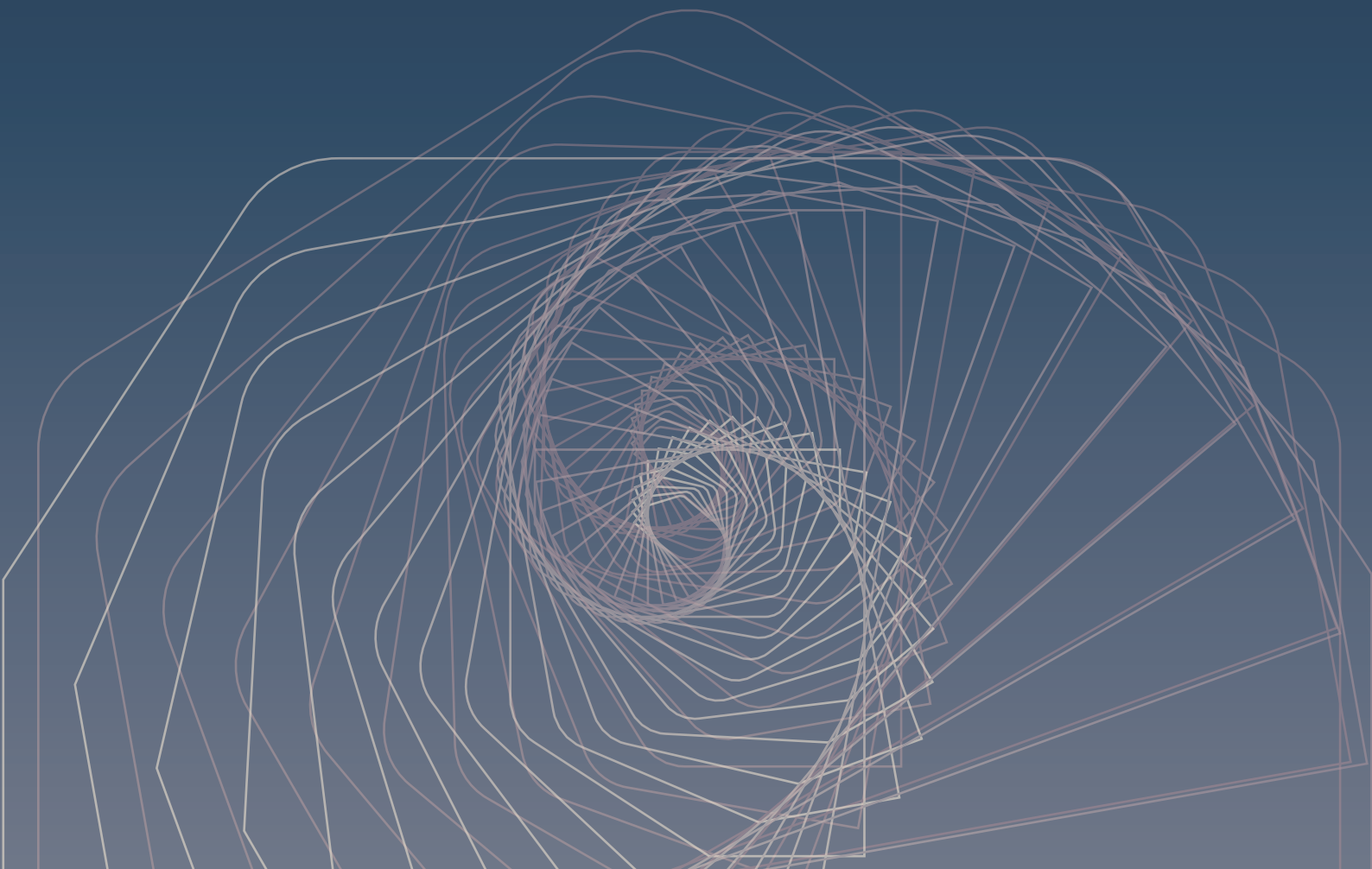


JMITS

JURNAL MITRA TEKNIK SIPIL

Volume 4 No. 4 November 2021



e-ISSN : 2622-545X
Program Studi Sarjana Teknik Sipil UNTAR

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil

Volume 4, Nomor 4, November 2021

Redaksi

Ketua Penyunting Dr. Widodo Kushartomo

Dewan Penyunting Ir. Aniek Prihatiningsih, M.M.
Dr. Ir. Mega Waty, M. T.
Daniel Christianto, S.T., M.T.
Ir. Henny Wiyanto, M.T.
Ir. Niluh Putu Shinta Eka Setyarini, M.T.
Arif Sandjaya, S.T., M.T.

Penyunting Pelaksana Anissa Noor Tajudin, S.T., M.Sc.
Vittorio Kurniawan, S.T., M.Sc.
Yenny Untari Liucius, S.T., M.T.

Mitra Bestari Prof. Ir. Chaidir Anwar Makarim, MCE., Ph.D. (Universitas Tarumanagara)
Prof. Ir. Leksmono Suryo Putranto, M.T., Ph.D. (Universitas Tarumanagara)
Ir. Iwan B. Santoso, M.Eng., Ph.D. (Universitas Tarumanagara)
Dr. Ir. Basuki Anondho, M.T. (Universitas Tarumanagara)
Dr. Ir. Najid, M.T. (Universitas Tarumanagara)
Andy Prabowo, S.T., M.T. (Universitas Tarumanagara)
Dr. Ir. Wati Asriningsih Pranoto, M.T. (Universitas Tarumanagara)
Prof. Ir. Roesdiman Soegiarso, M.Sc., Ph.D. (Universitas Tarumanagara)
Ir. Gregorius Sandjaja Sentosa, M.T. (Universitas Tarumanagara)

Alamat Redaksi Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara

Alamat: Jl. Letjen S. Parman No.1, Jakarta Barat, Universitas Tarumanagara
Kampus 1 Gedung L Lantai 5
Telepon : 021-5672548 ext.331
Email : jmts@untar.ac.id

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil

Volume 4, Nomor 4, November 2021

Kata Pengantar

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil (E-ISSN 2622-545X) merupakan jurnal *peer-reviewed* yang dipublikasikan oleh Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara sebagai wadah peneliti, mahasiswa, dan dosen dari dalam maupun luar UNTAR untuk mempublikasikan makalah hasil penelitian dan studi ilmiah dalam bidang Teknik Sipil.

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil mempublikasikan artikel ilmiah pada bidang Teknik Sipil dengan sub-bidang sebagai berikut:

- Struktur
- Material Konstruksi
- Geoteknik
- Sistem dan Teknik Transportasi
- Manajemen Konstruksi
- Keairan

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil terbitan Volume 4 Nomor 4 bulan November 2021 merupakan terbitan ke-14 sejak terbitan pertama pada Agustus 2018. Penerbitan JMTS dilakukan secara berkala setiap 3 bulan, yaitu pada bulan Februari, Mei, Agustus, dan November.

Dalam sejarah pelaksanaannya, makalah yang diterbitkan pada JMTS mengalami beberapa perubahan template penulisan untuk menghasilkan kualitas penulisan yang lebih baik, di antaranya penambahan abstrak dalam bahasa Inggris dan perubahan style referensi yang semula Harvard menjadi MLA dan sekarang menjadi APA. Sejak terbitan Volume 3 Nomor 1 bulan Februari 2020, semua makalah diproses secara penuh melalui Open Journal System yang dimulai dari proses *submission*, *reviewing*, *editing*, dan *publishing*.

Penerbitan jurnal ini dapat berlangsung secara maksimal berkat kontribusi berbagai pihak. Kami kepada tim editor yang telah membantu mengawal proses penerbitan. Penghargaan juga kami sampaikan kepada para Reviewer yang telah berkenan memberikan saran perbaikan untuk menjaga kualitas jurnal. Semoga jurnal ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu Teknik Sipil.

Salam,

Tim Redaksi Jurnal Mitra Teknik Sipil

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil

Volume 4, Nomor 4, November 2021

Daftar Isi

ANALISIS PERBANDINGAN MENGGUNAKAN DATA SEKUNDER PERBAIKAN TANAH DENGAN <i>LIMESTONE</i> DAN PASIR BATU PADA LEMPUNG LUNAK <i>Prayoga Prayoga dan Gregorius Sanjaja Sentosa</i>	801-810
ANALISIS FAKTOR EKSTERNAL YANG DOMINAN TERHADAP BIAYA <i>OVERHEAD</i> PROYEK KONSTRUKSI <i>Hendi Wijaya dan Basuki Anondho</i>	811-822
ANALISIS KINERJA TIANG DENGAN VARIASI KEMIRINGAN DI DERMAGA “SJ” BANDAR LAMPUNG <i>Dede Oktaferdian dan Sunarjo Leman</i>	823-836
EVALUASI KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR RUAS TOL JAKARTA-CIKAMPEK DAN ALTERNATIF PENANGANANNYA <i>Hans Hendito dan Anissa Noor Tajudin</i>	837-844
EVALUASI KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE PCI DAN SDI (STUDI KASUS: JALAN JATISARI, KARAWANG) <i>Ricky Hermawan dan Anissa Noor Tajudin</i>	845-854
EVALUASI FAKTOR HAMBATAN SAMPING PADA PENENTUAN KAPASITAS JALAN STUDI KASUS: JALAN JENDRAL SUDIRMAN JAKARTA <i>Yulia Rosaria Kunarti dan Najid</i>	855-866
PENINGKATAN KEKUATAN TANAH ORGANIK DENGAN PENCAMPURAN EMPAT JENIS LIMBAH RAMAH LINGKUNGAN <i>Aldo Febrian dan Aniek Prihatiningsih</i>	867-874
ANALISIS KEMAMPUAN <i>SELF HEALING</i> PADA LAPIS ASPAL BETON DENGAN LIMBAH BUBUTAN BAJA SEBAGAI BAHAN TAMBAH <i>Alida Danar Saputra dan Anissa Noor Tajudin</i>	875-886
ANALISIS PENGARUH PEMILIHAN JENIS BEKISTING TERHADAP DURASI DAN BIAYA PELAKSANAAN PEKERJAAN STRUKTUR PROYEK X <i>Wilsen Hartanto Lim dan Arianti Sutandi</i>	887-901

PENINGKATAN KEKUATAN TANAH ORGANIK DENGAN PENCAMPURAN EMPAT JENIS LIMBAH RAMAH LINGKUNGAN

Aldo Febrian¹ dan Aniek Prihatiningsih²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
aldofebriankimaz@yahoo.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
aniekp@ft.untar.ac.id

Masuk: 17-01-2020, revisi: 15-05-2021, diterima untuk diterbitkan: 27-11-2021

ABSTRACT

Waste is one of the problems in Indonesia. Based on the Ministry of the Environment, each person produces an average of 0.8 kg of waste per day. The average waste per person will increase in line with the increase in people's welfare and lifestyle. Assuming 220 million Indonesians, waste reaches 176,000 tons per day. Accompanied by increasing population growth, the need for infrastructure development on land is increasing. Soils that is often used for construction land is organic soil. It has low soil bearing capacity values and soil improvement methods are commonly used. The general method usually is to mix the soil with better bearing capacity. To minimize costs, a physical stabilization system is carried out that can use soil improvement methods with waste. This can deal with 2 problems at once, where there is the use of certain types of waste and also the planning of organic soil stabilization with small carrying capacity. By doing a triaxial test on organic soil by mixing 4 different types of waste, it shows that the best waste mixture that can affect the bearing capacity of the soil in sequence is coconut husk, tile fragments, construction demolition debris, and chicken egg shells.

Keywords: *Organic soil, chicken egg shells, coconut fiber, roof tiles, construction demolition debris.*

ABSTRAK

Limbah merupakan salah satu permasalahan di Indonesia, Berdasarkan informasi Kementerian lingkungan Hidup, setiap orang menghasilkan rata-rata 0,8 kg sampah per hari. Rata-rata limbah per orang akan meningkat sejalan dengan meningkatnya kesejahteraan dan gaya hidup masyarakat. Dengan asumsi 220 juta penduduk Indonesia, limbah mencapai 176.000 ton per hari. Diiringi dengan peningkatan pertumbuhan penduduk, maka kebutuhan pembangunan infrastruktur di lahan tanah semakin bertambah. Salah satu tanah yang sering dipakai untuk lahan konstruksi adalah tanah organik. Tanah organik memiliki nilai daya dukung tanah yang rendah dan biasa dilakukan metode perbaikan tanah. Metode umum yang biasa dilakukan adalah dengan melakukan pencampuran tanah dengan daya dukung yang lebih baik. Untuk memperkecil biaya maka dilakukannya sistem stabilisasi fisik yang bisa menggunakan metode perbaikan tanah dengan limbah. Hal ini bisa menangani 2 masalah sekaligus, dimana adanya pemanfaatan dari jenis limbah tertentu dan juga perencanaan stabilisasi tanah organik dengan daya dukung kecil. Dengan melakukan uji triaksial pada tanah organik dengan mencampurkan 4 jenis limbah berbeda menunjukkan bahwa campuran limbah terbaik yang bisa mempengaruhi daya dukung tanah secara berurutan adalah sabut kelapa, pecahan genteng, puing pembongkaran konstruksi, dan cangkang telur ayam.

Kata kunci: tanah organik, cangkang telur ayam, sabut kelapa, pecahan genteng, puing pembongkaran konstruksi.

1. PENDAHULUAN

Masalah mengenai limbah merupakan suatu masalah yang dialami oleh kebanyakan negara berkembang. Limbah adalah semua limbah cair rumah tangga, termasuk air kotor dan semua limbah industri yang dibuang ke sistem saluran limbah cair, kecuali air hujan atau drainase permukaan. Di mana masyarakat bermukim, di sanalah berbagai jenis limbah akan dihasilkan. Limbah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia atau proses-proses alam, dan tidak atau belum mempunyai nilai ekonomi, bahkan dapat mempunyai nilai ekonomi yang negatif. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia senyawa organik dan senyawa anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Limbah dikumpulkan di tempat pembuangan limbah. Pada umumnya, ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat,

zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya (Hardiyatmo, 1992).

Dalam pembangunan konstruksi sipil, tanah mempunyai peranan yang sangat penting. Kuat atau tidaknya bangunan/konstruksi itu juga dipengaruhi oleh kondisi tanah tempat properti tersebut didirikan. Salah satu tanah yang biasa ditemukan pada suatu konstruksi yaitu jenis tanah organik. Tanah organik memiliki sifat dan karakteristik kandungan organik tinggi, kadar air tinggi, angka pori besar, dan adanya serat yang mengakibatkan tanah organik tidak mempunyai sifat plastis. Tanah organik merupakan jenis tanah permukaan yang memiliki campuran sisa-sisa pelapukan tanaman atau hewan. Tanah organik memiliki tingkat kuat geser yang kecil dan kompresibilitas tinggi. Bahan organik yang terdapat pada tanah organik memiliki tingkat kohesi yang rendah (Wiratama, 2013). Salah satu cara untuk meningkatkan tanah yang kurang baik adalah dengan melakukan metode perbaikan tanah. Metode perbaikan tanah secara umum merupakan suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Tujuan dari perbaikan tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau fondasi jalan yang padat. Adapun sifat tanah yang telah diperbaiki tersebut dapat meliputi: kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan. Beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut: meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan yang dapat menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), mengganti tanah yang buruk (Bowles, 1991).

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Bowles, 1989). Dari sifat teknisnya, stabilisasi pada tanah dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu: stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi (Ingles & Metcalf, 1972). Salah satu metode untuk menangani permasalahan tanah berdaya dukung rendah adalah mengganti tanah dasar tersebut dengan tanah yang cukup baik, tetapi hal ini biasanya membutuhkan biaya yang cukup besar. Oleh karenanya, dilakukan upaya-upaya untuk mengatasi masalah tersebut dengan cara mengubah sifat-sifat fisiknya untuk menekan biaya. Stabilisasi fisik adalah salah satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah. Cara ini bisa dilakukan dengan membongkar tanah di lokasi, kemudian menggantinya dengan material yang lebih memenuhi syarat. Di dalam jenis stabilisasi tanah secara fisik terdapat metode perbaikan tanah dengan bahan limbah. Salah satu bentuk inovasi yang dikembangkan adalah penggunaan material limbah sebagai pencampur ke dalam lapisan tanah yang memiliki daya dukung yang lemah. Selain penggunaan abu terbang (*fly ash*) maupun abu biomassa, ada berbagai jenis limbah industri yang dapat dipergunakan sebagai material campuran. Hal ini akan membuat pemanfaatan limbah dapat dilakukan untuk perkuatan lapisan tanah. Untuk mengetahui peningkatan kekuatan tanah organik terhadap pencampuran bahan limbah yang sudah tidak terpakai serta ramah lingkungan yang bisa digunakan sebagai stabilisasi fisik dengan metode perbaikan tanah dengan bahan limbah (*Waste Mix*). Variasi bahan limbah yang digunakan untuk peningkatan kekuatan tanah dalam penelitian ini adalah cangkang telur, sabut kelapa, pecahan genteng, dan puing pembongkaran konstruksi. Besar parameter kuat geser (τ) sampel tanah organik sebelum dicampur bahan limbah akan ditinjau.

Cangkang telur unggas terdiri dari kalsium karbonat sebesar 97% dari massanya, direkatkan dengan matriks protein. Penambahan serbuk cangkang telur (*eggshell powder*) atau disingkat dengan ESP dan juga merupakan salah satu limbah industri makanan juga sudah mulai dipertimbangkan sebagai salah satu bahan campuran tanah lempung untuk meningkatkan daya dukung dan kekuatan tanah. Berat jenis ESP = $1,071 \text{ g/cm}^3$ (Apriyantono et al., 2008). Komposisi kimia ESP dapat dilihat pada Tabel 1.

Di Indonesia tanaman kelapa adalah tanaman hasil dari sektor pertanian yang sangat subur, karena Indonesia mempunyai banyak daerah pesisir yang merupakan tempat yang cocok bagi kelapa untuk tumbuh (Apriyantono, 2008). Sabut kelapa juga mempunyai keuntungan yaitu tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan). Sabut kelapa juga mempunyai sifat yang ulet, dapat menyerap air, dan mempunyai tingkat keawetan yang baik jika tidak berhubungan langsung dengan cuaca. Berat jenis sabut kelapa = $0,87 \text{ g/cm}^3$ (Mulyono, 2004). Komposisi kimia sabut kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi kimia cangkang telur

Bahan –bahan yang terkandung	Jumlah (%)
Bahan kering (BK)	98,77
Abu	57,06
Protein Kasar (PK)	5,60
Serat Kasar (SK)	8,47
Beta-N	26,46
Calsium (Ca)	19,20
Phospor (P)	0,39
Tembaga (Cu)	Td
Crom (Cr)	Td
Timbal (Pb)	Td
Magnesium (Mg)	2,501
Zinc (Zn)	0,001
Natrium (Na)	0,084
Besi (Fe)	0,037
Kalium (K)	0,047
Aspartat	0,44
Threonin	0,21

(Sumber: Apriyantono et al., 2008)

Tabel 2. Komposisi kimia sabut kelapa

Senyawa	Persentase (%)
Selulosa	43,44
Hemiselulosa	0,25
Lignin	45,84
Air	5,52
Abu	2,22

(Sumber: Mulyono, 2004)

Pecahan genteng banyak dimanfaatkan sebagai bahan timbunan jalan, timbunan fondasi rumah. Pada kondisi berbutir halus genteng berfungsi sebagai pozolan yang dapat bereaksi baik bila dicampur dengan bahan yang mengandung kalsium. Untuk mengetahui pengaruh kapur, pecahan genteng terhadap nilai indeks plastisitas dilakukan penelitian penggunaan pecahan genteng sebagai bahan agregat lapis fondasi sebagai bahan stabilisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pecahan genteng sebagai bahan stabilisasi pada lapis fondasi dengan agregat pecahan genteng terhadap nilai daya dukung tanah. Berat jenis pecahan genteng = 1,2121 g/cm³.

Construction and Demolition Waste (C&D waste) atau dikenal dengan limbah konstruksi dan pembongkaran, saat ini volume limbahnya semakin besar karena bangunan sekarang memiliki perkembangan teknik konstruksi baru, renovasi, pembangunan kembali, perbaikan, dan pekerjaan pembongkaran yang kompleks. Limbah konstruksi di Indonesia yang masih dianggap layak digunakan kembali untuk dibuat menjadi produk baru seperti besi menjadi tulangan, kayu menjadi kusen, panel pintu, cetakan penyangga saat pengecoran, dan lain-lain. Sekarang sudah ada banyak penelitian yang menggunakan bahan puing pembongkaran konstruksi untuk stabilisasi perkuatan tanah. Berat jenis beton = 2,4 g/cm³ (Manukhina & Ivanova, 2017). Kemungkinan untuk digunakan kembali *C&D waste* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. *Construction and demolition waste*

<i>C&D Waste</i>	<i>Recycle potential</i>	<i>Biodegradeable potential</i>	<i>Potential of landfilling</i>	<i>Potential for incineration</i>
<i>Concrete</i>	<i>Recycled aggregate for road base</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>
<i>Steel</i>	<i>Recyclable to steel</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>No</i>
<i>Ceramic</i>	<i>Possibly Recyclable as filling material</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>

(Sumber: Manukhina & Ivanova, 2017)

2. METODE PENELITIAN

Pertama, untuk mengetahui limbah yang paling baik dari 4 limbah tersebut sebagai campuran, nilai persentase 10% dari total volume *mold* akan di uji dahulu. Masing-masing campuran dibuat 6 sampel dan tanpa campuran juga 6 sampel, sehingga total jumlah sampel sebanyak 30 buah. Kemudian nilai persentase variasi bahan limbah sabut kelapa yang akan dicampur sebesar 2,5%, 5,0%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15,0% dari total volume *mold* untuk mengetahui peningkatan terhadap besarnya campuran. Masing-masing variasi campuran tanah dan sabut kelapa dibuat 3 sampel, dengan total 18 sampel. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan melakukan pengujian kuat tekan *Triaxial (Triaxial Undrained Unconsolidated Test)*.

Data sampel tanah diambil dari lokasi Pantai Indah Kapuk yang berada di Jl. Pantai Indah Selatan 1, Jakarta Utara, Indonesia dengan kedalaman 0,5-2,0 m. Sampel tanah diambil pada tanggal 23 September 2019. Sampel tanah yang telah diambil akan dibawa dan diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Tarumanagara dan akan dilakukan pengujian karakteristik tanah terlebih dahulu. Pengujian terhadap sampel tanah yang akan dilakukan adalah *Moisture Water Content (ASTM D2216)*, *Specific Gravity Test (ASTM D854)*, *Atterberg Limits (ASTM D4318)*, dan *Grain Size (ASTM D422)*.

Pada tes kompresi triaksial konvensional, suatu spesimen silinder yang dibungkus dengan membran karet dan diletakkan pada suatu sel triaksial di mana dia dikenakan tekanan fluida. Suatu beban kemudian diberikan mengikuti sumbu spesimen, menaikkan tegangan sumbu sampai keruntuhan terjadi. Pada kondisi-kondisi tersebut, tegangan-tegangan minor dan pertengahan, masing masing σ_3 , sama dengan tekanan fluida; tegangan utama mayor (σ_1) disediakan oleh baik tekanan fluida dan tegangan aksial yang diberikan oleh piston beban (ASTM D2850). *Triaxial test* bertujuan untuk mendapatkan parameter mekanika tanah atau batuan seperti kohesi (C) dan sudut geser dalam (\emptyset). Menentukan tekanan vertikal total (σ_3) yang diterapkan pada benda uji menggunakan Persamaan 1 dan nilai kuat geser dengan Persamaan 2.

$$\sigma_3 = \gamma \times H_o \times k_o \tag{1}$$

$$\tau = C + \sigma \tan \emptyset \tag{2}$$

dengan H_o merupakan kedalaman, $k_o = 1$ (*normal consolidated*), C = Kohesi [kN/m²], σ = Tegangan normal pada bidang runtuh [kN/m²], dan \emptyset = Sudut geser dalam [derajat].

Uji triaksial tak terkonsolidasi dan tak terdrainase (UU), suatu tekanan sel diberikan pada specimen tes dan tegangan deviator atau penggeseran diberikan segera setelah tekanan sel stabil. Drainase tidak diizinkan selama pemberian tekanan sel (tegangan keliling) dan drainase tidak diizinkan selama pemberian tegangan deviator. Pengujian dilakukan untuk mensimulasikan kondisi di lapangan apabila pemberian beban relative cepat sehingga lapisan tanah belum sempat terkonsolidasi, oleh karena itu pengujian ini juga dinamakan *quick test*. Sebagai contoh dalam kasus ini adalah suatu lapisan tanah yang menerima beban relative cepat seperti beban urugan yang berlangsung relative singkat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian karakteristik tanah untuk sampel dari daerah Pantai Indah Kapuk dapat dilihat pada Tabel 4.

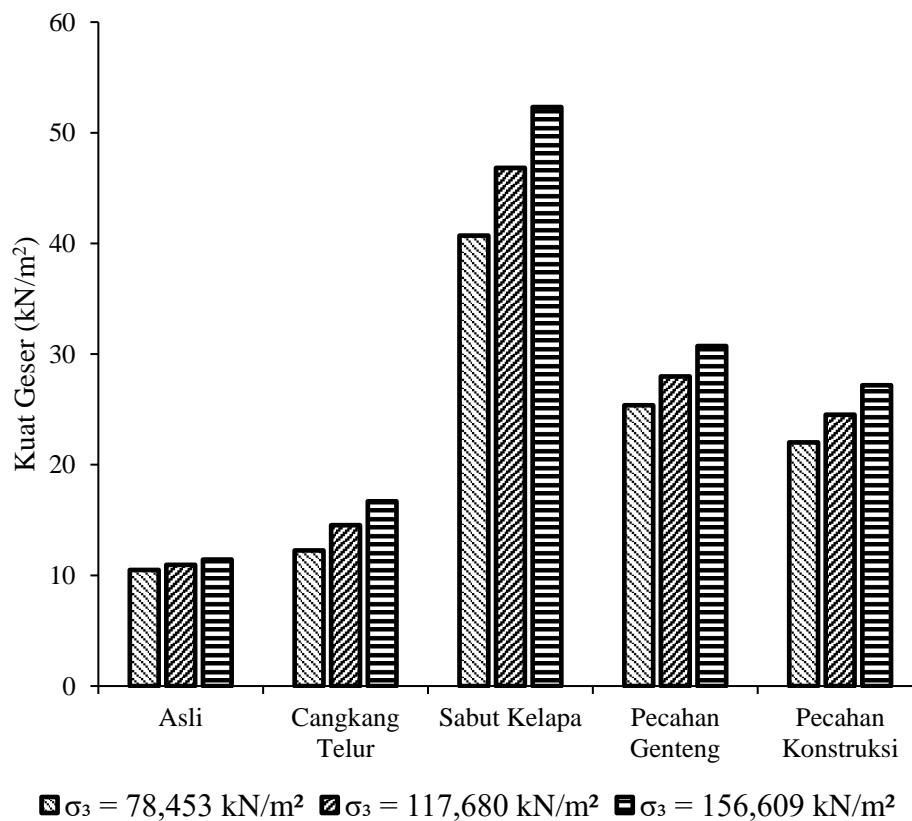
Tabel 4. Klasifikasi tanah Pantai Indah Kapuk.

Uji Laboratorium	Hasil
<i>Specific Gravity Test</i>	
GS	2,54
<i>Atterberg Limits Test (Plastic Limits)</i>	
Batas Cair (%)	59,74
Batas Plastis (%)	36,40
Indeks Plastisitas, Ip (%)	23,44
<i>Grain Size Test (ukuran butir)</i>	
Gravel (%)	1,36
Pasir (%)	30,69
Lanau (%)	59,38
Lempung (%)	9,94
Klasifikasi Tanah (AASHTO)	A-7
Klasifikasi Tanah (USCS)	OH

Hasil dari pengujian *triaxial* pada sampel tanah yang dicampurkan dengan 4 jenis limbah ditunjukkan pada Tabel 5. Perbandingan kuat geser dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 5. Perbandingan kuat geser tanah setelah pencampuran 4 jenis limbah.

Campuran	Kuat Geser (kN/m ²)		
	$\sigma_3 = 78,453 \text{ kN/m}^2$	$\sigma_3 = 117,680 \text{ kN/m}^2$	$\sigma_3 = 156,609 \text{ kN/m}^2$
Asli	10,645	11,009	11,372
	10,336	10,896	11,475
Rata-rata Σ	10,491	10,953	11,423
Cangkang Telur	12,080	14,370	16,481
	12,431	14,710	16,914
Rata-rata Σ	12,256	14,540	16,697
Sabut Kelapa	41,333	47,834	53,548
	40,079	45,818	51,095
Rata-rata Σ	40,707	46,826	52,322
Pecahan Genteng	25,186	27,779	30,469
	25,554	28,175	30,979
Rata-rata Σ	25,369	27,977	30,724
Puing pembongkaran konstruksi	21,693	24,098	26,636
	22,342	24,932	27,724
Rata-rata Σ	22,018	24,515	27,180

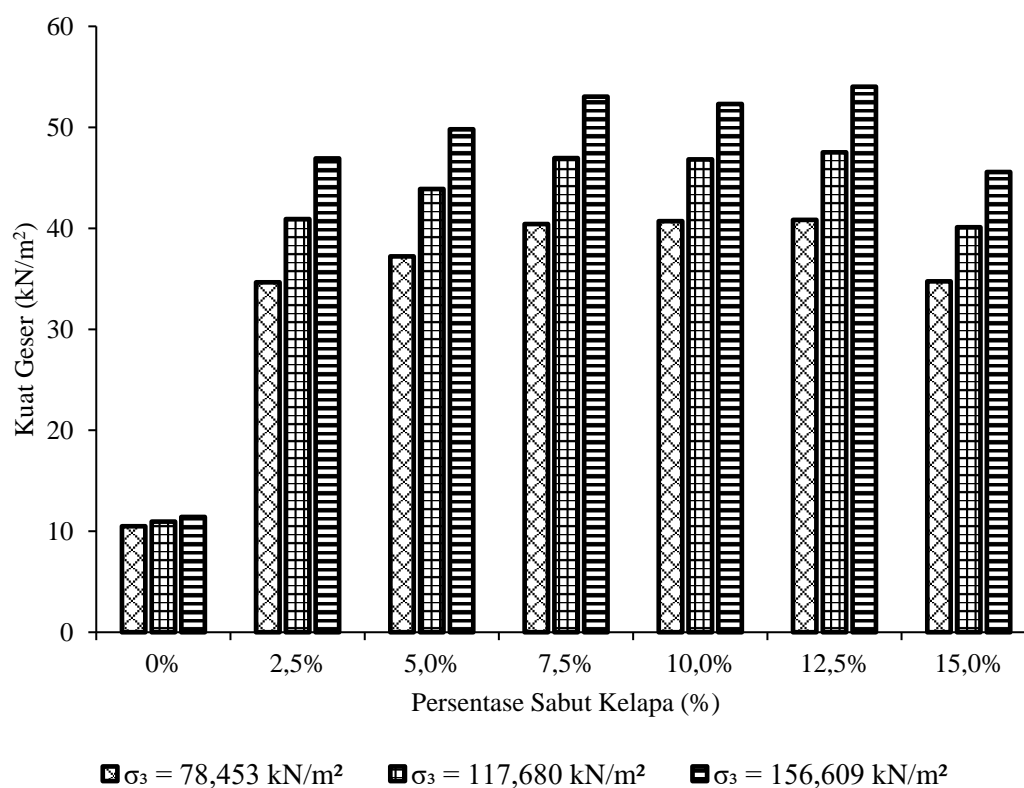


Gambar 1. Diagram perbandingan kuat geser pencampuran tanah dengan 4 jenis limbah.

Hasil dari pengujian *triaxial* pada sampel tanah yang dicampurkan dengan sabut kelapa berbagai variasi dapat dilihat pada Tabel 6. Perbandingan kuat geser campuran sabut kelapa dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 6. Perbandingan kuat geser tanah setelah pencampuran sabut kelapa dengan persentase berbeda.

Campuran	Kuat Geser (kN/m ²)		
	$\sigma_3 = 78,453 \text{ kN/m}^2$	$\sigma_3 = 117,680 \text{ kN/m}^2$	$\sigma_3 = 156,609 \text{ kN/m}^2$
Sabut Kelapa 2,5%	34,653	40,918	46,916
Sabut Kelapa 5,0%	37,215	43,894	49,812
Sabut Kelapa 7,5%	40,425	46,952	53,045
Sabut Kelapa 10,0%	40,706	46,826	52,317
Sabut Kelapa 12,5%	40,840	47,522	54,026
Sabut Kelapa 15,0%	34,748	40,101	45,576



Gambar 2. Diagram perbandingan kuat geser pencampuran tanah dengan sabut kelapa dengan persentase berbeda.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan analisa hasil tes, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian pencampuran antara tanah organik dan 4 jenis limbah dengan konsentrasi 10% dari volume *mold*, didapatkan limbah yang memberikan dampak kenaikan kuat geser diurutkan dari yang terbaik adalah sabut kelapa, pecahan genteng, puing pembongkaran konstruksi, dan cangkang telur.
2. Semua penambahan 4 jenis limbah sebanyak 10% dari volume *mold* memberikan dampak kenaikan kuat geser pada tanah organik.
3. Hasil pengujian *triaxial* dengan sampel tanah yang dicampurkan dengan limbah sabut kelapa dengan persentase berbeda dari volume *mold* yang digunakan didapatkan kuat geser (τ) pencampuran tanah dan limbah sabut kelapa dengan persentase 2,5% sebesar 34,653 kN/m² pada $\sigma_3 = 78,453 \text{ kN/m}^2$; 40,918 kN/m² pada $\sigma_3 = 117,680 \text{ kN/m}^2$;

dan 46,916 kN/m² pada $\sigma_3 = 156,609$ kN/m²; Pencampuran tanah dan limbah sabut kelapa dengan persentase 5,0% sebesar 37,215 kN/m² pada $\sigma_3 = 78,453$ kN/m²; 46,952 kN/m² pada $\sigma_3 = 117,680$ kN/m²; dan 49,812 kN/m² pada $\sigma_3 = 156,609$ kN/m²; Pencampuran tanah dan limbah sabut kelapa dengan persentase 7,5% sebesar 40,425 kN/m² pada $\sigma_3 = 78,453$ kN/m²; 46,952 kN/m² pada $\sigma_3 = 117,680$ kN/m²; dan 53,045 kN/m² pada $\sigma_3 = 156,609$ kN/m²; Pencampuran tanah dan limbah sabut kelapa dengan persentase 10,0% sebesar 40,706 kN/m² pada $\sigma_3 = 78,453$ kN/m²; 46,826 kN/m² pada $\sigma_3 = 117,680$ kN/m²; dan 52,317 kN/m² pada $\sigma_3 = 156,609$ kN/m². Pencampuran tanah dan limbah sabut kelapa dengan persentase 12,5% sebesar 40,840 kN/m² pada $\sigma_3 = 78,453$ kN/m²; 47,522 kN/m² pada $\sigma_3 = 117,680$ kN/m²; dan 54,026 kN/m² pada $\sigma_3 = 156,609$ kN/m². Pencampuran tanah dan limbah sabut kelapa dengan persentase 15,0% sebesar 34,748 kN/m² pada $\sigma_3 = 78,453$ kN/m²; 40,101 kN/m² pada $\sigma_3 = 117,680$ kN/m²; dan 45,576 kN/m² pada $\sigma_3 = 156,609$ kN/m².

4. Penambahan konsentrasi limbah sabut kelapa pada sampel tanah memberikan dampak kenaikan kuat geser paling efektif pada persentase 12,5%
5. Penambahan limbah pada tanah berdampak adanya pengisi tambahan yang dapat meningkatkan kekuatan ikat antara partikel dan mengisi rongga kosong pada tanah sehingga tanah menjadi lebih padat dan menghasilkan nilai kuat geser yang lebih besar.

Saran

Saran yang disampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Dalam pelaksanaan perbaikan tanah, penambahan 4 jenis limbah yang diuji diantaranya cangkang telur, sabut kelapa, pecahan genteng, dan puing pembongkaran konstruksi dapat diperhitungkan sebagai bahan alternatif untuk menambah dan meningkatkan kuat geser tanah organik.
2. Diperlukan penambahan kombinasi persentase pencampuran sabut kelapa sehingga membuat grafik perbandingan yang lebih *detail* dan akurat.
3. Diperlukan percobaan pencampuran antara tanah organik dengan kombinasi 2 limbah atau lebih agar dapat variasi baru yang mungkin dapat membuahkan hasil yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyantono, D. (2008). Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan. Bogor: Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor.
- ASTM D2216. (2014). *Standart Test for Moisture Water C*. United States: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D2850. (2014). *Standart Test for Triaxial Unconsolidated Undrained*. United States: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D422. (2014). *Standart Test for Grain Size*. United States: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D4318. (2014). *Standart Test for Atterberg Limit*. United States: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D854. (2014). *Standart Test for Specific Gravity*. United States: American Society for Testing and Materials.
- Bowles, J. E. (1989). Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah), Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E. (1991). Sifat-Sifat Fisis Tanah dan Geoteknik Tanah (Mekanika Tanah) Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (1992). Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Tanah. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ingles & Metcalf. (1972). Soil Stabilization, Principles and Practice. USA: USA.
- Manukhina, L. dan Ivanova, I. (2017). *Management of construction and demolition wastes as secondary building resources*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.
- Mulyono, T. (2004). Teknologi Beton. Yogyakarta: Andi.
- Wiratama. (2013). Studi Daya Dukung Tanah Organik dengan Matos. Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

