

# Pengaruh Penambahan Serbuk Karet dan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Parameter Tanah Lempung pada Pengujian Konsolidasi dan Kuat Geser Langsung

Nurfatihah <sup>[1]\*</sup>, Sri Wulandari <sup>[1]</sup>

<sup>[1]\*</sup> Civil Engineering, Gunadarma University, Depok, 16424, Indonesia

Email: [fatihahap2@gmail.com](mailto:fatihahap2@gmail.com)\*, [swulanb@yahoo.com](mailto:swulanb@yahoo.com)

\*) Correspondent Author

Received: 08 September 2022; Revised: 23 December 2022; Accepted: 27 December 2022

## How to cited this article:

Nurfatihah, Sri Wulandari, (2023). Pengaruh Penambahan Serbuk Karet dan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Parameter Tanah Lempung pada Pengujian Konsolidasi dan Kuat Geser Langsung. Jurnal Teknik Sipil, 19(1), 146–157.  
<https://doi.org/10.28932/jts.v19i1.5931>

## ABSTRAK

Metode perbaikan tanah dapat menggunakan limbah untuk meningkatkan sifat geoteknik. Pembuangan limbah ban dan cangkang telur dapat menimbulkan masalah untuk lingkungan. Oleh karena itu, salah satu cara menanganinya adalah mendaur ulang ban bekas sebagai bahan untuk perbaikan tanah. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh nilai optimum penambahan serbuk karet (SK) dari limbah ban bekas dan serbuk cangkang telur (SCT) terhadap parameter tanah lempung. Penelitian dilakukan melalui uji laboratorium dengan pengujian *index properties* dan *engineering properties*. Berdasarkan klasifikasi tanah menurut USCS, sampel tanah dari Desa Hambalang, Citeureup, Bogor, merupakan jenis lempung organik. Persentase penambahan SCT sama untuk setiap variasi tanah campuran yaitu 3% dengan penambahan SK sebesar 9%, 12%, dan 17%. Hasil menunjukkan penambahan SK dan SCT dapat meningkatkan nilai sudut geser dalam dari 24,13° pada tanah asli menjadi 27,82° pada kadar 3% SCT+12% SK, meningkatkan nilai kohesi dari 5,88 kN/m<sup>2</sup> menjadi 7,29 kN/m<sup>2</sup>. Hasil pengujian konsolidasi menunjukkan pada kadar 3% SCT+12% SK menurunkan nilai indeks pemampatan dari 0,19 menjadi 0,12, dan menurunkan angka pori dari 0,85 menjadi 0,55. Hasil penelitian membuktikan bahwa penambahan serbuk karet dan serbuk cangkang telur dapat memperbaiki kembang susut dan meningkatkan kepadatan tanah lempung organik.

**Kata kunci:** Serbuk Karet, Cangkang Telur, Konsolidasi, Kuat Geser, Lempung.

**ABSTRACT.** *Effect of Addition of Rubber Powder and Eggshell Powder on Clay Soil Parameters in Consolidation and Direct Shear Strength Tests. Soil improvement methods can use waste materials to improve the geotechnical properties of the soil. Disposal of waste tires and waste eggshells can cause several problems for the environment. Therefore, one way to deal with it is to recycle used tires as materials for soil improvement. This study aims to determine the effect of the most optimum value on the addition of rubber powder (SK) from waste tires and eggshell powder (SCT) on clay soil parameters. The research was carried out through laboratory tests by testing index properties and engineering properties. Based on the USCS soil classification, the soil sample taken from Hambalang, Citeureup, Bogor, was the organic clay. The percentage of addition of SCT is the same for each variation of mixed soil, namely 3% with the addition of SK which is 9%, 12%, and 17%. The results show that the addition of SK and SCT can increase the internal shear angle from 24,17° in the original soil to 27,82° at 3% SCT+12% SK, increasing the cohesion value from 5,88 kN/m<sup>2</sup> to 7,29 kN/m<sup>2</sup>. The results of the consolidation test showed that at levels of 3% SCT+12% SK, the compression index decreased from 0,19 to 0,12, and the void ratio from 0,85 to 0,55. The results showed that the addition of rubber powder and eggshell powder could improve shrinkage and increase the density of organic clay.*

**Keywords:** Rubber Powder, Eggshell, Consolidation, Shear Strength, Clay.

## 1. PENDAHULUAN

Konstruksi bangunan, jalan, maupun jembatan berdiri di atas sebuah elemen penting dari struktur bawah konstruksi yang disebut tanah. Tanah merupakan hal yang harus dipertimbangkan pada awal pembangunan. Tanah harus memiliki daya dukung yang baik untuk menahan beban bangunan di atasnya. Mempelajari sifat-sifat dasar dari tanah diharuskan untuk mengetahui apakah tanah tergolong dapat digunakan langsung atau membutuhkan perbaikan. Selain sifat dasar tanah, analisis penurunan tanah juga merupakan suatu pekerjaan bidang geoteknik yang umum dilakukan (Nugraha & Manurung, 2018)

Faktor lain yang dapat mempengaruhi kondisi tanah adalah cuaca. Terutama tanah pada daerah dataran tinggi yang cenderung memiliki udara yang dingin seperti di desa Hambalang. Di daerah dengan iklim dingin, tanah mengalami pembekuan dan pencairan siklik, yang kemudian menyebabkan perubahan struktur dan sifat tanah, yang selanjutnya menyebabkan potensi hilangnya kekuatan tanah. Pengaruh siklus beku-cair pada tanah, terutama pada tanah bermasalah, dapat mengurangi kekuatan ultimit tanah, dan mempengaruhi *resilient modulus*, volume, kompresibilitas, daya dukung, dan struktur mikro dari tanah (Sagidullina et al., 2022).

Metode perbaikan tanah dapat menggunakan bahan limbah untuk meningkatkan sifat geoteknik tanah. Salah satu contoh pemanfaatan limbah yaitu pemanfaatan terak daur ulang pada material *groating* untuk teknik *tunneling* (Ou et al., 2022).

Pembuangan limbah ban dan limbah cangkang telur dapat menimbulkan beberapa masalah untuk lingkungan. Limbah ban berkaitan dengan roda kendaraan, di mana jumlah kendaraan yang tercatat BPS sejumlah 94.373.324 kendaraan dengan pertumbuhan kendaraan sebesar 10% dalam kurun satu tahun (Hariyadi et al., 2018). Badan Pusat Statistik menyatakan bahwa konsumsi telur di Indonesia yaitu sebesar 9-10 butir telur per-orang. Angka tersebut dapat menghasilkan limbah cangkang telur yang berlimpah. Dari banyaknya jumlah cangkang telur, limbah cangkang telur tidak dimanfaatkan dengan baik dan tidak optimalnya pemanfaatan limbah cangkang telur tersebut memicu pencemaran lingkungan yang semakin parah (Venny Riza et al., 2020).

Serbuk karet memiliki beberapa kandungan yang dapat membantu memperbaiki karakteristik tanah. Berdasarkan penelitian (Sadad, 2012), serbuk karet merupakan bahan yang tidak mudah lapuk akibat dari perubahan dari tingkat kandungan air, dan memiliki sifat yang mampu melekatkan material lain sehingga serbuk karet dapat mengikat butiran tanah dan mengisi pori diantara butiran tanah. Hal tersebut memperbaiki kekuatan tanah itu sendiri dan mencegah terjadinya pengembangan tanah yang berlebih. Karet memiliki sifat elastis, hal ini dapat menyebabkan kendala saat pembentukan sampel untuk beberapa sampel pengujian yang membutuhkan sampel yang dicetak. Oleh karena itu, ditambahkan bahan yang dapat mengikat

semua bahan dengan baik yaitu serbuk cangkang telur. Menurut Behnood (Sadad, 2012), serbuk cangkang telur merupakan limbah yang memiliki kandungan serupa dengan kapur, di mana reaksi tanah dengan kapur yang paling menonjol merubah sifat tanah adalah reaksi *pozzolanic*. Berdasarkan penelitian (Munirwan & Jaya, 2019), penggunaan ESP dengan kadar optimum 3% untuk stabilisasi tanah berdasarkan penelitian eksperimen laboratorium dapat meningkatkan daya dukung tanah menjadi lebih baik sehingga bermanfaat untuk konstruksi di lapangan.

Penggunaan ban bekas sebagai bahan stabilisasi tanah telah diteliti oleh (Deepti V. Zutting, 2020), di mana karet remah meningkatkan nilai sudut gesekan internal menunjukkan dapat digunakan dalam bahan urugan ringan yang mengarah ke penurunan tekanan lateral. Penelitian lain dilakukan oleh (Kaur & Singh, 2019) mengenai stabilisasi tanah kapas hitam dengan serbuk ban karet. Kuat geser tanah meningkat dengan penambahan 10% serbuk karet remah dan meningkatkan nilai CBR. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, kedua limbah tersebut masing-masing dapat memperbaiki kondisi tanah berdasarkan parameter-parameter tertentu. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk melihat pengaruh campuran kedua limbah tersebut terhadap parameter tanah lempung.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan melakukan pengambilan sampel tanah lempung di daerah Hambalang, Provinsi Jawa Barat kemudian dibawa ke Laboratorium Teknik Sipil Universitas Gunadarma. Selanjutnya pada sampel tanah dilakukan uji indeks *properties* untuk tanah asli. Pembuatan sampel tanah asli yang dicampur dengan bahan stabilisasi serbuk cangkang telur ayam dengan kadar 3% dan serbuk karet dengan kadar masing-masing 0%, 9%, 12%, dan 15%. Sampel campuran tanah lempung dengan serbuk karet dan serbuk cangkang telur dilakukan beberapa uji indeks *properties*. Kemudian, sampel tanah asli dan sampel tanah campuran untuk setiap kadar dilakukan beberapa uji *engineering properties* untuk mendapatkan nilai koefisien pemampatan dan koefisien konsolidasi serta nilai kohesi dan sudut geser dalam dari sampel tanah. Terhadap hasil yang didapatkan dari pengujian yang dilakukan di laboratorium tersebut selanjutnya dilakukan analisis serta perbandingan antara tanah asli dengan tanah campuran dengan beberapa kadar. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui kadar campuran tanah yang memberikan hasil paling optimal untuk perbaikan tanah gambut.

Kadar campuran dari serbuk cangkang telur dan serbuk karet yang ditambahkan pada tanah lempung ditentukan berdasarkan hasil studi literatur yang telah dilakukan. Beberapa penelitian menunjukkan kadar serbuk karet yang berbeda-beda, maka pada penelitian ini *range* kadar yang digunakan lebih dari rata-rata kadar yang sudah pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Variasi kadar campuran serbuk karet yang ditambahkan pada tanah lempung adalah 9%, 12%,

dan 15%. Sedangkan, untuk kadar serbuk cangkang telur sendiri diambil berdasarkan penelitian sebelumnya (Munirwan & Jaya, 2019) yang menyatakan bahwa penambahan serbuk cangkang telur paling optimum adalah dengan kadar sebesar 3%. Pengujian-pengujian yang dilakukan di laboratorium diantaranya pengujian indeks *properties* (uji kadar air, uji berat isi tanah, uji berat jenis tanah, serta uji *Atterberg limits* [batas plastis, batas plastis, dan batas susut]) dan *engineering properties* (uji konsolidasi dan uji kuat geser langsung).

### 3. HASIL DISKUSI

#### 3.1. Pengujian Tanah Asli

Hasil pengujian indeks *properties* dan *engineering properties* tanah asli yang ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Tanah Asli (*Disturbed*)

Parameter	Satuan	Nilai
Kadar air	(%)	34,48
Berat Isi Basah	(kN/m <sup>3</sup> )	18,65
Berat Isi Kering	(kN/m <sup>3</sup> )	14,12
<i>Specific Gravity</i>		2,60
Porositas	(%)	44,66
<i>Liquid Limit</i>	(%)	55,50
<i>Plastic Limit</i>	(%)	33,65
<i>Shrinkage Limit</i>	(%)	23,70
Indeks Plastisitas	(%)	21,84
Kuat Geser Tanah	(kN/m <sup>2</sup> )	23,54
Sudut Geser Dalam	(deg)	24,17
Kohesi	(kN/m <sup>2</sup> )	5,88
Indeks Pemampatan		0,19
Angka Pori		0,85

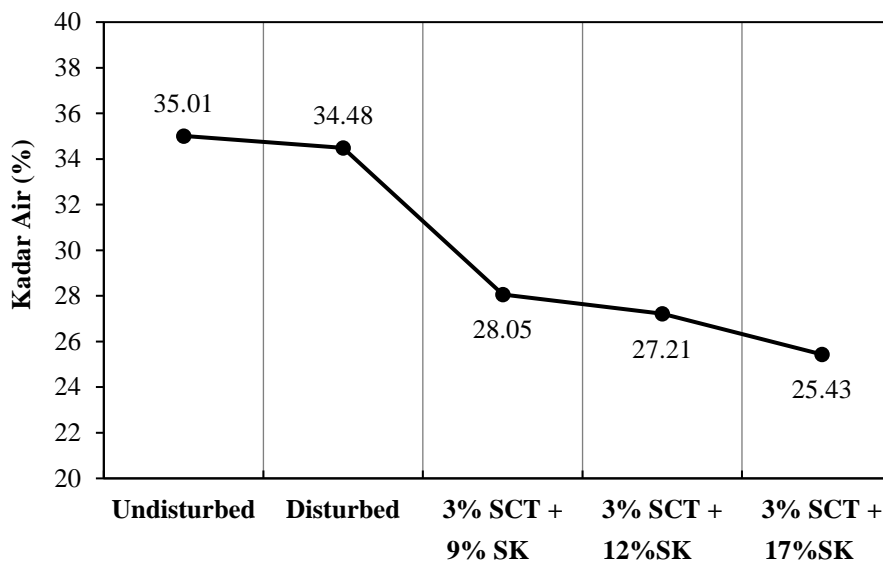
Berdasarkan nilai berat jenis, parameter *Atterberg limits*, dan klasifikasi USCS, sampel tanah asli merupakan jenis tanah lempung organik dengan plastisitas tinggi dan potensi pengembangan yang sedang. Berdasarkan parameter sudut geser dalam (*engineering properties*) menunjukkan tingkat kepadatan tanah adalah sangat lepas.

Tanah organik memiliki kekurangan dalam sektor pembangunan diantaranya mudah mengalami penurunan yang besar, memiliki daya menahan (*bearing capacity*) yang rendah. Hal tersebut dapat menyulitkan alat berat yang beroperasi selama di lapangan serta menyulitkan dalam sampling tanah (Sandy & Desiani, 2020). Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan perbaikan

pada parameter-parameter tanah organik agar dapat mengurangi penurunan dan meningkatkan *bearing capacity*.

### 3.2. Pengujian Tanah Campuran

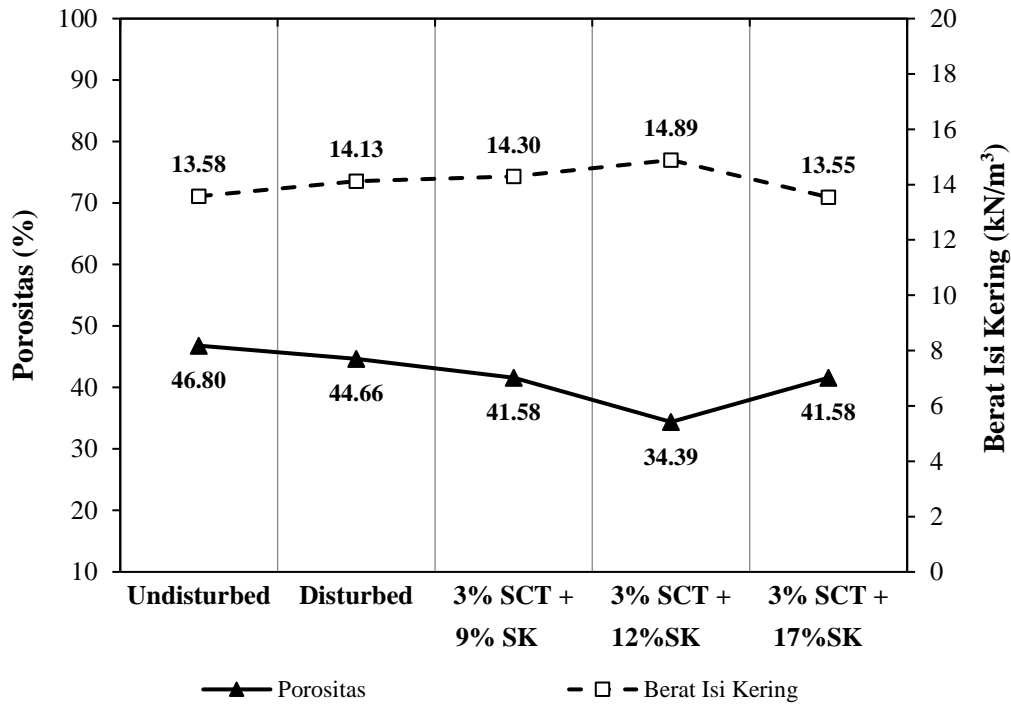
Hasil pengujian kadar air terhadap tanah asli dan tanah campuran dengan limbah serbuk karet (SK) dan serbuk cangkang telur (SCT) ditunjukkan pada Gambar 1. Persentase perubahan tanah asli (*disturbed*) dengan tanah campuran didapatkan dari selisih nilai parameter pengujian tanah asli dengan tanah campuran dibagi dengan tanah asli yang dinyatakan dalam persen.



Gambar 1. Grafik Kadar Air Tanah Asli dan Tanah Campuran

Gambar 1 menunjukkan hasil pengujian kadar air tanah asli dan kadar air tanah campuran dengan SK dan SCT pada tiap kadar. Berdasarkan grafik dapat terlihat pengaruh penambahan serbuk karet dan serbuk cangkang telur terhadap kadar air tanah yang dilakukan pengujian. Grafik menunjukkan penurunan garis kurva yang berarti tiap penambahan kadar campuran serbuk karet menyebabkan penurunan nilai kadar air. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada saat proses pencampuran serbuk karet dapat menyerap air sehingga kandungan air pada tanah berkurang. Pada variasi tanah pertama yaitu tanah campuran dengan 3% SCT dan 9% SK dapat menurunkan nilai kadar air sebesar 19,9% dari kadar air tanah asli. Pada variasi tanah campuran dengan 3% SCT dan 12% SK dapat menurunkan nilai kadar air sebesar 22,3% dari tanah asli. Pengurangan kadar air terbesar terjadi pada variasi tanah campuran dengan 3% SCT dan 17% SK yang dapat menurunkan nilai kadar air sebesar 27,4% dari tanah asli.

Hasil pengujian berat isi terhadap tanah asli dan tanah campuran dengan limbah serbuk karet (SK) dan serbuk cangkang telur (SCT) terdiri dari beberapa parameter yaitu berat isi tanah kering dan porisitas yang ditunjukkan pada gambar 2.



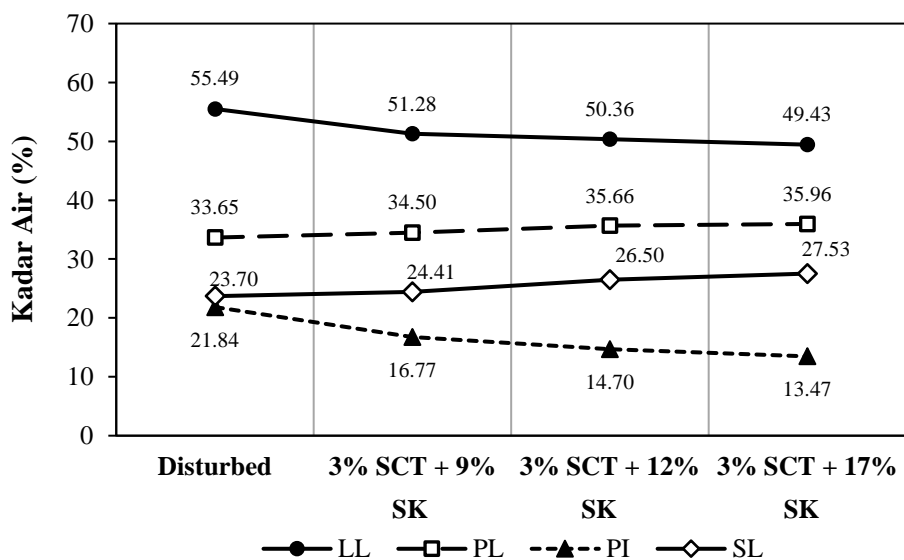
Gambar 2. Grafik Porositas dan Berat Isi untuk Tanah Asli serta Tanah Campuran

Gambar 2 menunjukkan pengaruh penggunaan campuran serbuk karet dan serbuk cangkang telur terhadap parameter berat isi tanah yaitu berat isi tanah kering dan porositas. Nilai berat isi mengalami peningkatan seiring penambahan kadar serbuk karet sampai pada kadar serbuk karet 12% dan mengalami penurunan pada kadar serbuk karet tertinggi. Hal ini dikarenakan seiring penambahan kadar serbuk karet yang menandakan jumlah karet yang ditambahkan semakin banyak. Serbuk karet memiliki kemampuan mengikat dan membuat tanah menjadi solid, akan tetapi tidak dapat mengisi pori antar butiran tanah dan serbuk karet itu sendiri. Variasi 1 (tanah dengan campuran 3% SCT + 9% SK) dapat meningkatkan nilai berat isi kering sebesar 5,29% dari nilai tanah asli. Variasi 2 (tanah dengan campuran 3% SCT + 12% SK) dapat meningkatkan nilai berat isi kering terbesar yaitu 9,63% dari nilai tanah asli dengan nilai berat isi kering maksimum pada kadar serbuk karet 12% yaitu sebesar 14,89 kN/m<sup>3</sup>. Sedangkan pada variasi 3 (tanah dengan campuran 3% SCT + 17% SK) mengalami penurunan nilai hingga di bawah nilai berat isi tanah asli yaitu sebesar 0,25%. Jadi, penambahan serbuk karet pada campuran tanah dapat memperbaiki kondisi tanah dari parameter berat isi tanah, namun

penambahan serbuk karet berlebih dapat mengurangi kualitas ataupun memperburuk kualitas tanah.

Penggunaan serbuk karet dibantu dengan serbuk cangkang telur sebagai bahan campuran tanah dapat menurunkan porositas tanah yang disebabkan oleh reaksi antara bahan stabilisasi dan tanah yang saling mengikat. Hal tersebut dapat dilihat pada kurva porositas seperti tampak pada Gambar 2 dimana ditunjukkan bahwa nilai porositas yang terus berkurang seiring penambahan kadar serbuk karet hingga pada kadar dengan nilai terendah yaitu kadar serbuk karet 12%, dan terjadi kenaikan pada kadar tertinggi yaitu 17%. Penggunaan serbuk karet yang besar dan berlebih dapat menaikkan kembali porositas tanah karena penambahan serbuk karet yang semakin meningkat menyebabkan sejumlah serbuk karet tidak memiliki peran atau tidak ada tanah yang bisa diikat lagi sehingga berkumpul dengan serbuk karet lain dan membentuk pori. Pada porositas tanah campuran, air dapat dengan cepat terserap oleh serbuk karet dan hanya tanah yang mampu diikat oleh serbuk karet namun tidak dapat mengisi ruang pori tanah dengan ukuran yang lebih kecil.

Pengujian *Atterberg limits* yang dilakukan untuk mendapatkan parameter batas plastis (PL), batas cair (LL), dan batas susut (SL). Berdasarkan nilai batas plastis dan batas cair didapatkan nilai indeks plastisitas (PI). Hasil pengujian *Atterberg limits* tanah asli dan tanah campuran ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik *Atterberg Limits* Tanah Asli dan Tanah Campuran

Gambar 3 menunjukkan pengaruh penambahan serbuk cangkang telur dan serbuk karet pada tanah asli terhadap parameter *Atterberg limits*. Pada kurva indeks plastisitas (PI) dan batas cair, menunjukkan nilai yang semakin turun seiring dengan penambahan serbuk karet. Pada kurva yang menunjukkan nilai PL dan SL mengalami kenaikan nilai seiring penambahan serbuk karet. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan bahan stabilisasi pada tanah asli dapat menurunkan kadar air pada batas kondisi cair dan menurunkan nilai indeks plastisitasnya. Serbuk karet dapat menyerap air sehingga tanah solid didapatkan hanya dengan penambahan sedikit air.

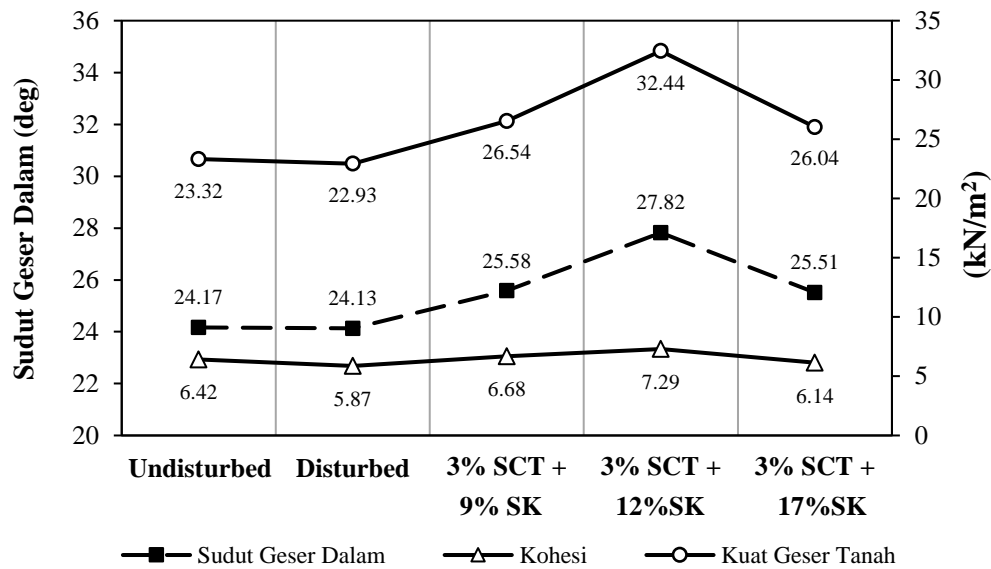
Konsistensi tanah dapat dinilai berdasarkan potensi pengembangannya, hal tersebut dapat dilihat dari nilai indeks plastisitas dan batas susut tanah tersebut. Semakin tinggi nilai PI, maka semakin tinggi pula kemampuan tanah untuk mengembang. Berbanding terbalik dengan nilai batas susut, di mana semakin rendah nilai SL maka semakin tinggi potensi pengembangannya. Tanah yang memiliki kemampuan mengembang yang tinggi akan membuat tanah cepat mengalami perubahan volume akibat dari proses kembang susut dan hal ini dapat merusak bangunan yang ditopang di atasnya.

Nilai indeks plastisitas yang dihasilkan dari pengujian *Atterberg limits* pada tanah asli sebesar 21,84% memiliki kemampuan pengembangan yang sedang. Tanah asli kemudian dicampur oleh serbuk karet dan serbuk cangkang telur yang menghasilkan nilai indeks plastisitas 16,77% pada kadar bahan campuran terendah dan nilai indeks plastisitas terendah yaitu 13,47% pada kadar bahan campuran tertinggi. Nilai yang didapatkan setelah tanah dicampur memiliki kemampuan pengembangan yang rendah. Kadar tertinggi pada penambahan serbuk karet dapat mengurangi kemampuan pengembangan tanah sebesar 38,31% dari kondisi tanah aslinya.

Pengujian *Atterberg limits* pada tanah asli menghasilkan nilai batas susut (SL) sebesar 23,70% dan seiring penambahan serbuk karet dan serbuk cangkang telur didapatkan nilai batas susut tertinggi sebesar 27,53%. Penambahan serbuk karet dapat menurunkan potensi pengembangan tanah sebesar 16,16% dari kondisi tanah aslinya. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk karet dan serbuk cangkang telur pada tanah, dapat membantu memperbaiki kondisi tanah berdasarkan potensi pengembangannya.

Hasil pengujian kuat geser langsung tanah terhadap tanah asli dan tanah campuran dengan limbah serbuk karet (SK) dan serbuk cangkang telur (SCT) ditunjukkan pada Gambar 4. Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud (Das, 1995). Semakin besar kekuatan geser atau nilai kuat geser suatu tanah maka tanah tersebut memiliki perlawanan internal yang baik untuk tetap menahan agar tidak runtuh.





**Gambar 4.** Grafik Kuat Geser Langsung Tanah Asli dan Tanah Campuran

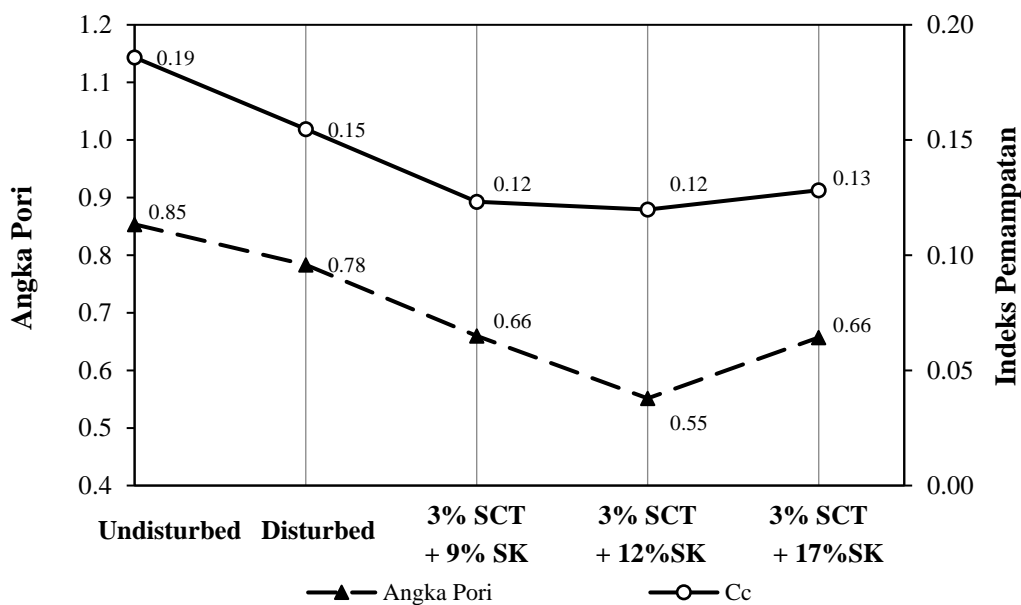
Gambar 4 menunjukkan parameter-parameter tanah dari pengujian kuat geser langsung. Pada kurva kuat geser tanah menunjukkan nilai kuat geser tanah asli sebesar 23,32 kN/m<sup>2</sup> untuk tanah *undisturbed* dan 22,93 kN/m<sup>2</sup> untuk tanah *disturbed*. Seiring bertambahnya kadar serbuk karet yang dicampurkan pada tanah secara bertahap mengalami kenaikan nilai kuat geser hingga pada penambahan serbuk karet dengan kadar 12% yang menghasilkan nilai kuat geser tanah yang maksimum yaitu sebesar 32,44 kN/m<sup>2</sup>. Tanah campuran dengan 3% SCT dan 12% SK dapat meningkatkan nilai kuat geser sebesar 41,46% dari tanah asli.

Sudut geser dalam dan kohesi memiliki hubungan yang berbanding lurus dengan kekuatan tanah. Semakin besar sudut geser dalam dan kohesi, semakin besar pula kekuatan tanah yang dimiliki, begitu pula sebaliknya. Hubungan sudut geser dalam dengan tingkat kepadatan suatu tanah, di mana nilai sudut geser dalam semakin besar nilai sudut geser dalam mana tanah semakin padat (Bowles, 1996). Tanah yang padat tidak mudah mengalami perubahan volume yang dapat mencegah keruntuhan. Didukung pula oleh parameter kohesi tanah, di mana semakin besar nilai kohesi suatu tanah menunjukkan daya lekat antar butiran tanah yang semakin kuat. Berdasarkan Gambar 4, sudut geser dalam dan kohesi tanah asli memiliki nilai terendah jika dibandingkan dengan tanah campuran. Nilai sudut geser dalam dan kohesi maksimum adalah sebesar 27,82° dan 7,29 kN/m<sup>2</sup> diperoleh pada penambahan serbuk karet dengan kadar sebesar 12%. Berdasarkan parameter sudut geser dalam dan kohesi, tanah dengan campuran serbuk cangkang telur dan serbuk karet dapat meningkatkan sudut geser dalam sebesar 15,27% dan kohesi sebesar 24,33% dari nilai tanah aslinya. Pada kadar tertinggi yaitu 17%, nilai sudut geser

dalam, kohesi, dan kuat geser tanah mengalami penurunan, hal tersebut dapat terjadi karena daya tarik antar partikel berbeda semakin berkurang dengan penambahan serbuk karet berlebih.

Peningkatan nilai dari masing-masing parameter diperoleh dengan menggunakan metode perhitungan persentase perubahan tanah asli (*disturbed*) dengan tanah campuran dimana selisih nilai parameter pengujian tanah asli dengan tanah campuran dibagi dengan tanah asli yang dinyatakan dalam persen.

Hasil pengujian konsolidasi tanah terhadap tanah asli dan tanah campuran dengan limbah serbuk karet (SK) dan serbuk cangkang telur (SCT) ditunjukkan pada Gambar 5. Terdapat beberapa parameter yang dapat menentukan perilaku konsolidasi tanah termasuk indeks pemampatan. Indeks pemampatan ( $C_c$ ) berfungsi dalam mengukur seberapa solid/kaku tanah lempung ketika kondisi terkonsolidasi biasa. Kulhawy dan Mayne (1990) mengklasifikasikan kompresibilitas tanah lempung berdasarkan nilai  $C_c$  di mana semakin kecil nilai  $C_c$  maka semakin rendah tingkat kompresibilitasnya. Tingkat kompresibilitas yang rendah menunjukkan sedikitnya perubahan volume apabila diberikan tekanan dan hal ini merupakan hal baik karena kerusakan yang terjadi semakin berkurang.



Gambar 5. Indeks Pemampatan dan Angka Pori Tanah Asli dan Tanah Campuran

Gambar 5 menunjukkan kurva nilai  $C_c$  pada tanah asli dan tanah campuran serbuk cangkang telur dan serbuk karet. Nilai indeks pemampatan tanah asli sebesar 0,19 dan terus mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar serbuk karet. Indeks pemampatan minimum didapatkan pada kadar serbuk karet 12% yaitu sebesar 0,12. Serbuk karet dengan kadar 12% dapat memperbaiki kondisi tanah sebesar 35,54% berdasarkan parameter indeks pemampatan.

Indeks pemampatan memiliki hubungan dengan besarnya angka pori, semakin besar angka pori pada tanah maka semakin besar tanah mengalami pemampatan dan begitu pula sebaliknya. Oleh karena itu, semakin kecil pori maka semakin baik untuk tanah dalam menopang suatu bangunan. Angka pori pada tanah campuran serbuk cangkang telur dan serbuk karet lebih kecil dibandingkan dengan tanah asli, angka pori semakin kecil seiring penambahan kadar serbuk karet. Angka pori minimum yang didapatkan pada kadar serbuk karet 12% dapat memperbaiki kondisi tanah asli sebesar 35,39% berdasarkan parameter angka pori tanah.

Nilai angka pori dan sudut geser dalam pada kadar tertinggi yaitu kadar serbuk karet 17% mengalami kenaikan nilai. Hal tersebut dikarenakan penambahan serbuk karet yang semakin meningkat membuat sejumlah serbuk karet tidak memiliki peran atau tidak ada tanah yang bisa diikat lagi sehingga berkumpul dengan serbuk karet lain dan membentuk pori

#### **4. KESIMPULAN**

Hasil penelitian menunjukkan tanah di Desa Hambalang merupakan tanah lempung organik dan lempung lembek. Pengaruh penambahan serbuk karet dari ban bekas dan serbuk cangkang telur pada tanah lempung antara lain adalah; meningkatkan sudut geser dalam tanah asli  $24,17^\circ$  menjadi  $27,82^\circ$  pada tanah campuran dengan kadar optimum; meningkatkan nilai kohesi tanah asli dari  $5,88 \text{ kN/m}^2$  menjadi  $7,29 \text{ kN/m}^2$ ; menurunkan nilai indeks pemampatan dari nilai tanah asli 0,19 menjadi 0,12; dan menurunkan angka pori dari nilai tanah asli 0,85 menjadi 0,55.

Presentase pengaruh penambahan serbuk karet dan serbuk cangkang telur didapatkan berdasarkan nilai yang paling optimum dari hasil pengujian yaitu pada tanah campuran dengan 3% serbuk cangkang telur dan 12% serbuk karet bekas.

#### **5. DAFTAR PUSTAKA**

- Bowles, J. E. (1996). Foundation Analysis and Design. In *Civil Engineering Materials*.
- Das, B. M. (1995). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik). Penerbit Erlangga, 1–300.
- Deepti V. Zutting. (2020). Soil Stabilization by using Scrap Tire Rubber. *International Journal of Engineering Research and Technology*, V9(06), 1382–1388. <https://doi.org/10.17577/ijertv9is060592>
- Hariyadi, H., Pratama, Y., Sigit, S., Fadhilah, L., Maryunani, W. P., & Sudarno, S. (2018). Pengaruh Ukuran Crumb Rubber Mesh #80 dan Mesh #120 (Serbuk Limbah Ban Karet) pada Penambahan Campuran Laston untuk Perkerasan Jalan. *Reviews in Civil Engineering*, 2(2), 82–85. <https://doi.org/10.31002/rice.v2i2.948>
- Kaur, M. R., & Singh, E. D. (2019). Tyre Rubber Powder as a Soil Stabilizer. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6(6), 1786-1791.
- Munirwan, R. P., & Jaya, R. P. (2019). Performance of Eggshell Powder Addition to Clay Soil for Stabilization. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(3S3), 532–535. <https://doi.org/10.35940/ijrte.c1094.1183s319>

- Nugraha, A. S., & Manurung, S. A. H. M. (2018). Pengaruh Waktu Pembebanan Uji Konsolidasi 1 Dimensi Terhadap Nilai Oedometric Modulus Tanah Silty Clay. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(2), 161–179. <https://doi.org/10.28932/jts.v14i2.1798>
- Ou, Y., Tian, G., Chen, J., Chen, G., Chen, X., Li, H., Liu, B., Huang, T., Qiang, M., Satyanaga, A., & Zhai, Q. (2022). Feasibility Studies on the Utilization of Recycled Slag in Grouting Material for Tunneling Engineering. *Sustainability (Switzerland)*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/su141711013>
- Sadad, I. (2012). Penambahan serbuk karet sir.20 pada tanah lempung sebagai bahan inti bendungan. *Jurnal Teknik Sipil UBL*, 3(1), 236–246.
- Sagidullina, N., Abdialim, S., Kim, J., Satyanaga, A., & Moon, S. W. (2022). Influence of Freeze–Thaw Cycles on Physical and Mechanical Properties of Cement-Treated Silty Sand. *Sustainability (Switzerland)*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/su14127000>
- Sandy, J., & Desiani, A. (2020). Parameter Konsolidasi Tanah Organik berdasarkan Uji Laboratorium Akibat Pengaruh Kandungan Batu Bara. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 38–53. <https://doi.org/10.28932/jts.v16i1.2768>
- Venny Riza, F., Sapriandi Lubis, D., Vidia Br Manurung, F., Rizky Rizaldi Nst, M., (2020). Analisis Mekanis Beton Busa dengan Kombinasi Serat Sabut Kelapa Serta Bahan Tambahan Abu Sekam Padi dan Serbuk Cangkang Telur. *Progress in Civil Engineering Journal*, 2(1), 53–67.