2$, $0,560 \text{ kg/cm}^2$. Berdasarkan rekap uji kuat tekan bebas (q_u) dan didapatkan persamaan $y = 0,2127\ln(x) + 0,2153$ $R^2 = 0,9855$.

Kata Kunci : stabilisasi tanah, semen, serbuk batu bata, kuat tekan bebas.

Abstract. Clay soil is a type of soil that has high cohesive and plastic properties, clay soil occurs due to weathering of rocks due to chemical reactions consisting of an arrangement of colloidal sized particles meaning that the grains making up this clay soil are <0.002 in size. The purpose of this study was to determine the characteristics of the soil and to determine the effect of a mixture of cement and brick powder as a stabilizing agent using the free compressive strength method. The method used in this study is a laboratory test method in the form of testing the physical and mechanical properties of the soil. The tests were carried out on native soil and soil stabilized with cement and brick powder. The results of testing the physical properties of the original soil in the laboratory showed that the soil unit weight (γ_b) was 1.669 gr/cm^3 , (γ_d) 1.09 gr/cm^3 , the water content was 52.92% and the specific gravity was 2.651 . Based on the results of soil investigations can be categorized in organic clay soil. The results of the soil grain size test can be categorized as clay silt. In the Atterberg limit test, the soil can be categorized into high plasticity clay with a PI of 26.54% , the proctor test results in a maximum dry unit weight (γ_d) of 1.302 gr/cm^3 and optimum water content (w) of 36.2% . Based on the results of the Unconfined Compression Test with brick powder stabilizing agent 5% , 7% , 10% , 12% and 5% cement for each sample, with a value of free compressive strength (q_u) of 0.785 kg/cm^2 , 0.872 kg/cm^2 , 1.008 kg/cm^2 , 1.120 kg/cm^2 , and undrained cohesion values (c_u) of 0.205 kg/cm^2 , 0.390 kg/cm^2 , 0.435 kg/cm^2 , 0.505 kg/cm^2 , 0.560 kg/cm^2 , The highest undrained

*compressive strength (qu) were in native soil with a as a stabilizing agent $y = 0,2127\ln(x) + 0,2153$
 $R^2 = 0,985$*

Keywords: *soil stabilization, cement, brick powder, unconfined compression test*

1 Latar Belakang

Tanah Lempung adalah jenis tanah yang mempunyai sifat kohesif dan plastis yang tinggi, tanah lempung terjadi akibat pelapukan-pelapukan batuan akibat adanya reaksi kimia yang terdiri dari susunan partikel-partikel yang berukuran koloid artinya butiran penyusun tanah lempung ini berukuran $<0,002$ mm. Stabilisasi tanah adalah suatu cara yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut mutunya dapat lebih baik dan dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar terhadap konstruksi yang akan dibangun di atasnya. Tanah lempung dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu tanah lempung non ekspansif dan lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang mempunyai sifat kembang susut yang besar. Besar pengembangan dan penyusutan pada tanah lempung ekspansif biasanya tidak rata dari satu titik ke titik yang lain, sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan ketinggian dari permukaan yang semula rata menjadi tidak rata, serta akan berakibat kerusakan pada struktur di atasnya, oleh karena itu untuk menangani permasalahan pada tanah tersebut salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan stabilisasi tanah dengan metode penambahan menggunakan bahan tambah semen, flyash, pasir, kapur dan bahan lainnya.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikroskopik sampai dengan sub mikroskopik yang berasal dari pelapukan unsur kimiawi penyusun batuan.

2.2 Sifat Fisis Tanah dan Mekanis Tanah

2.2.1 Kadar Air (w)

Kadar air suatu tanah adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah yang dinyatakan dalam persen.

$$W = W_w / W_s \times 100\% \quad (1)$$

Dengan :

- W : Kadar air (%)
W_w : Berat air (gr)
W_s : Berat Butiran (gr)

2.2.2 Berat Jenis (*Specific Gravity, G_s*)

Sifat fisik tanah dapat ditentukan dengan mengetahui berat jenis tanahnya dengan cara menentukan berat jenis yang lolos saringan No. 200.

Tabel 2.1 Specific Gravity

Macam Tanah	Specific Gravity (G _s)
Kerikil	2,65-2,68
Pasir	2,65-2,68
Lanau Anorganik	2,62-2,68
Lempung Organik	2,58-2,65
Lempung Anorganik	2,68-2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25-1,80

2.2.3 Analisa Butiran (*Grain Size*)

Analisa butiran metode untuk mengetahui penyebaran distribusi butiran tanah yang mempunyai ukuran lebih besar dari 0,075 mm.

$$\alpha = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan :

- A = Berat Benda Uji Yang Tertahan Saringan
B = Berat Benda Uji Total

2.2.4 Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

Batas Atterberg limit ada 2 jenis yaitu :

- 1) Batas Cair (Liquid Limit)

$$LL = W_n \left(\frac{N}{25} \right)^{t_g \beta} \quad (3)$$

Dengan :

- N = Jumlah pukulan untuk menutup celah sepanjang 12,7 mm.
W_n = Kadar air.
Tg^β = 0,121 (tapi tg^β tidak selalu =0,121 untuk jenis tanah yang berbeda).

2) Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Pengertian batas plastisitas adalah sifat tanah dalam keadaan konsistensi, yaitu cair, plastis, semi padat, atau padat bergantung pada kadar airnya.

$$PI = LL - PL \quad (4)$$

Dengan :

PI = Plastis Indeks (%)

LL = Liquid Limit (%)

PL = Plastis Limit (%)

Tabel 2.2 Indeks Plastisitas Tanah (Hardiyatmo, 2002)

PI	Sifat	Macam tanah
0	Non Plastis	Pasir
<7	Plastisitas rendah	Lanau
7– 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau
>17	Plastisitas tinggi	Lempung

2.2.5 Pemadatan Proctor

Untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, maka umumnya dilakukan uji pemadatan.

$$\gamma_d = G_s \cdot \gamma_w / (1+W \cdot G_s) \quad (5)$$

Dengan :

G_s = Berat Jenis Tanah

γ_w = Berat Volume Air (gr/cm^3)

W = Kadar Air (%)

2.2.6 Kuat Tekan Bebas / Unconfined Compression Test (UCT)

Kuat tekan bebas adalah tekanan aksial benda uji pada saat mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20%.

$$q_u = \frac{k \times r}{A} \quad (6)$$

Dengan :

q_u = Kuat tekan bebas

k = Kalibrasi proving ring

- r = Pembacaan maximum pembacaan awal
A = Luas penampang contoh tanah pada saat pembacaan R (yang dikoreksi)

2.3 Stabilisasi Tanah Lempung

Stabilisasi tanah terhadap kuat geser maupun kuat tekan adalah suatu usaha yang selalu dilakukan untuk meningkatkan ketahanan tanah.

3 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan adalah metode uji laboratorium yang akan dilakukan di laboratorium mekanika tanah fakultas Teknik universitas 17 agustus 1945 semarang .

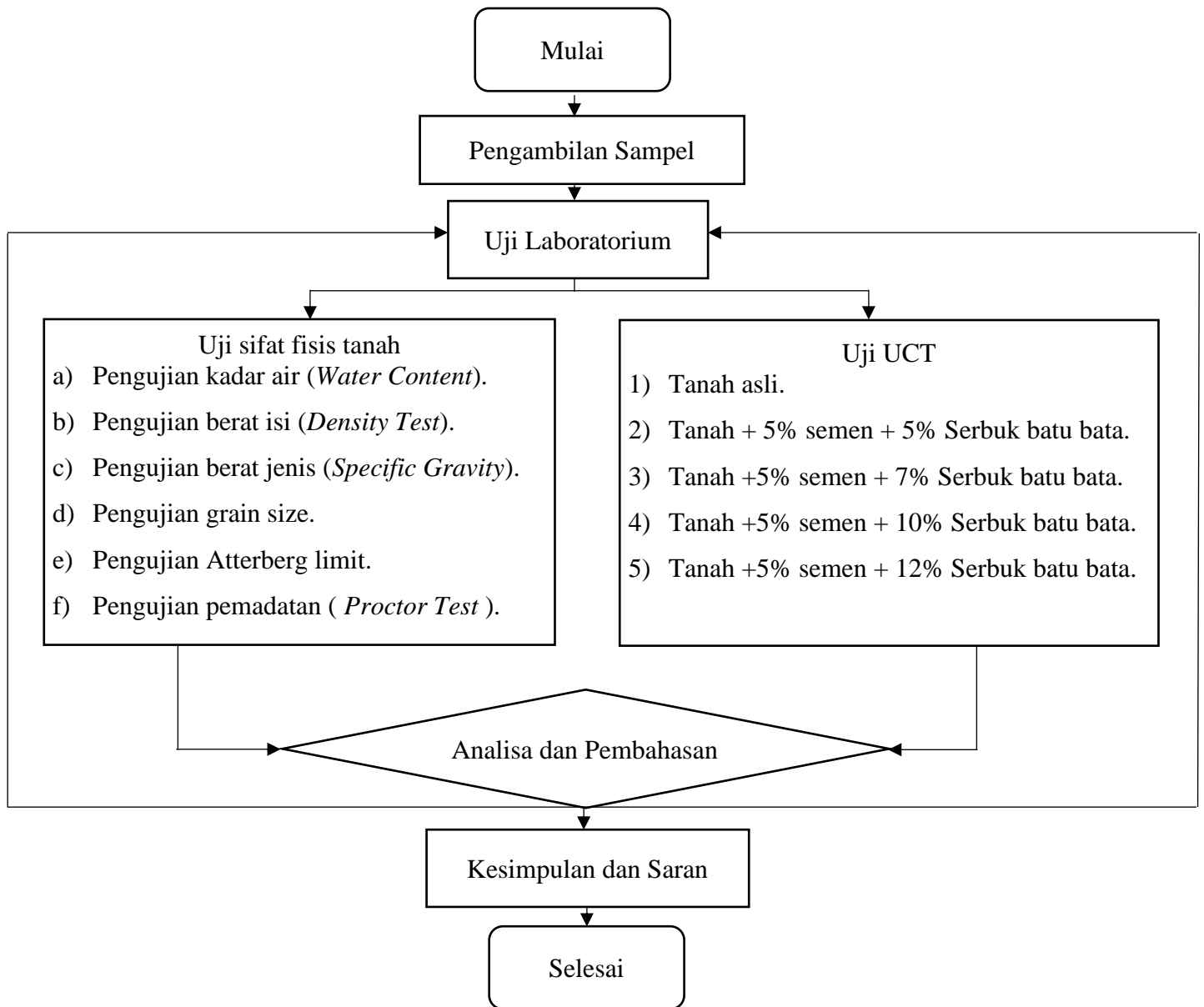
3.1 Perencanaan sampel dan campuran

Campuran direncanakan berdasarkan metode coba – coba (*trial and error*) yaitu tanah lempung dicampur dengan semen dan serbuk batu bata.

Tabel 3 Prosentase bahan campuran.

T.Berat Sampel (gr)	Semen (gr)	Prosentase (%)	S.B.B (gr)	Prosentase (%)	Tanah Lempung (gr)	Prosentase (%)
347,755	0	0	0	0	347,755	100
347,755	15,649	5	15,649	5	312,980	90
347,755	15,649	5	21,909	7	310,197	88
347,755	15,649	5	34,776	10	297,331	85
347,755	15,649	5	41,731	12	288,637	83

3.2 Bagan alir penelitian



Gambar 3 Bagan Alir Penelitian

4 Analisis dan Pembahasa

Stabilisasi tanah merupakan pencampuran dengan bahan tertentu guna memperbaiki sifat fisis tanah maupun sifat mekanis tanah. Analisis dari pengujian ini dilakukan dengan penambahan semen dan serbuk batu bata terhadap kekuatan tanah yang meliputi kuat tekan bebas. Metode penelitian dilakukan dengan pengujian sifat fisis dan mekanis tanah. Pengujian sifat fisis tanah dilakukan untuk mengetahui karakteristik tanah asli sedangkan pengujian mekanis dilakukan untuk

mengetahui nilai kuat tekan bebas tanah. Pengujian yang dilakukan uji kuat tekan bebas / *unconfined compression test* (UCT) tanah asli dengan bahan stabilisasi serbuk batu bata dan semen. Prosentase pencampuran serbuk batu bata sebesar 5%, 7%, 10%, 12% dan masing-masing 5% semen.

4.1 Sifat Fisis Tanah

4.1.1 Kadar air (w)

Berdasarkan pengujian dapat disimpulkan bahwa kadar air tanah asli dengan menggunakan dua sampel yaitu sebesar 52,92 %.

Tabel 5.1 Kadar air

Sampel	Kadar Air (%)	Rata – rata
Sampel 1	51,93	52,92
Sampel 2	53,92	

4.1.2 Berat Jenis Tanah (Gs)

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah dapat disimpulkan bahwa berat jenis tanah (Gs) rata – rata yaitu 2,651 berada diantara 2,58 – 2,65 dengan demikian tanah dapat dikategorikan tanah lempung organik dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 5.2 Berat Jenis Tanah (Gs)

Sampel	Berat Jenis Tanah	Rata – rata
Sampel 1	2,666	2,651
Sampel 2	2,637	

4.1.3 Berat isi tanah

Berdasarkan hasil pengujian tanah dapat disimpulkan bahwa berat isi tanah rata – rata sebesar 1,669 gr/cm³.

Tabel 5.3 Berat Isi Tanah (γ_b)

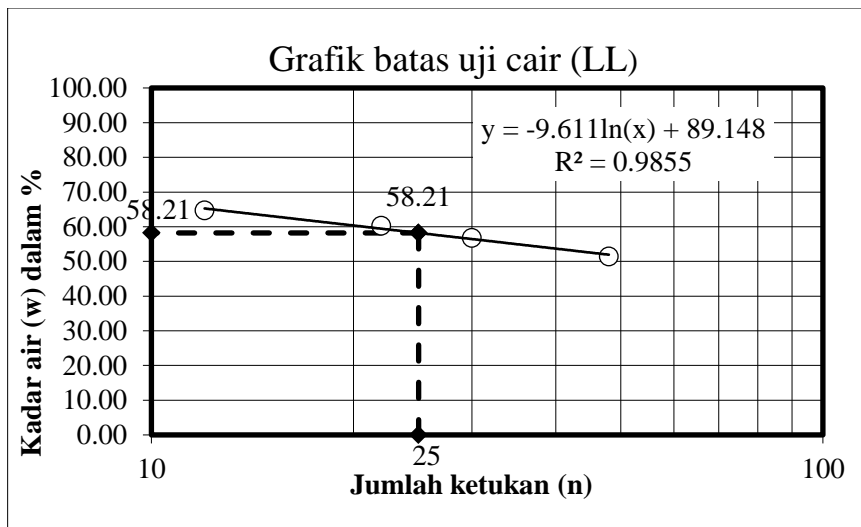
Sampel	Berat Isi Tanah (gr/cm ³)	Rata – rata
Sampel 1	1,683	1,669
Sampel 2	1,656	

4.1.4 Batas – batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

Batas – batas konsistensi tanah terdiri dari batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas akan diuji pada penelitian ini.

1) Batas Cair (LL)

Pengujian Batas Cair dapat ditentukan menggunakan metode analisis dan grafik pada ketukan 25. Berdasarkan pengujian batas cair seperti pada Tabel 5.4 dapat ditentukan bahwa nilai batas cair yaitu 58,21%.



Gambar 5.1 Grafik Batas Cair (LL).

Tabel 5.4 Hasil pengujian batas cair (LL)

Persamaan garis linear $y = a.Ln(n) + b$	a =	-9,611
	b =	89,148
Kadar air pada jumlah ketukan 25 kali		58,21 %
Batas cair	(LL)	58,21 %

2) Batas Plastis (PL)

Berdasarkan hasil pengujian nilai batas plastis (*plastic limit*) yang diuji menggunakan dua sampel diperoleh nilai batas plastis sebesar 26,54 % seperti pada Tabel 5.4 Batas Plastis (PL).

Tabel 5.5 Batas plastis (PL).

Langkah Pengujian	Satuan	Hasil Perhitungan	
Nomor cawan		1	2
Berat cawan	W_1 gr	5,0	5,00
Berat cawan + tanah basah	W_2 gr	17,0	16,0
Berat cawan + tanah kering	W_3 gr	14,0	14,1
Berat air	$W_w = W_2 - W_3$ gr	3,00	3,00

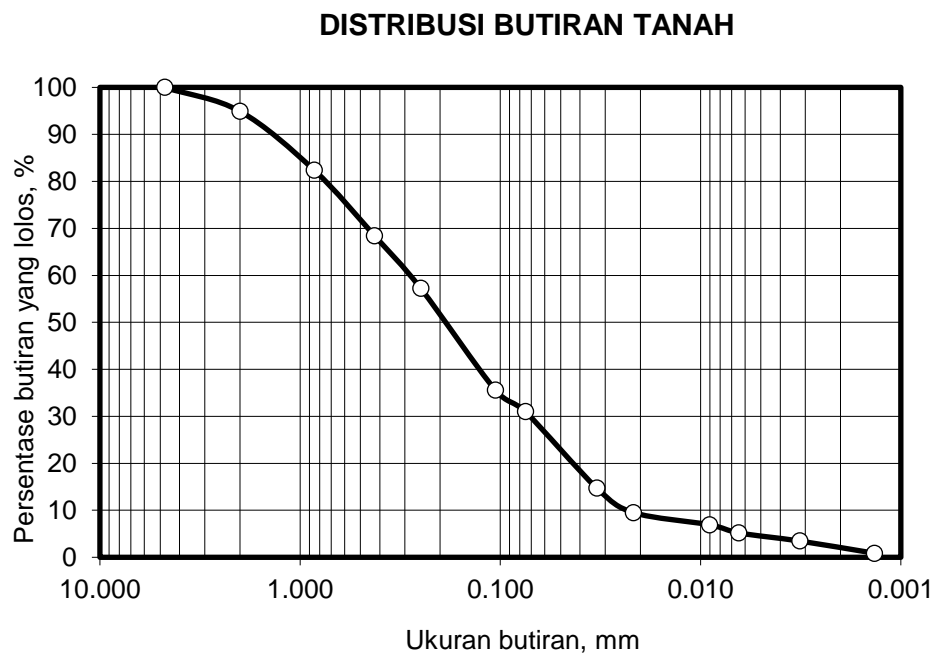
Berat tanah kering	$W_s = W_3 - W_1$	gr	9,00	10,0
Kadar air	$w = W_w / W_s \times 100\%$	%	33,33	30,00
Rata – rata kadar air	(w)	%	31,67	
Batas plastis	(PL)	%	31,67	
Batas cair	(LL)	%	58,21	
Indeks plastis	$PI = LL - PL$	%	26,54	

3) Indeks Plastisitas

Berdasarkan pengujian didapatkan batas cair (*liquid limit*) sebesar 58,21% dan nilai batas plastis sebesar nilai indeks plastis merupakan selisih antara nilai batas cair dengan batas plastis maka diperoleh sebesar 26,54 %. Berdasarkan hasil percobaan atterberg limit dapat disimpulkan besar indeks plastis (IP) yaitu $26,54\% > 17\%$ dengan demikian termasuk tanah dengan sifat plastisitas tinggi berdasarkan Tabel 2.4 Indeks Plastisitas Tanah (Hardiyatmo,2002).

4.1.5 Grain Size

Berdasarkan pengujian gradisasi terhadap tanah asli yang telah dipaparkan pada Tabel 5.6 tanah tersebut dapat dikategorikan Lanau Lempung 61,31% dan Pasir 38,69%.



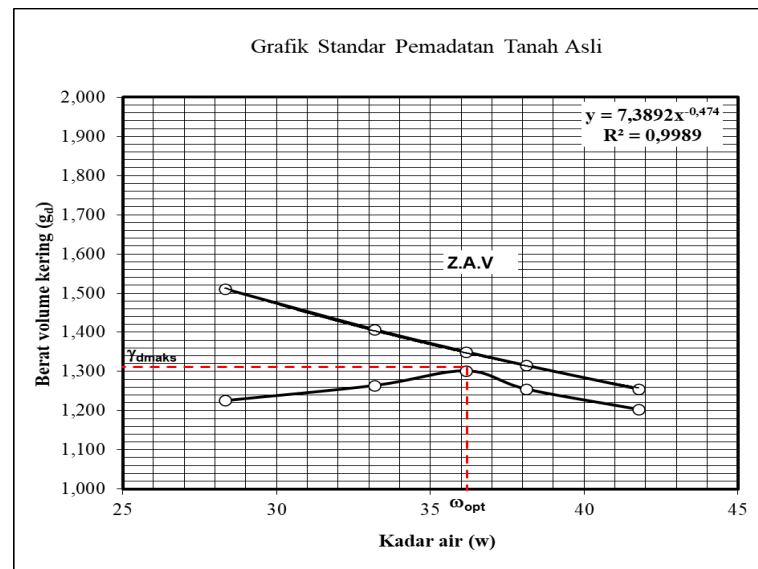
Gambar 5.2 Grafik grain size.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Hydrometer.

No	Gravik Sleeve Analysis	Satuan	Nilai
1	Pasir	%	38,69
2	Lempung	%	61,31

4.1.6 Pemadatan Standart (*Proctor Test*)

Berdasarkan Gambar 5.7 pengujian pemadatan yang dilakukan dengan proctor standar sesuai dengan ketentuan SNI 1742;2008. Dari hasil pengujian didapatkan nilai berat isi kering (γ_d maks) tanah asli sebesar 1,30 gr/cm³ dan kadar air optimum tanah asli 36,2%.

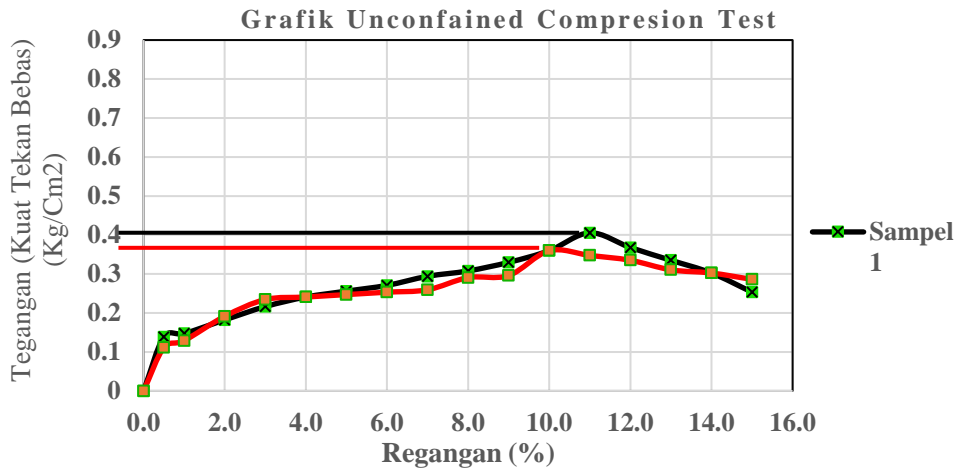


Gambar 5.3 Grafik Pemadatan Proctor.

Tabel 5.7 Pemadatan proctor.

Cara pemadatan		Standar	
Berat volume kering maksimum	(γ_{dmaks})	1,30	gr/cm ³
Kadar air optimum	(w_{opt})	36,2	%
95% kepadatan kering maksimum	($95\% \cdot \gamma_{dmaks}$)	1,24	gr/cm ³

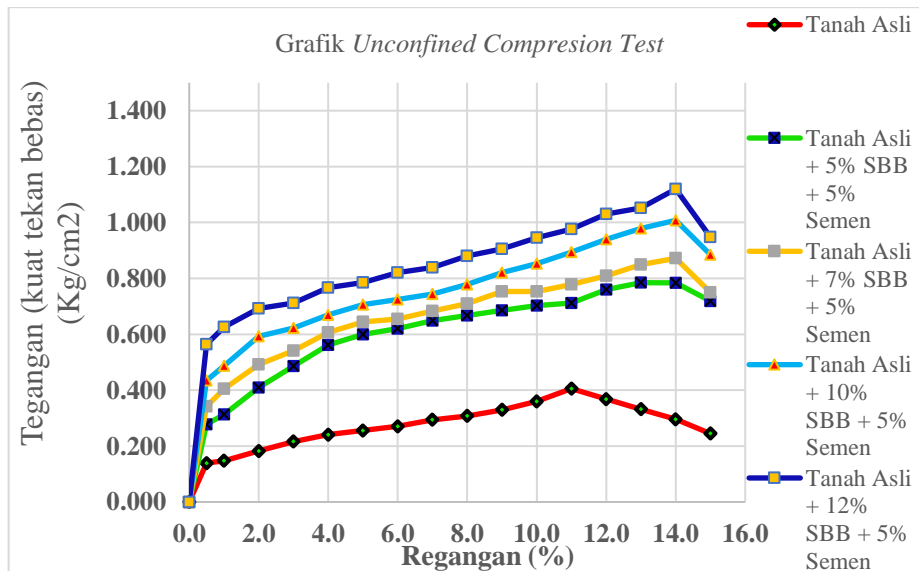
4.1.7 Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*) Tanah Asli



Gambar 5.4 Grafik *Unconfined Compression Test* Tanah Asli.

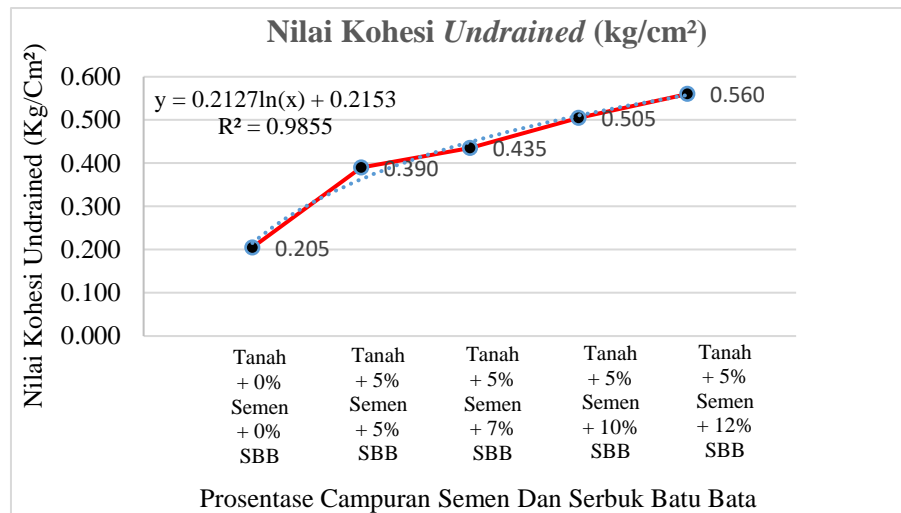
Berdasarkan pengujian kuat tekan bebas pada dua sampel dengan menggunakan sampel tanah asli didapatkan tegangan maksimum / nilai kuat tekan bebas (q_u) untuk sampel satu yaitu sebesar 0,410 kg/cm² dan tegangan maksimum/nilai kuat tekan bebas (q_u) untuk sampel dua sebesar 0,360 kg/cm².

4.1.8 Pengujian kuat tekan bebas tanah asli dengan campuran semen dan serbuk batu bata



Gambar 5.5 Grafik Prosentase Campuran Semen + Serbuk Batu Bata.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) dengan bahan stabilisasi semen dan serbuk batu bata, maka dihasilkan nilai kuat tekan bebas (q_u) dan nilai kohesi *undrained* (c_u) yang dapat dilihat pada Tabel 5.7, dengan nilai tegangan/kuat tekan bebas (q_u) yaitu 0,785 kg/cm², 0,872 kg/cm², 1,008 kg/cm², 1,120 kg/cm², dan nilai kohesi *undrained* (c_u) sebesar 0,205 kg/cm², 0,390 kg/cm², 0,435 kg/cm², 0,505 kg/cm², 0,560 kg/cm².



Gambar 5.6 Nilai Kohesi Undrained.

Berdasarkan pengujian kuat tekan bebas tanah asli dengan campuran semen dan serbuk batu bata dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh kenaikan nilai kuat tekan bebas tanah lempung dari uji tanah asli yang sudah terstabilisasi dengan bahan stabilisasi serbuk batu bata 5%, 7%, 10%, 12% dan 5% semen untuk masing-masing sampel. Berdasarkan nilai kuat tekan bebas (q_u) didapatkan persamaan daya dukung $P y = 0,2127\ln(x) + 0,2153 R^2 = 0,9855$.

5 Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian metode kuat tekan bebas tanah lempung dengan campuran semen dan serbuk batu bata dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Hasil pengujian soil tes berat isi tanah (γ_b) 1,669 gr/cm³, (γ_d) 1,09 gr/cm³, kadar air 52,92% dan berat jenis 2,651. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah dapat dikategorikan dalam tanah lempung organik. Hasil dari pengujian grain size tanah dapat di kategorikan dalam tanah lanau lempung.

Pada uji *atterberg limit* tanah dapat dikategorikan ke dalam tanah lempung plastisitas tinggi dengan PI 26,54%, pengujian proctor dengan hasil berat isi kering maksimal (γ_d) 1,302 gr/cm³ dan kadar air optimum (w) 36,2%.

- 2) Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) dengan bahan stabilisasi serbuk batu bata 5%, 7%, 10%, 12% dan 5% semen untuk masing-masing sampel, dengan nilai kuat tekan bebas (q_u) yaitu 0,785 kg/cm², 0,872 kg/cm², 1,008 kg/cm², 1,120 kg/cm², dan nilai kohesi *undrained* (c_u) sebesar 0,205 kg/cm², 0,390 kg/cm², 0,435 kg/cm², 0,505 kg/cm², 0,560 kg/cm². Berdasarkan nilai kuat tekan bebas (q_u) didapatkan persamaan daya dukung $P_y = 0,2127\ln(x) + 0,2153$ $R^2 = 0,9855$

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung Supardi, 2013, Analisis Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Campuran Abu Batu Bara, Universitas Semarang, Semarang.
- [2] Anonim, 2011, Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Campuran Abu Cangkang Sawit, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [3] Hary Christady Hardiyatmo, 2002, *Mekanika Tanah I*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- [4] Suyono Sosrodarsono, 2000, *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [5] Farisy Rizqi Romadlon, 2022, *Stabilisasi Tanah Lempung dan Kapur dengan Metode Kuat Tekan Bebas*, Universitas 17 Agustus 1945, Semarang.
- [6] Das, B.M.1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [7] Pusat Litbang Prasarana Transportasi. (2002). *Paduan Geoteknik 4 Desain dan Konstruksi*. Bandung : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- [8] Wiqoyah, Q, 2003, Stabilisasi Tanah Lempung Tanon Dengan Penambahan Kapur dan Tras, Tesis, Universitas Gajah Mada, Jogjakarta.
- [9] Hardiyatmo, H. C, (2002), Mekanika Tanah I. Gramedia Pustaka Utama Jakarta.
- [10] Das, B.M.1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid I Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [11] SNI 1742:2008. Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah.
- [12] Hary Christiady Hardiyatmo,2002, MEKANIKA TANAH I, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.



- [13] Hary Christiady Hardiyatmo, 2002, *MEKANIKA TANAH II*, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.
- [14] Bowles, JE, 1986, *SIFAT-SIFAT FISIS DAN GEOTEKNIS TANAH*, Erlangga, Jakarta.
- [15] Tri Desrimaya, 2014, *Pengaruh Pemakaian Semen dan Serbuk Batu Bata Merah untuk Stabilisasi Tanah Lempung Sebagai Subgrade Jalan*, Universitas Andalas.
- [16] Darwis, 2017. *Dasar – Dasar Perbaikan Tanah*. Yogyakarta : Pustaka AQ.
- [17] Rama Inders Kusuma, Enden Mina, Woelandari Fathonah, Zera Ilham Yasin, (2022),” *Pemanfaatan Limbah Serbuk Bata Merah Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif*”. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil* Vol.19 No. 2 Edisi Oktober 2022.
- [18] Anwar Muda. (2017), “ *Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Distabilisasi Pasir Dan Semen Untuk Perkerasan Jalan*”. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, Volume 5 Nomor 2 Juni 2017, hal. 89-93.
- [19] Nengsih, Fatma Sarie, Suradji Gandi, “ *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Campuran Abu Sabut Kelapa, Serbuk Batu Bata dan Semen Portland*”. *Jurnal TRANSUKMA* Volume 04 Nomor 02 Juni 2022.
- [20] Saleh, M, (1995), “*Perbaikan Tanah Lempung Sugrade Menggunakan Hasil Perbaikan Tanah Lempung Setempat*”. Tugas Akhir, Program Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [21] Sudjianto, Agus. 2007. *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Garam Dapur (NaCl)*. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Widyagama Malang*.
- [22] Chen, F.H., 1975, *Foundation on Expansive Soils*, Elsevier Scientific Publishing Company, New York.