

**PENGARUH KARAKTERISTIK TANAH LEMPUNG YANG  
DISTABILISASI DENGAN BAHAN TAMBAH SERBUK BATU BATA**

**STABILIZED CHARACTERISTICS OF CLAY WITH BRICK POWDER  
ADDITIONAL INGREDIENTS**

**Vini Vidianova Gracella<sup>1\*</sup>, Budi Nugroho<sup>2</sup>, Insan Kamil<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil / Program Studi Rekayasa Jalan Dan Jembatan, Politeknik Negeri Samarinda  
Jl. Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Panjang, Kota Samarinda 75131, Kalimantan Timur, Indonesia

\*E-mail: ikamil@polnes.ac.id

Diterima 18-10-2021	Diperbaiki 21-10-2021	Disetujui 23-10-2021
---------------------	-----------------------	----------------------

**ABSTRAK**

Tanah merupakan salah satu bagian terpenting dalam pembangunan konstruksi sipil seperti bangunan, jembatan dan jalan karena berguna sebagai unsur utama dari suatu konstruksi. Tanah lempung mempunyai sifat yang kurang baik yaitu mempunyai nilai CBR yang rendah, mempunyai kuat tekan rendah, kuat geser rendah. Penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah menggunakan serbuk batu bata. Hal ini ditentukan oleh nilai uji CBR terendam, kuat tekan, dan geser langsung. Pengambilan sampel dilakukan dalam berbagai persentase batu bata sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30% terhadap berat tanah kering untuk mendapatkan hasil yang optimum. Kemudian hasil yang optimum tersebut digunakan untuk melakukan pengujian terhadap kuat tekan bebas dan geser langsung. Dimana hasil pada nilai CBR direndam berturut-turut adalah 1,567%, 2,29%, 3,46%, dan 2,24%. Selain itu, hasil nilai  $q_u$  pada kuat tekan bebas mengalami kenaikan dari persentase tanah asli sebesar 2,914 kg/cm<sup>2</sup> dan persentase optimum serbuk batu bata 20% sebesar 8,774 kg/cm<sup>2</sup>. Namun pada nilai geser langsung mengalami penurunan yaitu nilai kohesi (C) tanah asli sebesar 0,359 kg/cm<sup>2</sup> dengan persentase optimum serbuk batu bata 20% sebesar 0,321 kg/cm<sup>2</sup> pada nilai sudut geser ( $\phi$ ) pengujian geser langsung juga mengalami penurunan yaitu tanah asli sebesar 69,882° dengan persentase dengan persentase optimum serbuk batu bata 20% sebesar 67,959° dalam Hal ini menunjukkan bahwa batu bata dapat dianggap sebagai bahan penstabil dalam perbaikan tanah lempung terhadap nilai CBR dan kuat Tekan bebas, namun menurunkan nilai kohesi (C) dan nilai sudut geser dalam pada pengujian Geser langsung.

**Kata kunci:** perbaikan tanah, serbuk batu bata, CBR, kuat tekan, geser langsung

**ABSTRACT**

Soil is one of the most important parts in the construction of civil construction such as buildings, bridges and roads because it is useful as the main element of a construction. Clay soil has poor properties, namely it has a low CBR value, has a low compressive strength, and a low shear strength. Aim of this research to improve soil properties using brick powder (BD). It is determined by the test values of CBR, compressive strength, and direct shear. Sampling was carried out in various percentages of bricks powder of 0%, 10%, 20%, and 30% of the dry weight of the soil to obtain optimum results. Then the optimum results are used to test the strength of free thrust and direct shear. Where the results of the soaked CBR values were 1,56%, 2,29%, 3,46%, and 2,24%, respectively. In addition, the results of the  $q_u$  value on the free compressive strength increased from the original soil percentage of 2,914 kg/cm<sup>2</sup> and the optimum percentage of 20% brick powder was 8,774 kg/cm<sup>2</sup>. But, the direct shear value decreased, namely the original soil cohesion (C) value of 0,359 kg/cm<sup>2</sup> with an optimum percentage of 20% brick powder of 0,321 kg/cm<sup>2</sup>, at the shear angle value ( $\phi$ ) the direct shear test also decreased, namely the original soil of 69,882° with a percentage with an optimum percentage of 20% brick powder of 67,959°. This indicates that bricks can be considered as a stabilizer in the improvement of clay soils with respect to the CBR value and free compressive strength, but reduce the cohesion value (C) and angle value. slide in on the Direct shear test.

**Keywords:** soil improvement, brick powder, CBR, compressive strength, direct shear

## PENDAHULUAN

Tanah memiliki berbagai macam jenis, salah satunya adalah tanah lempung. Tanah lempung merupakan salah satu dari jenis-jenis tanah yang bermasalah, tanah lempung termasuk jenis tanah yang bersifat kohesif, plastis dan memiliki kuat dukung yang sangat rendah. Kapasitas dukung tanah juga dapat dipengaruhi oleh ukuran butiran dan sifat tanah tersebut. Tanah lempung termasuk ke dalam tanah berbutir halus, hal ini dikarenakan tanah lempung mengandung jenis material tertentu dan memiliki luas permukaan penyerapan air yang besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah yang besar. yang sangat besar dan perilakunya sangat dipengaruhi oleh air. Kondisi iklim di Indonesia juga sangat berpengaruh pada kondisi tanah lempung, karena tanah lempung memiliki kembang susut yang tinggi. Sehingga ketika musim kemarau tanah akan mengalami penyusutan, sedangkan saat musim penghujan tanah akan mengalami pengembangan. Kota Samarinda memiliki dua wilayah yang terbelah oleh Sungai Mahakam. Kota Samarinda sebagian besar memiliki kontur tanah berbutir dan bergelombang dengan jenis tanah lempung, serta terletak diatas ketinggian antara 0-200 m di atas permukaan laut. Kondisi tanah seperti ini berpengaruh terhadap proses pembangunan penunjang kehidupan masyarakat Kota Samarinda, Kalimantan

Pada penelitian ini menggunakan penambahan serbuk batu bata sebagai bahan campuran pada tanah. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menambahkan tanah lempung dengan serbuk bata merah yang ditinjau dari kuat dukungunya.

Dalam penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh dalam menstabilisasi tanah lempung yang diberikan bahan tambah serbuk batu bata terhadap nilai daya dukung CBR tanah dan juga dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik tanah lempung yang telah di stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah serbuk batu bata dan mengidentifikasi seberapa besar pengaruh penambahan serbuk batu bata pada tanah lempung terhadap kuat tekan bebas, serta kuat geser langsung.

### Tanah Lempung

Menurut Wesley (2012) Tanah lempung merupakan butiran yang sangat kecil dan memiliki sifat kohesi dan plastisitas. Sifat kohesi berarti butiran-butirannya saling menempel, sedangkan sifat plastisitas berarti sifat yang memungkinkan tanah dapat berubah bentuk tanpa mengubah volume dan tidak

menyebabkan retak atau pecah [1]. Menurut Bowless (1991) menyatakan tanah lempung adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan unsur utama dalam proses kohesif dalam tanah [2].

Menurut Hardiyatmo (1999) sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah Ukuran butir halus kurang dari 0,002 mm, Permeabilitas rendah, Kenaikan air kapiler tinggi, Bersifat sangat kohesif, Kadar kembang susut yang tinggi, Proses konsolidasi lambat. Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur butir-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik [3].

### Batu Bata

Kartini (2021) Menyebutkan bahwa Batu bata merupakan bahan bangunan yang digunakan untuk membuat suatu bangunan yang terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar pada suhu yang cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dengan air. Batu bata merupakan jenis pozzolan yang banyak mengandung senyawa silika dan alumina yang dalam bentuk halus dan ada air senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal yang akan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah [4].

### Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi tanah dengan sistem AASHTO pertama kali diperkenalkan oleh Hoentogler dan Terzaghi, yang kemudian diambil oleh Bureau of Public Roads. Klasifikasi pada sistem ini berdasarkan kriteria ukuran butiran dan plastisitas. Maka dalam pengklasifikasian tanah membutuhkan pengujian analisis ukuran butiran, pengujian batas cair, dan batas plastis. Sistem ini membedakan tanah dalam delapan kelompok yang diberi nama A-1 sampai A-8 adalah kelompok tanah organik yang bersifat tidak stabil sebagai bahan lapisan struktur jalan raya, maka pada revisi terakhir oleh AASHTO.

Sistem klasifikasi AASTHO (American Association of State Highway and Transportation officials Classification) digunakan untuk menentukan kualitas tanah dalam perancangan timbunan jalan, subbase dan subgrade. Sistem ini terutama ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut. Sistem AASHTO, tanah dibagi menjadi 8

kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Pada tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian lolos saringan dan batas-batas Atterberg. Index kelompok (Group Index) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya

Sistem klasifikasi AASHTO dikembangkan sebagai Publik Road Administration Classification Sistem. Dalam sistem ini tanah diklasifikasikan menjadi 7 kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 merupakan tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Sedangkan tanah yang lebih dari 35% butirnya lolos ayakan nomor 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7 yang sebagian besar adalah lanau dan lempung.

### Sifat Fisik Tanah

Adapun metode pengujian yang digunakan penelitian sifat fisik tanah ini adalah

1. Kadar Air mengacu pada SNI 1965:2008 [5],
2. Berat Jenis mengacu pada SNI 1964:2008 [6],
3. Analisa Ukuran Butir Tanah mengacu pada SNI-3423:2008 [7],
4. Batas Atterberg Limits mengacu pada SNI 1966:2008 [8].

### Sifat Mekanis Tanah

1. Pemadatan *Modified* mengacu pada SNI 1743:2008 [9],
2. California Bearing Ratio mengacu pada SNI 1744:2012) [10],
3. Kuat Tekan Bebas mengacu pada SNI 3638:2012 [11],
4. Geser Langsung mengacu pada SNI 3420:2016 [12].

## METODOLOGI

Pembuatan dan perendaman sampel uji CBR, uji Swelling,mpengujian sifat fisik tanah, pemadatan modified, CBR Kuat Tekan Bebas, dan Geser Langsung dilakukan di Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda. Penelitian dilakukan selama 4 bulan pada bulan Mei 2021 sampai dengan Agustus 2021.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat uji Fisik Tanah, alat uji CBR laboratorium, alat uji Swelling, alat uji kuat Tekan Bebas dan Geser Langsung. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah

terganggu (Disturbed Soil) yang berasal dari wilayah Bengkuring yang merupakan sampel tanah dalam klasifikasi A-7-5, dan Serbuk batu bata yang digunakan merupakan hasil dari batu bata yang telah dihaluskan dan lolos saringan no. 40.

Pembuatan benda uji CBR dibuat dengan cara mencampurkan tanah asli dengan serbuk batu bata sesuai dengan variasi yang telah direncanakan dan telah dihitung kebutuhannya masing masing untuk memperoleh kepadatan maksimum yang sama, lalu diberikan air hingga mencapai kadar air optimum. Setelah itu, campuran dipadatkan menggunakan penumbuk (berat 4,54 kg dan tinggi jatuh 457 mm) dengan 56x tumbukan perlayer sebanyak 5 layer.

Benda uji yang digunakan pada Uji *Swelling* adalah benda uji CBR yang telah dipadatkan, lalu diberi beban 4kg dan dial pembaca dengan ketelitian 0,01 mm untuk membaca pengembangan yang terjadi pada tanah selama perendaman.

Pembuatan benda uji Kuat Tekan Bebas dibuat dengan cara mencampurkan tanah asli dengan serbuk batu bata variasi optimum yang telah dihitung kebutuhannya masing masing untuk mencapai kepadatan maksimum yang sama, lalu ditambahkan air hingga mencapai kadar air optimum. Setelah itu dilakukan proses remoulding, campuran dipadatkan pada mold berukuran 15 cm x 7,5 cm dan semua sampel campuran tersebut harus masuk kedalam mold. Pembuatan sampel geser langsung dengan menggunakan cetakan berukuran diameter 59,25 mm dan tinggi cetakan 22,9 mm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian yang dilakukan merupakan pengujian karakteristik sifat fisik tanah yang diambil dari Jl. Bengkuring Kota Samarinda. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

No.	Identifikasi Tanah	Hasil Pengujian
1	Spesific Gravity (Gs)	2,53
2	Batas Cair (LL)	50%
3	Batas Plastis (PL)	30,23%
4	Indeks Plastisitas (PI)	19,77%
5	Tanah Lolos Saringan 200 (<0,075 mm)	88,4%
6	Klasifikasi Menurut AASHTO	A-7-5
7	Kadar Air Optimum	15,6%

Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO menggunakan nilai analisa saringan, batas cair (LL), Plastic Limit (PL) dan indeks plastis (PI). Sampel tanah masuk kedalam tanah berbutir halus dimana sebesar 88,4% tanah lolos saringan No. 200. Nilai LL sebesar 50%, nilai PL sebesar 30,23%, dan nilai PI sebesar 19,77%. Dari hasil nilai LL, PL dan PI tersebut didapatkan klasifikasi sampel tanah berdasarkan klasifikasi AASHTO yaitu tergolong dalam klasifikasi A-7-5 penentuan klasifikasi tanah yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi AASTHO

Klasifikasi umum	Tanah Lempung - Lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6*
Analisis ayakan(% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40	Maks	Maks	Maks	Maks
Batas Cair (LL)	40	41	41	41
Batas Plastis (PL)	Maks 10	Maks 10	Maks 11	Maks 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlempung		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

Catatan :  
Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)  
Untuk PL > 30, klasifikasinya A-7-5 ;  
Untuk PL < 30, klasifikasinya A-7-6  
Np = Nonplastis

**Pengujian Pemadatan Modified**

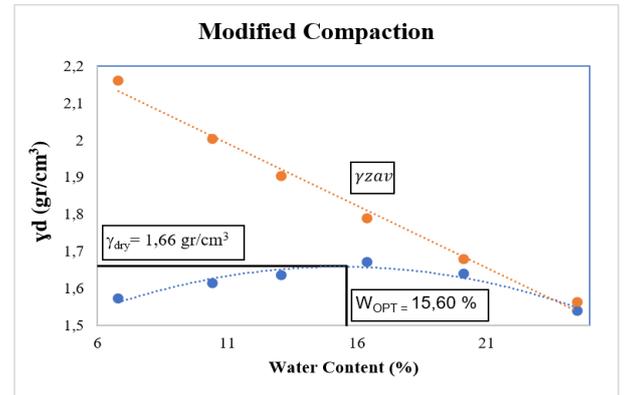
Pada pengujian pemadatan modified pada tanah asli didapatkan nilai kadar air optimum (Wopt) sebesar 15,6% dan nilai berat kering maksimum ( $\gamma_d$  maks) sebesar 1,66 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil pengujian pemadatan tanah modified dapat dilihat pada Gambar 1.

**Pengujian CBR Soaked**

Hasil Pengujian CBR Soaked pada tanah lempung dengan serbuk batu bata 10%, 20%, dan 30% dengan 56x pukulan, dan setelah direndam selama 4 hari ditampilkan pada Tabel 3 dan Gambar 2

Pada pengujian CBR Soaked didapat nilai CBR menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan persentase variasi serbuk batu bata dapat mengakibatkan kenaikan nilai CBR antara CBR tanah asli dengan CBR tanah yang ditambahkan dengan persentase variasi serbuk

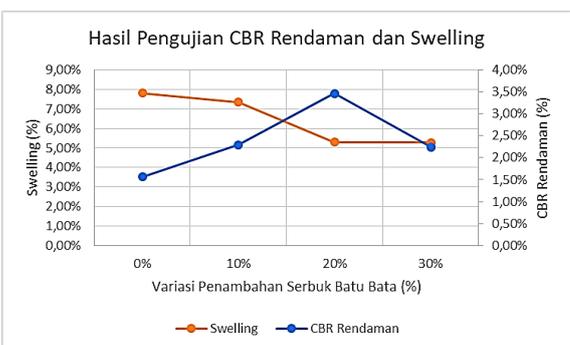
batu bata , sehingga didapatkan nilai CBR tertinggi dari variasi serbuk batu bata optimum yaitu 20% sebesar 3,46%.



Gambar 1. Hasil Pemadatan Modified

Tabel 3. Hasil Pengujian CBR Rendaman dan Swelling

Variasi	Serbuk Batu Bata	Nilai Cbr %	Nilai Swelling %
Tanah Asli	0%	1,57%	7,82%
Tanah + Serbuk Batu Bata 10%	10%	2,29%	7,34%
Tanah + Serbuk Batu Bata 20%	20%	3,46%	5,31%
Tanah + Serbuk Batu Bata 30%	30%	2,24%	5,28%



Gambar 2. Hasil Pengujian CBR Rendaman Dan Swelling

Pada pengujian Swelling yang dilakukan pada sampel CBR yang direndam selama 4 hari dan dibaca tiap 24 jam, Hasil pengujian swelling di dapatkan bahwa semakin banyak penambahan variasi maka semakin rendah nilai swelling tersebut. Swelling yang dihasilkan mengalami penurunan swelling yang cukup tinggi dari variasi 0% ke variasi 20% , swelling tanah asli sebesar 7,82% tetapi ketika tanah ditambahkan bahan tambah serbuk batu bata

besar swelling mengalami penurunan seiring dengan penambahan persentase serbuk batu bata.

### Pengujian Kuat Tekan Bebas

Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas pada tanah lempung dengan variasi persentase optimum 20% yang di-remoulded, ditampilkan pada Tabel 4 dan Gambar 3

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas

Variasi	Serbuk Batu Bata	Nilai $q_u$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Nilai $C_u$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
Tanah Asli	0%	6,350	3,175
Tanah + Serbuk Batu Bata	20%	11,258	5,629



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas

Pada pengujian kuat tekan bebas nilai  $q_u$  dan  $C_u$  pada variasi campuran serbuk batu bata optimum 20% dapat menaikkan nilai  $q_u$  dan  $C_u$  kuat tekan bebas antara kuat tekan bebas tanah asli dengan kuat tekan bebas tanah yang ditambahkan dengan persentase variasi serbuk batu bata optimum.

### Pengujian Geser Langsung

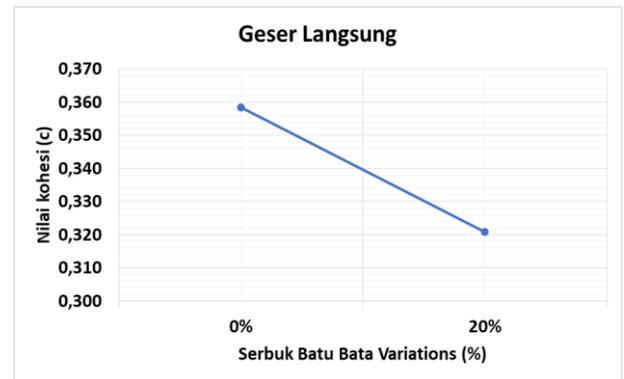
Hasil Pengujian Geser langsung pada tanah lempung dengan variasi persentase optimum 20% yang di-remoulded, ditampilkan pada Tabel 4., Gambar 4, dan Gambar 5

Tabel 5. Hasil Pengujian Geser Langsung

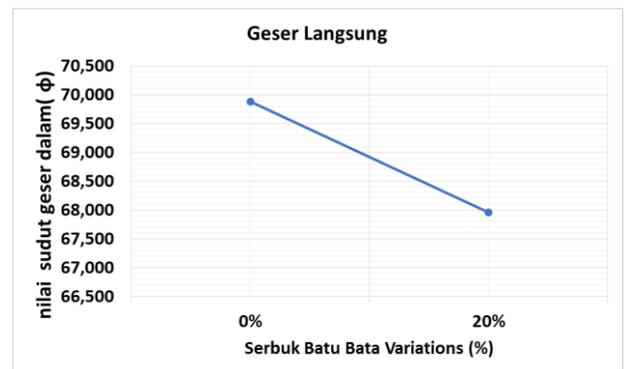
Variasi	Serbuk batu bata	Nilai $c$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Nilai $\phi$ ( $^\circ$ )
Tanah asli	0%	0,359	69,882
Tanah + serbuk batu bata	20%	0,321	67,959

Pada pengujian geser langsung penambahan tanah dengan bahan tambah serbuk batu bata variasi yang paling optimum 20% menyebabkan penurunan nilai kohesi ( $c$ ) dan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) antara geser

langsung tanah asli dengan geser langsung tanah yang ditambahkan dengan persentase variasi serbuk batu bata optimum.



Gambar 4. Hasil Pengujian Nilai C pada Pengujian Geser Langsung



Gambar 5. Hasil Pengujian Nilai Sudut Geser Dalam pada Pengujian Geser Langsung

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian stabilisasi tanah lempung dengan variasi serbuk batu bata yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

Persentase CBR Maksimum yaitu sebesar 3,46% pada persentase optimum penambahan serbuk batu bata sebesar 20%

Hasil dari pengujian Kuat tekan bebas dihasilkan bahwa dengan penambahan bahan tambah serbuk batu bata optimum mempengaruhi kenaikan nilai  $q_u$  pada kuat tekan bebas dari Variasi 0% sebesar 6,350  $\text{kg}/\text{cm}^2$  dengan nilai kuat tekan bebas variasi 20% sebesar 8,672  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Sementara dengan penambahan bahan tambah serbuk batu bata optimum mempengaruhi penurunan nilai kohesi ( $C$ ) pada variasi 0% sebesar 0,359  $\text{kg}/\text{cm}^2$  dengan variasi 20% sebesar 0,321  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , dan mempengaruhi penurunan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) pada pengujian geser langsung dari variasi 0% sebesar 69,882 $^\circ$  dengan variasi 20% adalah sebesar 67,959 $^\circ$ .

**SARAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh penambahan serbuk batu bata sebagai stabilisasi tanah lempung, disarankan bahwa dalam melakukan pengujian kuat tekan bebas dan geser langsung agar dilakukan pengujian terhadap semua variasi campuran yaitu 10%, 20% dan 30% untuk mengetahui pengaruh serbuk batu bata terhadap pengujian semua variasi campuran.

*Kohesif*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2012.

- [12] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 3420:2016 Metode Uji Kuat Geser Langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase*. Badan Standardisasi Nasional, 2016.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terimakasih penulis berikan kepada Tim Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] L. D. Wesley, *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1988.
- [2] J. E. Bowles, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga, 1991.
- [3] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah Jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [4] Kartini, "Batu Bata Sebagai Pozzolan," *J. Spektran*, vol. 6, 2021.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1965:2008 Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1964:2008 Uji Berat Jenis Tanah*, vol. SNI. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 3423:2008 Cara uji analisis ukuran butir tanah*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1966:2008 Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1743:2008 Cara uji kepadatan berat untuk tanah*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1744:2012 Metode uji CBR laboratorium*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2012.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 3638: Metode Uji Kuat Tekan-Bebas Tanah*