

Analisis Kuat Geser Tanah Kohesif Menggunakan Berbagai Geosintetik *Cohesive Soil Shear Strength Analysis Using Various Geosynthetics*

Lusi Dwi Putri^{1,2}, Abdul Hakam¹, Rendy Thamrin¹, Yossyafra¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru, Indonesia

Article Info

Article history:

Received 20, Januari, 2025

Revised 16, Maret, 2025

Accepted 28, Maret, 2025

Kata Kunci

Indeks plastisitas

Kohesi antar muka

Lempung

Sudut gesek

Tanah dasar

Abstrak

Kategori tanah dasar yang tidak memadai seperti lempung yang memiliki kuat geser rendah dapat menyebabkan kerusakan bagi konstruksi, sehingga perlu diberi perkuatan salah satunya adalah dengan diperkuat geosintetik. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis kekuatan tanah yang diperkuat dengan geosintetik terhadap gaya geser. Geosintetik yang digunakan adalah geotekstil jenis *woven*, geotekstil *non-woven* dan *geogrid*. Prosedur yang digunakan adalah pengujian fisik tanah serta pengujian geser langsung. Tanah lempung yang digunakan berasal dari Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Lempung yang diuji dikategorikan sebagai *lean clay* anorganik (CL) dengan plastisitas sedang. Kadar air sebesar 26,25%, batas cair sebesar 41,54%, batas plastis sebesar 21,54%, berat jenis sebesar 2,653, berat isi sebesar 18,69 kN/m³ dan indeks plastisitas sebesar 20,0%. Sudut gesek internal sebesar 2,66 dan kohesi sebesar 0,42. Sudut gesekan tanah dan geosintetik dari uji geser langsung laboratorium, tanah dengan geotekstil *woven* $\phi = 30,780^\circ$, dan kohesi antarmuka (c_a) adalah 0,1309 kg/cm², tanah dengan geotekstil *non-woven* $\phi = 37,26^\circ$, dan kohesi antarmuka (c_a) adalah 0,4332 kg/cm², tanah dengan *geogrid* $\phi = 44,330^\circ$ dan kohesi antarmuka (c_a) adalah 0,5929 kg/cm². Hasil pengujian menyimpulkan bahwa *geogrid* memberikan nilai kohesi antar muka dan kekuatan geser yang lebih besar dibandingkan geotekstil karena mekanisme *interlock* (saling mengunci) partikel tanah ke dalam jaring-jaring *geogrid* lebih efektif dibandingkan hanya dengan kontak gesekan pada geotekstil.

Abstract

Inadequate subgrade categories such as clay can cause damage in road construction, so it needs to be reinforced, one of which is geosynthetics. The purpose of this study was to use laboratory direct shear testing to ensure the load-bearing capacity of clay subgrade with various types of geosynthetics. The geosynthetics used were woven geotekstils, non-woven geotekstils and geogrids. The procedures used were direct shear testing and soil physical testing. The clay used came from Pekanbaru City, Riau Province. The clay tested was categorized as inorganic Lean Clay (CL) with moderate plasticity. The water content was 26,25%, the liquid limit was 41,54%, the plastic limit was 21,54%, the specific gravity was 2,653, the unit weight was 18,69 kN/m³, and the plasticity index 20,0%. The internal friction angle was 2,66 dan the cohesion was 0,42. Friction angle of soil and geosynthetics from laboratory direct shear test; soil with woven geotekstil $\phi = 30,780^\circ$, and the interfacial cohesion (c_a) is 0,1309 kg/cm², soil with non-woven geotekstil $\phi = 37,26^\circ$, and the interfacial cohesion (c_a) is 0,4332

Keywords:

Plasticity index

Cohesiveness of the interface

Clay

Friction angle

Subgrade soil

kg/cm², soil with geogrid $\phi = 44,330^\circ$, and the interfacial cohesion (ca) is 0,5929 kg/cm². The test results concluded that geogrids provide greater interfacial cohesion and shear strength values than geotekstils because the interlocking mechanism of soil particles into the geogrid mesh is more effective than just frictional contact on the geotekstil.

Corresponding Author: Hakam, ahakam@eng.unand.ac.id

A. PENDAHULUAN

Kemampuan tanah dasar dalam menahan beban sering menjadi permasalahan dalam Pembangunan jalan (Quintana, dkk., 2013). Karena berkurangnya daya dukung akibat kontaminasi tanah dasar oleh material agregat atau penetrasi agregat sub-base ke dalam tanah dasar, kondisi tanah dasar yang tidak memadai dapat menyebabkan bangunan runtuh (Listyawan, dkk., 2024), (Susanto, dkk., 2024). Distribusi tegangan vertikal yang diberikan pada sampel tanah terkait dengan deformasi vertikal yang disebabkan oleh penerapan beban (Moayed & Nazari, 2011). Karena jenis tanah ini, jalan yang dibangun di atasnya sering mengalami degradasi dan memerlukan pemeliharaan berkelanjutan serta pengawasan ahli (Uge, 2017). Daya dukung tanah dasar, efek beban, prosedur pengujian, teknik pemadatan, faktor lingkungan (terutama kelembaban, suhu, dan usia), dan parameter desain perkerasan merupakan faktor utama yang diperhitungkan saat memperkirakan umur jalan yang diperkeras (Quintana, dkk., 2013). Tanah dasar mempengaruhi biaya konstruksi jalan karena ketebalan lapisan perkerasan harus ditentukan oleh daya dukungnya.

Distribusi tegangan vertikal pada tanah berkaitan langsung dengan deformasi vertikal yang terjadi akibat penerapan beban. Dalam merancang jalan, beberapa faktor penting harus dipertimbangkan, antara lain daya dukung tanah dasar, efek beban, prosedur pengujian, teknik pemadatan, serta faktor lingkungan yang mencakup kelembaban,

suhu, dan usia material (Putra, dkk., 2023). Parameter desain perkerasan juga sangat penting, mengingat keandalan perkerasan sangat bergantung pada performa tanah di bawahnya. Hal ini menjadi lebih signifikan apabila dihadapkan dengan tanah lempung yang memiliki karakteristik kompresibilitas tinggi dan kekuatan geser rendah (Zai & Prihatiningsih, 2024).

Kondisi jenis tanah lempung yang mendominasi di wilayah Provinsi Riau, maka untuk pembangunan jalan harus mempertimbangkan hal ini dengan saksama. Karena kompresibilitasnya yang tinggi dan kekuatan gesernya yang rendah, tanah lempung bermasalah untuk diproduksi. Kapasitas beban yang dapat ditanggung tanah lempung dengan aman dalam waktu dekat dibatasi secara signifikan oleh kekuatan gesernya yang lebih rendah (Borges & Gonçalves, 2016). Berbeda dengan tanah yang tidak stabil, kondisi tanah dasar dengan beberapa lapisan tanah akan memiliki distribusi muatan yang berbeda (Sriharyani, dkk, 2018). Oleh karena itu, untuk menentukan daya dukung tanah lempung tersebut, maka sangat penting untuk memeriksa karakteristik mekanis dan fisik tanah. Atribut kekuatan tanah yang penting untuk pembangunan jalan adalah *california bearing ratio* (CBR) (Quintana, dkk., 2013), (Uge, 2017).

Keunikan dari penelitian ini terletak pada analisis yang komprehensif tentang pengaruh berbagai jenis geosintetik, seperti geotekstile woven,

geotekstile *non-woven*, dan *geogrid* terhadap kekuatan geser tanah kohesif. Penelitian ini berfokus pada bagaimana masing-masing jenis geosintetik dapat meningkatkan kohesi dan sudut geser tanah, serta interaksinya dengan sifat fisik dan mekanis tanah lempung. Meskipun banyak studi sebelumnya telah meneliti peningkatan kekuatan geser dengan menggunakan satu jenis geosintetik tertentu, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih holistik dengan membandingkan beberapa jenis geosintetik dalam konteks yang sama.

Gap penelitian ini juga tercermin dari pemahaman yang masih terbatas mengenai mekanisme interaksi antara geosintetik dan tanah kohesif di bawah kondisi lingkungan yang bervariasi. Beberapa penelitian menyoroti pentingnya analisis data lapangan dan laboratorium dalam mengevaluasi kekuatan geser tanah, namun penelitian yang mengkaji penggunaan berbagai geosintetik pada tanah berpasir dan kohesif masih jarang dilakukan (Mazni, dkk., 2023).

Tujuan dari penelitian adalah untuk menganalisis kekuatan tanah yang diperkuat dengan geosintetik terhadap gaya geser. Geosintetik yang digunakan adalah geotekstil jenis *woven*, geotekstil *non-woven* dan *geogrid*. Kontribusi dari penelitian ini dapat digunakan sebagai saran untuk penggunaan berbagai jenis perkuatan geosintetik yang memiliki nilai kohesi dan sudut geser yang meningkatkan nilai kuat geser tanah.

Pemilihan geosintetik untuk subgrade tanah lempung dilakukan karena tanah lempung memiliki karakteristik yang kurang ideal sebagai lapisan dasar (*subgrade*) dalam konstruksi perkerasan jalan atau infrastruktur lainnya. Geosintetik dipilih untuk *subgrade* tanah lempung karena

dapat secara signifikan meningkatkan daya dukung, stabilitas, dan kinerja jangka panjang tanah yang secara alami memiliki banyak keterbatasan teknis. Pemilihan jenis geosintetik yang tepat disesuaikan dengan kondisi tanah dan tujuan rekayasa yang ingin dicapai. Kontribusi dari penelitian ini diharapkan dapat memperbaiki teknik perkuatan tanah yang lebih efisien dan mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data dalam proyek-proyek infrastruktur yang lebih aman dan berkelanjutan.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah lempung memiliki sifat kohesif yang tinggi, sehingga memiliki daya ikat antarpartikel yang kuat. Namun, sifat ini juga menyebabkan tanah lempung rentan terhadap perubahan volume, terutama saat kadar air berubah. Menurut Frankowska & Kulczykowski, (2022), klasifikasi tanah lempung berdasarkan konsistensi dan indeks plastisitas sangat penting dalam menentukan strategi perkuatan yang efektif. Klasifikasi ini memungkinkan penyedia jasa konstruksi untuk memahami potensi ekspansi dan kontraksi tanah serta risiko penurunan yang terkait dengan kondisi lingkungan, seperti curah hujan dan siklus pengeringan.

Jafari, dkk., (2023) meneliti pengaruh kandungan mineral lempung terhadap stabilitas tanah dan menemukan bahwa kandungan mineral seperti montmorillonit, yang memiliki kapasitas ekspansi tinggi, mempengaruhi stabilitas tanah secara keseluruhan. Disarankan bahwa klasifikasi tanah yang memperhitungkan kandungan mineral dalam menentukan perlunya intervensi seperti perkuatan geosintetik.

Perkuatan geosintetik telah terbukti efektif dalam meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah lempung, terutama

yang tergolong dalam klasifikasi tanah dengan potensi perubahan volume tinggi. (Zhao, dkk., 2023) melakukan studi simulasi numerik untuk mengevaluasi dampak berbagai jenis geosintetik pada tanah lempung. Ditemukan bahwa perkuatan dengan geosintetik tertentu dapat secara signifikan mengurangi deformasi tanah dan meningkatkan distribusi tegangan yang lebih merata. Studi ini menekankan pentingnya klasifikasi awal tanah sebelum memilih jenis geosintetik yang paling cocok untuk perkuatan.

Klasifikasi tanah juga dapat dilakukan berdasarkan sifat mekaniknya, seperti kekuatan geser dan kekuatan tekan. Khalid & Alshawmar, (2024), menyarankan bahwa klasifikasi ini sangat penting dalam menentukan kebutuhan perkuatan dan jenis geosintetik yang paling efektif. Mereka menemukan bahwa tanah lempung dengan kekuatan geser rendah memerlukan intervensi perkuatan yang lebih intensif dibandingkan tanah dengan kekuatan geser yang lebih tinggi. Penelitian ini menunjukkan bahwa klasifikasi berdasarkan sifat mekanik tanah dapat membantu dalam merancang solusi perkuatan yang lebih efektif dan efisien. Sifat dan orientasi geosintetik yang digunakan dalam perkuatan tanah memainkan peran penting dalam menentukan efektivitas peningkatan daya dukung (Zhao, dkk., 2023).

1. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah yang tersusun atas partikel-partikel mikron hingga submikron yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimia penyusun batuan. Tanah lempung memiliki tingkat kekerasan yang cukup tinggi jika berada dalam kondisi kering. Permeabilitas tanah lempung sangat minimal sehingga bersifat fleksibel. Tanah lempung memiliki karakteristik

mekanis yang kurang baik. Selain itu, tanah lempung memiliki kadar air yang tinggi, kompresibilitas yang signifikan, daya dukung yang terbatas, stabilitas yang rendah, dan koefisien permeabilitas yang minimal sehingga akan memperlama proses konsolidasi. Klasifikasi tanah menurut *Unified Soil Classification System* (USCS) (Soehardi & Putri, 2017).

2. Batas Atterberg

Batas cair adalah konsentrasi air dimana batas plastis dan batas cair bertemu. Batas plastis, atau kadar air pada ambang batas bawah rentang plastisitas, adalah kadar air terendah di mana tanah dapat digiling menjadi diameter 3,1 mm (1/8 inci). Kadar air diperoleh dengan menggiling bahan pada pelat kaca hingga diameter batang mencapai 1/8 inci. Ketika tanah mulai retak pada diameter 1/8 inci, tanah telah mencapai batas plastisnya.

Batas penyusutan adalah kadar air dimana tanah jenuh yang sebelumnya kering tidak akan menyusut lagi bahkan setelah pengeringan lebih lanjut, atau titik dimana kehilangan air lebih lanjut tidak akan mengakibatkan penurunan volume tanah.

Indeks plastisitas merupakan selisih antara batas cair dan batas plastis, menunjukkan kisaran kadar air di mana tanah masih fleksibel dan dengan demikian menggambarkan plastisitas tanah. Indeks plastisitas (PI) yang tinggi menunjukkan jumlah partikel lempung yang signifikan di dalam tanah. Dengan sedikit penurunan kadar air, tanah dengan indeks fleksibilitas rendah, seperti lanau, menjadi kering (Tobing, dkk, 2014).

3. Uji Geser Langsung

Koefisien gesekan dapat ditentukan menggunakan dua metode yaitu uji tarik dan uji geser langsung. Apabila tidak ada

pengujian yang dilakukan, maka dapat diasumsikan bahwa sudut gesekan internal tanah (ϕ) lebih besar daripada sudut gesekan umum antara tanah dan geotekstil.

Sudut gesek internal tanah dan koefisien gesek antarmuka tanah-geotekstil ditampilkan secara efisien melalui representasi grafis data pada sudut gesek pada antarmuka tanah-geotekstil dan sudut gesek internal tanah.

4. Kekuatan Geser Tanah Kohesif

Kekuatan geser tanah merupakan parameter penting dalam rekayasa geoteknik, karena mempengaruhi kemampuan tanah untuk menahan beban tanpa mengalami kegagalan. Tanah kohesif, seperti tanah lempung, memiliki karakteristik kekuatan geser yang rendah, namun dapat diperbaiki melalui berbagai teknik pemadatan dan penggunaan material penguat. Salah satu parameter yang sering digunakan untuk mengukur kekuatan geser tanah adalah *california bearing ratio* (CBR), yang mengindikasikan kapasitas tanah dalam mendukung perkerasan jalan (Predana, 2024). CBR menjadi acuan dalam desain jalan, terutama dalam penentuan ketebalan lapisan perkerasan yang akan diterapkan.

5. Geosintetik dalam Peningkatan Kekuatan Geser Tanah

Geosintetik adalah material sintetis yang digunakan dalam rekayasa geoteknik untuk memperkuat, melapisi, atau meningkatkan performa tanah. Geotekstile, *geogrid*, dan jenis geosintetik lainnya digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi deformasi pada tanah kohesif. Geosintetik jenis *woven* dan *non-woven* sering digunakan untuk meningkatkan kohesi tanah, sementara *geogrid* lebih efektif dalam

meningkatkan kekuatan geser tanah melalui mekanisme *interlock*, lebih efektif dalam meningkatkan kohesi dan kekuatan geser tanah kohesif (Marsindi, dkk., 2023), (Soehardi, dkk., 2023). Sebelumnya, penelitian menunjukkan bahwa penggunaan geosintetik dapat memperbaiki performa tanah dalam menghadapi beban yang diterapkan, terutama pada tanah dengan kualitas rendah seperti tanah lempung.

6. Interaksi Geosintetik dengan Tanah Lempung

Interaksi antara geosintetik dan tanah lempung menjadi salah satu fokus penting dalam penelitian geoteknik. Tanah lempung memiliki sifat kohesif yang tinggi, namun mudah mengalami deformasi ketika diberi beban. Oleh karena itu, penggunaan geosintetik untuk meningkatkan kekuatan geser tanah sangat diperlukan. Penelitian oleh Marsindi, dkk., (2023). menunjukkan bahwa geosintetik, seperti geotekstile *woven* dan *geogrid*, dapat memperbaiki sifat fisik tanah lempung dengan meningkatkan kohesi dan mengurangi penurunan deformasi tanah (Marsindi, dkk., 2023). Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Putra, dkk., (2023) mengemukakan bahwa penggunaan geosintetik dapat mengurangi deformasi vertikal pada tanah yang memiliki kandungan air tinggi dan meningkatkan distribusi tegangan tanah (Putra, dkk., 2023).

7. Geosintetik dalam Infrastruktur Jalan

Geosintetik telah banyak diterapkan dalam proyek infrastruktur jalan untuk meningkatkan daya dukung tanah dan memperbaiki stabilitas struktur jalan. Salah satu aplikasi utama geosintetik adalah pada konstruksi jalan yang dibangun di atas tanah lempung yang tidak stabil. Penggunaan

geosintetik, terutama *geogrid*, dalam struktur perkerasan dapat mengurangi ketebalan lapisan sub-base dan meningkatkan distribusi beban pada tanah dasar (Safi'i, dkk., 2023). Penelitian oleh Mangininsih, dkk., (2023), menunjukkan bahwa penggunaan geosintetik dalam struktur jalan memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan umur jalan dan mengurangi biaya pemeliharaan.

C. METODOLOGI PENELITIAN

Pendekatan ini mencakup penyiapan bahan dan material, pemeriksaan fisik tanah lempung dan pengujian geser langsung berbasis laboratorium untuk mengevaluasi pengaruh geosintetik terhadap peningkatan kekuatan geser tanah kohesif. Metode penelitian ini bersifat rasional, empiris, dan sistematis, serta bertujuan untuk memperoleh hasil yang dapat diaplikasikan dalam perencanaan perkuatan tanah pada proyek infrastruktur jalan.

1. Penyiapan Bahan Geosintetik dan Material Tanah Lempung Asli (*undisturbed*)

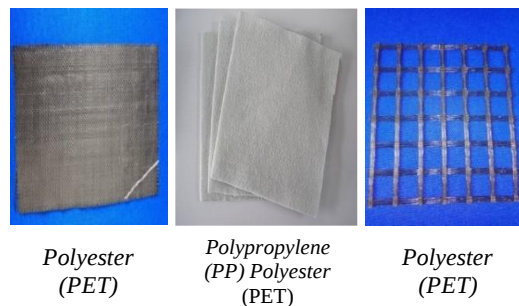
Tanah lempung tak terganggu dari tanah dasar di Kota Pekanbaru, Provinsi Riau, digunakan sebagai sampel tanah. Pengambilan sampel dengan menggunakan alat *handbore*. Lokasi pengambilan dan sampel tanah lempung *undisturbed* dapat dilihat pada Gambar 1.

Bahan geosintetik yang digunakan adalah Geotekstil *woven*, geotekstil *non-woven* dan *geogrid* dari PT. Geoforce Indonesia. Geotekstil *woven* terbuat dari benang *polyester* (PET) yang penggunaannya kini tengah beredar luas di Indonesia. Geotekstil *woven* dengan struktur anyaman yang kekar (*double twist*) memberikan kuat tarik maksimal pada berat tahanan minimal. Hal ini

memberikan keuntungan ekonomis yang besar untuk mendapatkan tingkat keamanan struktur yang diharapkan. Geotekstil yang digunakan adalah GlobalTEX Woven GTW 150 dengan σ_{tarik} sebesar 30 kN/m. Geosintetik yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Lokasi pengambilan dan sampel tanah lempung *undisturbed*



Gambar 2. Geosintetik yang digunakan (geotekstil *woven*, geotekstil *non-woven* dan *geogrid*)

Geotekstil *non-woven* terbuat dari bahan *polypropylene* (PP) dan *polyester* (PET). Bentuk dari geotekstil *non-woven* tidak teranyam seperti karpet kain. Ketahanan mekanik dan hidrolik yang sangat baik menjadikan geotekstil *non-woven* ini sebagai pilihan yang tepat untuk lapisan pemisah dan penyaring. Geotekstil *non-woven* memiliki kekuatan jebol (*puncture resistance*) yang tinggi untuk menjamin material tidak rusak pada saat pelaksanaan. Geotekstil yang digunakan adalah GlobalTEX Non-Woven GTW 151 G dengan σ_{tarik} sebesar 4,6 kN/m.

Geogrid merupakan salah satu produk *geosynthetics* yang terbuat dari bahan polimer yang memiliki fungsi utama untuk memperkuat tanah, dinding penahan, lereng dan lain-lain. *Geogrid* yang dibentuk secara integral, terbuat dari bahan *polyester* (PET) berbentuk persegi mirip seperti *geogrid biaxial* tapi lebih lentur, terbuat dari serat *polyester* berkekuatan tinggi yang ditenun dan dilapisi dengan lapisan polimer pelindung UV maupun bahan kimiawi lainnya. *Geogrid* yang digunakan adalah PET Geogrid dengan σ_{tarik} sebesar 20 kN/m.

2. Pengujian Karakteristik Tanah Asli

Pengujian yang dilakukan yaitu mengukur berat jenis, distribusi butiran, dan ukuran konsistensi tanah termasuk batas cair, batas plastis, dan indeks plastis yang merupakan bagian dari evaluasi fitur fisik. Indeks plastisitas (PI) ditentukan dengan menggabungkan hasil penilaian batas cair dan hasil pengujian batas plastis. Ukuran perbedaan antara batas cair dan batas plastis tanah disebut indeks plastisitas (PI).

3. Uji Geser Langsung

Pengujian geser langsung (*direct shear*) menurut SNI 3420:2016 antara tanah dengan geotekstil untuk mendapatkan nilai kohesi tanah, sudut gesek tanah serta karakteristik friksi antar muka (antara tanah dengan perkuatan) meliputi kohesi bidang kontak serta sudut gesek bidang kontak. Bidang kontak yang dimaksud adalah geosintetik. Kohesi bidang kontak penting diperhitungkan pada perencanaan perkuatan tanah dengan persamaan yang disusun dengan menggunakan sebaran data hasil uji geser langsung untuk tanah yang menggunakan geosintetik. Persamaan ini menunjukkan hubungan antara kohesi bidang kontak dan kohesi tanah serta korelasi antara

sudut geser bidang kontak dan sudut geser dalam tanah.

Dari beberapa pengujian dengan beban normal berbeda, titik-titik τ_{max} (gaya geser maksimum) diplot terhadap beban normalnya. Hubungan linier ini mengikuti persamaan Mohr-Coulomb:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

Keterangan :

τ = Kuat geser

σ = Tegangan normal

c = Kohesi tanah

ϕ = Sudut geser dalam tanah (kemiringan garis)

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

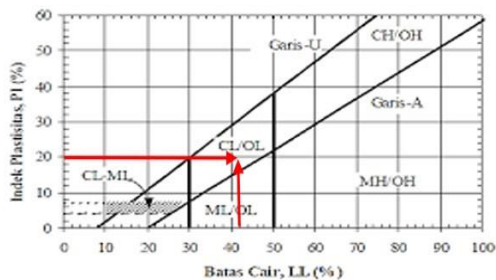
1. Sifat Tanah

Uji batas cair sering dilakukan dengan volume air yang bervariasi (18, 27, 35, dan 43 kali pukulan setiap pengujian). Gambarkan garis regresi linier setelah kadar air dihitung menggunakan jumlah pukulan yang ditunjukkan dalam grafik. Nilai batas cair tanah ditunjukkan oleh kadar air pada pukulan ke-25.

Hasil uji batas cair menunjukkan kadar air rata-rata sebesar 41,54%. Kadar air rata-rata yang diperoleh dari uji batas plastis adalah 21,54%. Indeks plastisitas (PI) dihitung dengan menggabungkan hasil evaluasi batas cair dengan uji batas plastis. Selisih antara batas cair dan batas plastis tanah, yang menghasilkan nilai indeks plastisitas, PI sebesar 20%.

Sistem klasifikasi tanah dasar *Unified Soil Classification System* (USCS) mengklasifikasikan tanah non-organik sebagai tanah yang memiliki nilai batas cair (LL) kurang dari 50% dan agregat tanah yang lolos saringan no.200 dengan persentase lebih besar dari 50%. Dengan konsentrasi pasir sebesar 21,133%, lempung 78,867% dan kerikil sebesar 0%, kandungan agregat halus lebih tinggi. Menurut USCS tanah

tersebut dikategorikan sebagai lempung *lean* (*clay lean*, CL) yang dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil pengujian yang termasuk dalam temuan ditampilkan pada Tabel 1 yaitu berat jenis, distribusi butiran, batasan konsistensi tanah, batas plastis (PL), indeks plastis (PI), jenis tanah, dan nilai uji geser langsung yaitu kohesi dan sudut gesek dalam tanah.



Gambar 3. Klasifikasi lapisan tanah dasar (metode USCS)

Tabel 1. Karakteristik tanah asli

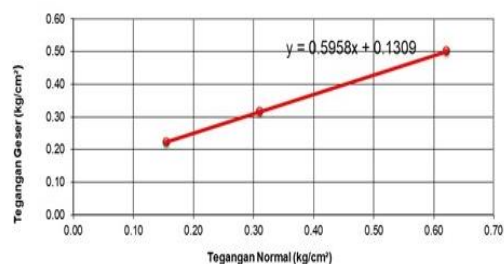
No	Sifat Tanah Asli	Nilai
1	Batas cair, LL (%)	41,54
2	Batas plastic, PL (%)	21,54
3	Indeks plastisitas, PI (%)	20,00
4	Jenis tanah	CL
5	Berat jenis (Gs)	2.653
6	Kadar air (%)	26,25
7	Berat isi (kN/m ³)	18,69
8	Kohesi (kg/ cm ²)	0,421
9	Sudut gesek internal (°)	2,66

2. Karakteristik Gesekan Antar Muka

Uji geser langsung menilai interaksi antara tanah dan geotekstil untuk menghitung nilai kohesi tanah, sudut gesekan tanah dan parameter gesekan antarmuka, yang meliputi kohesi area kontak serta sudut gesekan area kontak. Topik daerah kontak adalah geotekstil. Beban normal diberikan pada sampel secara bertahap, yakni sebesar 5 kg, 10 kg, dan 20 kg, yang bertujuan untuk mensimulasikan tekanan vertikal dari lapisan tanah di atasnya. Setelah beban normal diterapkan dan kondisi

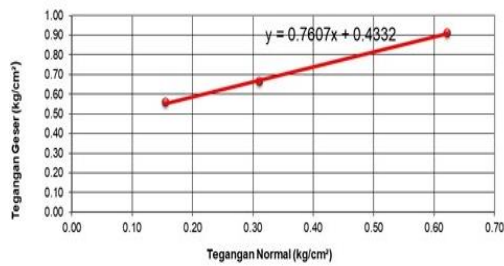
stabil tercapai, gaya geser diaplikasikan secara horizontal melalui bagian bawah *shear box* dengan kecepatan tetap, sekitar 1 mm/menit. Selama proses penggeseran berlangsung, gaya geser dan deformasi horizontal dicatat secara kontinu hingga sampel mengalami keruntuhan atau mencapai nilai tegangan geser maksimum. Prosedur yang sama diulangi untuk masing-masing beban normal.

Grafik tegangan normal dan tegangan geser dari uji geser langsung antara geotekstil dan tanah ditampilkan pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6. Kemiringan grafik menunjukkan sudut gesek antara tanah dan geotekstil. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa nilai kohesi antarmuka (c_a) dan sudut gesek di area tempat tanah dan geotekstil bersentuhan (ϕ). Hubungan tegangan normal dan tegangan geser untuk penggunaan geotekstil *woven* menghasilkan persamaan sesuai grafik pada Gambar 4 dengan $y = 0,5958x + 0,1309$. Dari grafik persamaan tersebut merujuk pada persamaan (1) maka nilai $c_a = 0,1309$ kg/cm² dan $\phi = 30,78^\circ$.



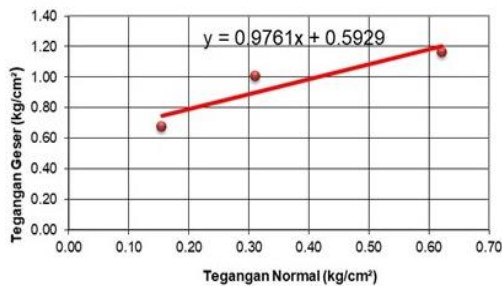
Gambar 4. Nilai kohesi antarmuka (c_a) dan sudut gesekan bidang kontak (ϕ) geotekstil *woven*

Hubungan tegangan normal dan tegangan geser untuk penggunaan geotekstil *non-woven* menghasilkan persamaan sesuai grafik pada Gambar 5 dengan $y = 0,7607x + 0,4332$. Dari grafik persamaan tersebut merujuk pada persamaan (1) maka nilai $c_a = 0,4332$ kg/cm² dan $\phi = 37,26^\circ$.



Gambar 5. Nilai kohesi antarmuka (c) dan sudut gesekan bidang kontak (ϕ) geotekstil *non-woven*

Hubungan tegangan normal dan tegangan geser untuk penggunaan *geogrid* menghasilkan persamaan sesuai grafik pada Gambar 6 dengan $y = 0,9761x + 0,5929$. Dari grafik persamaan tersebut merujuk pada persamaan (1) maka nilai $c_a = 0,5929 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 44,33^\circ$.



Gambar 6. Nilai kohesi antarmuka (c_a) dan sudut gesekan bidang kontak (ϕ) *geogrid*

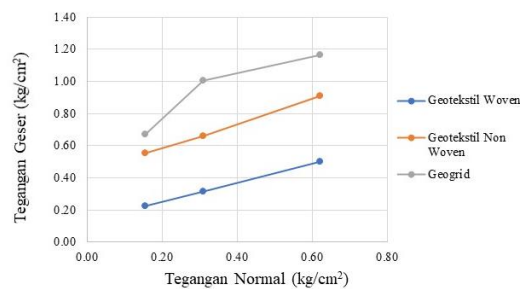
Rekapitulasi hasil uji geser ketiga jenis geosintetik ditampilkan pada Tabel 2 dan hubungan kuat geser ketiga jenis geosintetik tersebut dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7 dapat diamati bahwa *geogrid* memberikan nilai kohesi antar muka dan kekuatan geser yang lebih besar dibandingkan geotekstil, terutama pada tanah lempung, karena mekanisme *interlock* (kunci-mengunci) partikel tanah ke dalam jaring-jaring *geogrid* lebih efektif dibandingkan hanya dengan kontak gesekan pada geotekstil.

Pada tanah lempung, partikel yang kecil dan lengket bisa membungkus serat geotekstil, sehingga mengurangi keefektifan gesekan. *Geogrid* memiliki bukaan (*aperture*) yang memungkinkan

tanah mengunci di dalam struktur *grid*, sehingga kombinasi *interlock* dan gesekan menghasilkan tahanan geser yang lebih tinggi. *Interlock* dari *geogrid* menyebabkan mobilisasi kekuatan tarik *geogrid* lebih efektif saat tanah mengalami deformasi. Jika ingin meningkatkan kohesi dan kekuatan geser tanah lempung secara maksimal, *geogrid* umumnya lebih unggul dibandingkan geotekstil, karena efek saling mengunci antar partikel tanah yang jauh lebih kuat.

Tabel 2. Uji geser langsung ketiga jenis geosintetik

Geosintetik	Teg.Normal (kg/cm ²)	Teg.Geser (kg/cm ²)
<i>Woven</i>	0,16	0,22
	0,31	0,32
	0,62	0,50
<i>Non-woven</i>	0,16	0,56
	0,31	0,66
	0,62	0,91
<i>Geogrid</i>	0,16	0,67
	0,31	1,00
	0,62	1,16



Gambar 7. Hubungan kuat geser ketiga jenis geosintetik

Peningkatan kekuatan geser dan nilai stabilitas tanah setelah penggunaan geosintetik disebabkan oleh beberapa faktor teknis serta efek pada tanah antara lain perkuatan tarik (menambah kekuatan struktur tanah), *interlocking* atau saling terkait (menghambat gerakan lateral butiran), separasi dan filtrasi (menjaga struktur tanah tetap stabil) serta distribusi

beban (mengurangi deformasi dan penurunan). Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya Altay, dkk., (2021) dan teori Koerner, (2005) serta menurut Hausmann, (1990) dimana sifat geotekstil adalah sebagai drainase (*drainage*), penyaring (*filtration*), pemisah (*separation*) dan perkuatan (*reinforcement*).

E. KESIMPULAN

Uji geser langsung yang dilakukan pada tanah lempung dengan perkuatan geosintetik tiga jenis yaitu geotekstil *woven*, geotekstil *non-woven* dan *geogrid* dapat menyimpulkan *geogrid* memberikan nilai kohesi antar muka dan kekuatan geser yang lebih besar dibandingkan geotekstil, terutama pada tanah lempung. Nilai kohesi antarmuka (c_a) dan sudut gesek di area tempat tanah dan geotekstil bersentuhan (ϕ) untuk ketiga jenis geosintetik yaitu geotekstil *woven* $c_a = 0,1309 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 30,78^\circ$, geotekstil *non-woven* $c_a = 0,4332 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 37,26^\circ$ dan *geogrid* $c_a = 0,5929 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 44,33^\circ$. Peningkatan kekuatan geser dan nilai stabilitas tanah setelah penggunaan geosintetik disebabkan oleh faktor perkuatan tarik, saling mengunci, separasi dan filtrasi serta distribusi beban.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Disertasi Doktor serta PT. Geoforce Indonesia atas penyediaan material geosintetik untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Altay, G., Kayadelen, C., Taskiran, T., Bagriacik, B., & Toprak, O. (2021). Frictional Properties Between Geocells Filled With Granular Material. *Revista de La Construcción*, 20(2), 332–345. <https://doi.org/10.7764/RDLC.20.2.332>
- Borges, J. L., & Gonçalves, M. S. (2016). Jet-grout Column-reinforced Soft Soils Incorporating Multilayer Geosynthetic-reinforced Platforms, *Soils Foundations*, 56(1), 57–72. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2016.01.005>
- Frankowska, K. K., & Kulczykowski, M. (2022). Laboratory Testing and Theoretical Modeling of Deformations of Reinforced Soil Wall. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(14), 1-20. <https://doi.org/10.3390/app12146895>
- Hausmann, M. R. (1990). Engineering Principles of Ground Modification. McGraw-Hill Book Co. <https://archive.org/details/engineeringprincip0000manf>
- Jafari, M. M., Jahandari, S., Ozbakkaloglu, T., Rasekh, H., Jahed Armaghani, D., & Rahmani, A. (2023). Mechanical Properties of Polyamide Fiber-Reinforced Lime–Cement Concrete. *Sustainability (Switzerland)*, 15(15), 1-19. <https://doi.org/10.3390/su151511484>
- Khalid, B., & Alshawmar, F. (2024). Comprehensive Review of Geotechnical Engineering Properties of Recycled Polyethylene Terephthalate Fibers and Strips for Soil Stabilization. *Polymers*, 16(13), 1-31. <https://doi.org/10.3390/polym16131764>
- Koerner, R. M. (2005). Designing With Geosynthetics (5th ed). Pearson Prentice Hall.

- <https://www.scribd.com/document/759406430>
- Listyawan, A. B., Susanto, A., Sugiyatno, Wiqoyah, Q., & Muliawan, L. S. (2024). Bearing Capacity of Soft Clay Reinforced by Geotextile and Woven Bamboo. *E3S Web of Conferences*, 517.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451712004>
- Mangininsih, S. L., Praja, N. K., Hasria, & Azhar, A. (2023). Pemetaan Lapisan Tanah Menggunakan Data Mikrotremor HVSr Dan Dampaknya Terhadap Daya Dukung Tanah Di Kawasan Kota Kendari. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 24(1), 51–58.
<https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v24i1.724>
- Marsindi, D., Simatupang, M., & Kadir, A. (2023). Pengaruh Curing Time Dan Derajat Kejenuhan Terhadap Kuat Tekan Bebas Dan Kuat Tarik Belah Pada Campuran Pasir Dan Fly Ash. *Stabilita, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 10(3), 116–123.
<https://doi.org/10.55679/jts.v10i3.1247>
- Mazni, D. I., Hakam, A., Tanjung, J., Ismail, F. A., & Yossyafra, Y. (2023). Sudut Sudut Kelongsoran Tanah Pasir di Belakang Dinding Penahan Tanah Segmental. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 164–175.
<https://doi.org/10.31849/siklus.v9i2.15869>
- Moayed, R. Z. & Nazari, M. (2011). Effect of Utilization of Geosynthetic on Reducing the Required Thickness of Subbase Layer of a Two Layered Soil. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 73, 963–967.
<https://www.researchgate.net/publication/286928187>
- Predana, I. M. A. (2024). Perbandingan Parameter Kuat Geser Tanah Berdasarkan Korelasi Hasil Penyelidikan Lapangan Dengan Uji Laboratorium. *KoNTekS*, 1(6), 1375–1383.
<https://doi.org/10.62603/konteks.v1i6.128>
- Putra, P. A. A. C., Sinarta, I. N., & Nudja I. K. S. (2023). Kajian Penurunan Fondasi Rakit Di Atas Tanah Lempung Berpasir Di Gedung Ditreskrimsus Polda Bali. *Jurnal Ilmiah Mitsu (Media Informasi Teknik Sipil Universitas Wiraraja)*, 11(2), 45–50.
<https://doi.org/10.24929/ft.v11i2.2091>
- Quintana, H. A. R., Gomez, W. D. F., & Noguera, J. A. H. (2013). Influencia de la Rigidez de la Subrasante y las Capas Granulares sobre la Vida a Fatiga de Mezclas Asfálticas. Influence of Subgrade and Unbound Granular Layers Stiffness on Fatigue Life of Hot Mix Asphalts – HMA. *TecnoLógicas*, 31, 53–72.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4755858>
- Safi'i, A. D., Candra, A. I., Altara, J. E., Oktaviadi, M. R., K, M. A. D., Mahardika, R., & Aditia, T. S. (2023). Penentuan Karakteristik Tanah Desa Ngasem Dengan Metode ASTM. *Jurnal Komposit*, 7(1), 85–92.
<https://doi.org/10.32832/komposit.v7i1.9196>
- Soehardi, F., & Putri, L.D. (2017). Pengaruh Waktu Pemeraman Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur Terhadap Nilai CBR. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 1–9.
<https://doi.org/10.31849/siklus.v3i1.364>

- Soehardi, F., Buulolo, D. C., & Putri, L. D. (2023). Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Dan Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Terhadap Nilai Kuat Geser. *Juteks Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 76-79. <https://doi.org/10.32511/juteks.v8i2.1014>
- Srihandayani, S., Putri, D., Kurniasih, N., & Putri, L. D. (2018). Bearing Capacity of Floating Foundations Used PVC (Poly Vinyl Chloride) on Soft Soil With The Scale Model in The Field. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2), 84-87. <http://dx.doi.org/10.14419/ijet.v7i2.5.13957>
- Susanto, S. T., Rahardjo, P. P., & Karlinasari, R. (2024). Studi Kuat Geser Tanah Timbunan Yang Dipadatkan Dengan Cara Kompaksi Statik Dan Kompaksi Dinamik Pada Tanah Vulkanik. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 22(2), 139-146. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v22i2.18715>
- Tobing, B.C.L, Suroso, & Zaika, Y. (2014). Pengaruh Lama Waktu Curing Terhadap Nilai CBR Dan Swelling Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Bojonegoro Dengan Campuran 15 % Fly Ash. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(2), 500–509. <https://sipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/85>
- Uge, B. U. (2017). Performance, Problems and Remedial Measures for Roads Constructed on Expansive Soil in Ethiopia – A Review. *Civil and Environmental Research*, 9(5), 28–37. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/CER/article/view/36821>
- Zai, E. C., & Prihatiningsih, A. (2024). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Tiang Pada Batuan Lempung Dengan Berbagai Diameter. *JMTS Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 7(1) 99–106. <https://doi.org/10.24912/jmts.v7i1.24959>
- Zhao, Y., Lu, Z., Liu, J., Ye, L., Xu, W., & Yao, H. (2023). Effect of Cohesion of Infill Materials on The Performance of Geocell-Reinforced Cohesive Soil Subgrade. *Geomechanics and Engineering*, 33(3), 301–315. <https://doi.org/10.12989/gae.2023.33.3.301>



© 2025 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)