

# KAJIAN INTERAKSI TANAH-BAMBU DITINJAU DARI PARAMETER KUAT GESER

## STUDY OF SOIL-BAMBOO INTERACTION REVIEWED FROM THE SHEAR STRENGTH PARAMETERS

<sup>1</sup>Aazokhi Waruwu, <sup>2</sup>Ebtanas Murni Waruwu

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Medan

<sup>1</sup>azokhiw@gmail.com · <sup>2</sup>ebtanasmurniwaruwuebtanas@gmail.com

### Abstrak

Stabilitas lereng memerlukan perkuatan untuk meningkatkan kuat geser. Perkuatan dari material bambu dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengganti peran geotekstil yang biasa digunakan. Parameter kuat geser pada tanah terdiri dari kohesi dan sudut gesek, sedangkan parameter kuat geser antar muka dari dua material antara tanah dengan perkuatan terdiri dari adhesi dan sudut gesek antar muka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku interaksi tanah-bambu dari berbagai tipe dilihat dari perubahan parameter kuat geser. Penelitian ini menggunakan tanah lempung dan pasir dengan perkuatan dari material bambu. Material bambu terdiri dari grid bambu uniaksial, grid bambu biaksial, dan matras bambu. Interaksi tanah-bambu diuji dengan menggunakan uji kuat geser langsung untuk mendapatkan parameter kuat geser dan kuat geser antar muka. Hasil penelitian didapatkan bahwa parameter yang dominan untuk tanah lempung adalah kohesi, sedangkan tanah pasir memiliki parameter sudut gesek yang lebih dominan. Parameter kuat geser untuk tanah lempung terdiri dari nilai kohesi ( $c$ ) sebesar 21,72 kPa dan sudut gesek ( $\phi$ ) sebesar  $7,40^\circ$ , untuk parameter tanah pasir terdiri dari sudut gesek  $36,44^\circ$  dan tanpa kohesi. Parameter adhesi ( $c_a$ ) pada tanah lempung dengan grid bambu lebih kecil dari nilai kohesi, sedangkan parameter sudut gesek interface ( $\delta$ ) pada tanah pasir dengan grid bambu lebih kecil dari parameter  $\phi$ . Nilai adhesi lempung-bambu ditemukan lebih rendah, karena kontak permukaan lempung-bambu hampir tidak mengakibatkan lekatan antara permukaan tanah lempung dengan bambu. Namun demikian, sudut gesek antar muka jauh lebih tinggi dari sudut gesek tanah lempung. Sudut gesek antar muka antara pasir dengan bambu didapatkan lebih kecil dari sudut gesek tanah pasir. Ini menunjukkan bahwa kekasaran pada interaksi pasir-bambu lebih rendah dari tanah pasir.

**Kata kunci:** interaksi, adhesi, kohesi, sudut gesek, antar muka

### Abstract

Slope stability requires reinforcement to increase shear strength. Reinforcement from bamboo material can be used as an alternative to replace the role of geotextiles that are commonly used. The parameters of the shear strength of the soil consist of cohesion and the angle of friction, while the parameters of the interface shear strength of the two materials between the reinforced soils consist of adhesion and the interface angle of friction. This study aims to determine the behavior of soil-bamboo interaction of various types seen from changes in shear strength parameters. This research uses clay and sand with reinforcement from bamboo material. The bamboo material consists of a uniaxial bamboo grid, a biaxial bamboo grid, and a bamboo mat. Soil-bamboo interaction was tested using direct shear strength test to obtain parameters of shear strength and interface shear strength. The results showed that the  $c_a/c$  ratio in clay soils had the smallest value on the clay-bamboo mat interaction, then the clay- biaxial bamboo grid and the highest on the clay-grid uniaxial bamboo interaction, while for sandy soil it was found that the bamboo mat and the biaxial bamboo grid had higher  $\delta/\phi$  ratio value than uniaxial bamboo grid. The results showed that the dominant parameter for clay soil is cohesion, while sand soil has a more dominant friction

angle parameter. The shear strength parameter for clay soil consists of a cohesion value ( $c$ ) of 21.72 kPa and a friction angle ( $\phi$ ) of  $7.40^\circ$ , for sand parameter consisting of a friction angle of  $36.44^\circ$  and without cohesion. The adhesion parameter ( $c_a$ ) in clay soil with a bamboo grid is smaller than the cohesion value, while the interface friction angle parameter ( $\delta$ ) in sandy soil with a bamboo grid is smaller than the parameter  $\phi$ . The adhesion of clay-bamboo value was found to be lower, because the clay-bamboo surface contact almost did not result in adhesion between the clay-bamboo soil surfaces. However, the interface friction angle is much higher than the clay friction angle. The interface friction angle between the sand and the bamboo is found to be smaller than the friction angle of the sandy soil. This shows that the roughness of sand-bamboo interaction is lower than that of sandy soil.

**Keywords:** interaction, adhesion, cohesion, angle of friction, interface.

## PENDAHULUAN

Kemampuan tanah dalam memikul beban sangat tergantung dari karakteristik tanah itu sendiri. Pada beberapa jenis tanah, perkuatan tanah memiliki peran penting untuk menambah kuat dukung tanah terhadap beban-beban konstruksi. Jika kekuatan atau daya dukung tanah terlampaui, maka terjadi penurunan berlebihan dan keruntuhan konstruksi (Das, 2010). Daya dukung tanah dipengaruhi oleh parameter kuat geser tanah, kohesi untuk tanah berbutir halus, dan sudut gesek untuk tanah berbutir kasar.

Rifa'i (2009) menjelaskan bahwa parameter kuat geser pada tanah terdiri dari kohesi ( $c$ ) dan sudut gesek dalam ( $\phi$ ), sedangkan parameter kuat geser antar muka (*interface*) dari dua material antara tanah dengan perkuatan terdiri dari kohesi *interface* berupa adhesi ( $c_a$ ) dan sudut gesek *interface* tanah-perkuatan ( $\delta$ ). Parameter kuat geser ini dapat ditentukan dari uji geser langsung (*direct shear test*). Nilai parameter *interface* ini digunakan untuk simulasi numeris pada analisis stabilitas lereng. Parameter ini diwujudkan dalam nilai  $R_{interface}$ , semakin tinggi nilai ini berpengaruh pada reduksi deformasi, momen dan gaya geser, dan peningkatan angka keamanan lereng. Perkuatan pada lereng biasanya menggunakan geotekstil. Hasil penelitian Rifa'i (2009), parameter kuat geser *interface* antara tanah lempung dengan geotekstil atau geomembrane didapatkan lebih kecil dari parameter kuat geser tanah lempung, sedangkan parameter  $\delta$

dari *interface* pasir dengan geotekstil woven lebih kecil dari *interface* pasir dengan geotekstil non-woven. Perilaku interaksi tanah gambut dengan geotekstil telah diteliti oleh (Fitriansyah et al., 2019). Penelitian ini menunjukkan rasio  $\delta/\phi$  sebesar 0,67 dan 0,74 masing-masing untuk geotekstil jenis woven dan non-woven. Parameter kuat geser *interface* dipengaruhi oleh jenis geotekstil yang digunakan dan kandungan serat dari tanah gambut. Perilaku *interface* antara tanah lempung berpasir dengan geotekstil telah diteliti oleh (Fitriansyah & Setiawan, 2020). Hasil penelitian ini didapatkan bahwa rasio  $\delta/\phi$  sebesar 1,06 dan 1,01 masing-masing untuk geotekstil jenis woven dan non-woven pada tanah tidak terendam air, sedangkan untuk tanah terendam air didapatkan sebesar 1,02 dan 1,04 masing-masing untuk woven dan non-woven. Beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa parameter kuat geser *interface* material jenis woven selalu lebih kecil dari non-woven. Material geotekstil perlu dikaji apabila diganti dengan material lokal berupa anyaman bambu dan grid bambu. Rasio daya dukung tanah yang diperkuat kombinasi anyaman bambu dan grid bambu didapatkan sebesar 4 atau mengalami peningkatan 300% dari daya dukung tanah tanpa perkuatan (Saefudin & Wulandari, 2019). Abu daun bambu dari material bambu yang dicampur kapur dapat meningkatkan nilai CBR tanah dari 0,559% menjadi 25,96% pada penambahan 15% abu daun bambu dan 5% kapur (Kabdiyono, 2019). Ini menunjukkan

bahwa material bambu berpotensi sebagai perkuatan alternatif untuk tanah. Menurut Marto & Othman (2011), kinerja bambu-geotekstil dalam memperbaiki tanah lebih baik dari perkuatan geotekstil dengan kekuatan tinggi dan timbunan tanpa perkuatan. Perkuatan bambu memberikan reduksi penurunan yang lebih tinggi dibandingkan perkuatan lainnya. Parameter kuat geser tanah yang diperkuat dengan bambu menunjukkan peningkatan sudut gesek *interface* dan pengurangan adhesi dibandingkan dengan sudut gesek dalam tanah dan kohesi tanah tanpa perkuatan (Kandolkar & Mandal, 2012). Penggunaan potongan bambu sebagai perkuatan lereng didapatkan cukup efektif dalam mengurangi deformasi horizontal seiring dengan penambahan panjang perkuatan (Kandolkar & Mandal, 2013). Bambu yang dibentuk seperti grid dikombinasi dengan tiang beton dapat digunakan sebagai perkuatan tanah. Hasil penelitian menunjukkan perkuatan grid bambu dengan tiang beton dapat meningkatkan daya dukung tanah (Waruwu et al., 2020). Pemampatan tanah dapat berkurang dengan penggunaan sebanyak minimal 2 lapis perkuatan grid bambu (Waruwu et al., 2019). Hal yang sama didapatkan pada penelitian Waruwu et al. (2018), satu lapis grid bambu tidak memberikan hasil yang signifikan dalam mengurangi penurunan, tetapi hasil yang baik diperoleh pada penggunaan dua lapis grid bambu atau lebih. Perkuatan anyaman berbentuk matras bambu dan grid bambu dapat menggantikan perkuatan geotekstil dan geogrid. Perkuatan ini dapat memperbaiki nilai

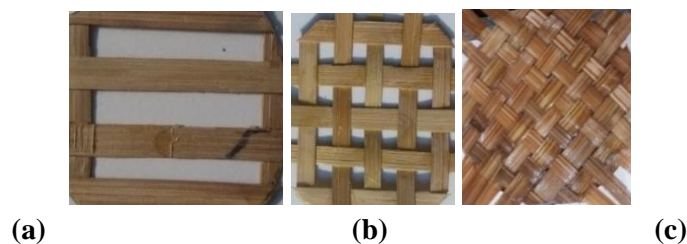
daya dukung tanah lempung (Dewi & Sarino, 2013). Perkuatan tersebut dipilih karena nilai ekonomis dari material bambu relatif lebih murah dibandingkan dengan geosintetik (Saefudin & Wulandari, 2019).

Berdasarkan penelitian sebelumnya didapatkan bahwa perkuatan grid dan matras bambu dapat memperbaiki sifat-sifat tanah, mampu menggantikan peran geotekstil, dan memiliki nilai ekonomis.

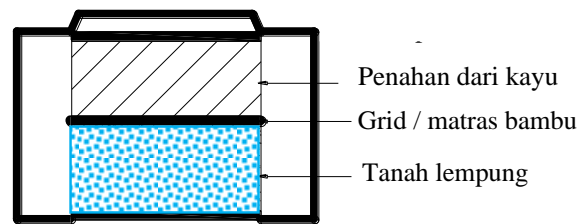
Penelitian ini mengkaji sejauh mana interaksi perkuatan ini dengan tanah lempung dan pasir yang ditinjau dari parameter kuat geser. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku interaksi tanah-bambu ditinjau dari perubahan nilai parameter kuat geser pada tanah lempung dan pasir dan pengaruh tipe perkuatan bambu terhadap parameter kuat geser antarmuka (*interface*).

## METODOLOGI PENELITIAN

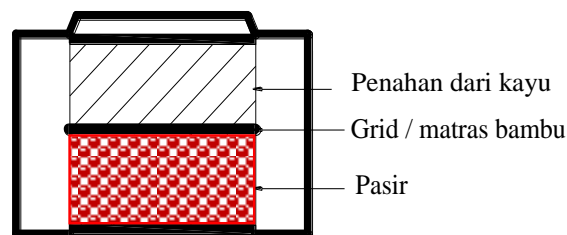
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tanah lempung untuk mewakili tanah kohesif dan tanah pasir untuk mewakili tanah granuler. Jenis perkuatan yang dipakai untuk melihat interaksi dengan tanah adalah material bambu. Tanah lempung diambil dari Pantai Labu Deli Serdang - Sumatera Utara, sedangkan pasir yang digunakan adalah pasir sungai yang diambil dari daerah Pancur Batu - Sumatera Utara. Material bambu diambil dari daerah Sibolangit - Sumatera Utara untuk dibentuk sebagai grid bambu tipe uniaksial dan biaksial, selain bentuk grid, material bambu juga dibentuk sebagai matras bambu (Gambar 1).



**Gambar 1. Material Bambu: (a) Uniaksial; (b) Biaksial; (c) Matras**



**Gambar 2. Skema Susunan Benda Uji pada Tanah Lempung**



**Gambar 3. Skema Susunan Benda Uji pada Tanah Pasir**

Material bambu disiapkan membentuk lajur dengan lebar 1 cm dan tebal 2 mm. Grid bambu tipe uniaksial dibentuk dengan jarak dari sisi luar sama dengan lebar lajurnya, sedangkan grid bambu tipe biaksial dibentuk seperti tikar namun dengan dengan lubang kosong berukuran 1 cm x 1 cm.

Matras bambu dibentuk seperti tikar dan disusun dengan rapat tanpa lubang. Benda uji terdiri dari tanah lempung dan pasir dengan grid bambu atau matras bambu.

Susunan benda uji pertama adalah tanah lempung tanpa perkuatan (L-L), tanah lempung dengan grid bambu tipe uniaksial (L-U), tanah lempung dengan grid bambu tipe biaksial (L-B), dan tanah lempung dengan matras bambu (L-M).

Tanah lempung dicetak dalam ring standard untuk uji *direct shear*, namun hanya setengah dari tinggi ring. Di atasnya diletakkan grid atau matras bambu, kemudian setengahnya lagi diberi penahan dari kayu (Gambar 2). Benda uji kedua adalah tanah pasir tanpa perkuatan (P-P), tanah pasir dengan grid bambu tipe uniaksial (P-U), tanah pasir dengan grid bambu tipe biaksial (P-B), dan

tanah pasir dengan matras bambu (P-M). Susunan benda uji pasir sama dengan susunan untuk tanah lempung (Gambar 3). Benda uji yang telah disiapkan diuji menggunakan alat uji *direct shear*, masing-masing dengan tegangan normal ( $\sigma_n$ ) sebesar 0,32 kg/cm<sup>2</sup> atau dengan beban 10 kg, 0,64 kg/cm<sup>2</sup> atau dengan beban 20 kg, dan 0,96 kg/cm<sup>2</sup> atau dengan beban 30 kg. Hasil uji *direct shear* memberikan kurva hubungan deformasi horizontal dengan tegangan geser dan kurva hubungan tegangan normal dan tegangan geser. Berdasarkan hubungan tegangan normal dan tegangan geser didapatkan parameter kuat geser yang terdiri dari kohesi ( $c$ ) untuk lempung, kohesi antar muka (*interface*) atau adhesi ( $c_a$ ) untuk tanah-bambu, dan sudut gesek dalam ( $\phi$ ) untuk lempung atau pasir saja, dan sudut gesek antar muka (*interface*)  $\delta$  untuk tanah-bambu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat tanah yang digunakan dalam penelitian ini diuji untuk mendapatkan kepastian jenis tanah dan klasifikasinya. Sifat-sifat tanah lempung ditunjukkan pada

Tabel 1, sedangkan sifat-sifat tanah pasir ditunjukkan pada

Tabel 2. Tanah lempung memiliki kadar air 83,17%, batas cair 60,96%, batas plastis 39,17%, indeks plastisitas 21,78%, dan

lolos saringan No. 200 sebanyak 98,64%. Berdasarkan klasifikasi AASHTO, tanah ini termasuk dalam klasifikasi tanah berlempung dengan kelompok A-7-5. Apabila dilihat dari nilai  $q_u$ , tanah ini termasuk sebagai lempung lunak (Hardiyatmo, 2002).

**Tabel 1. Sifat-Sifat Tanah Lempung**

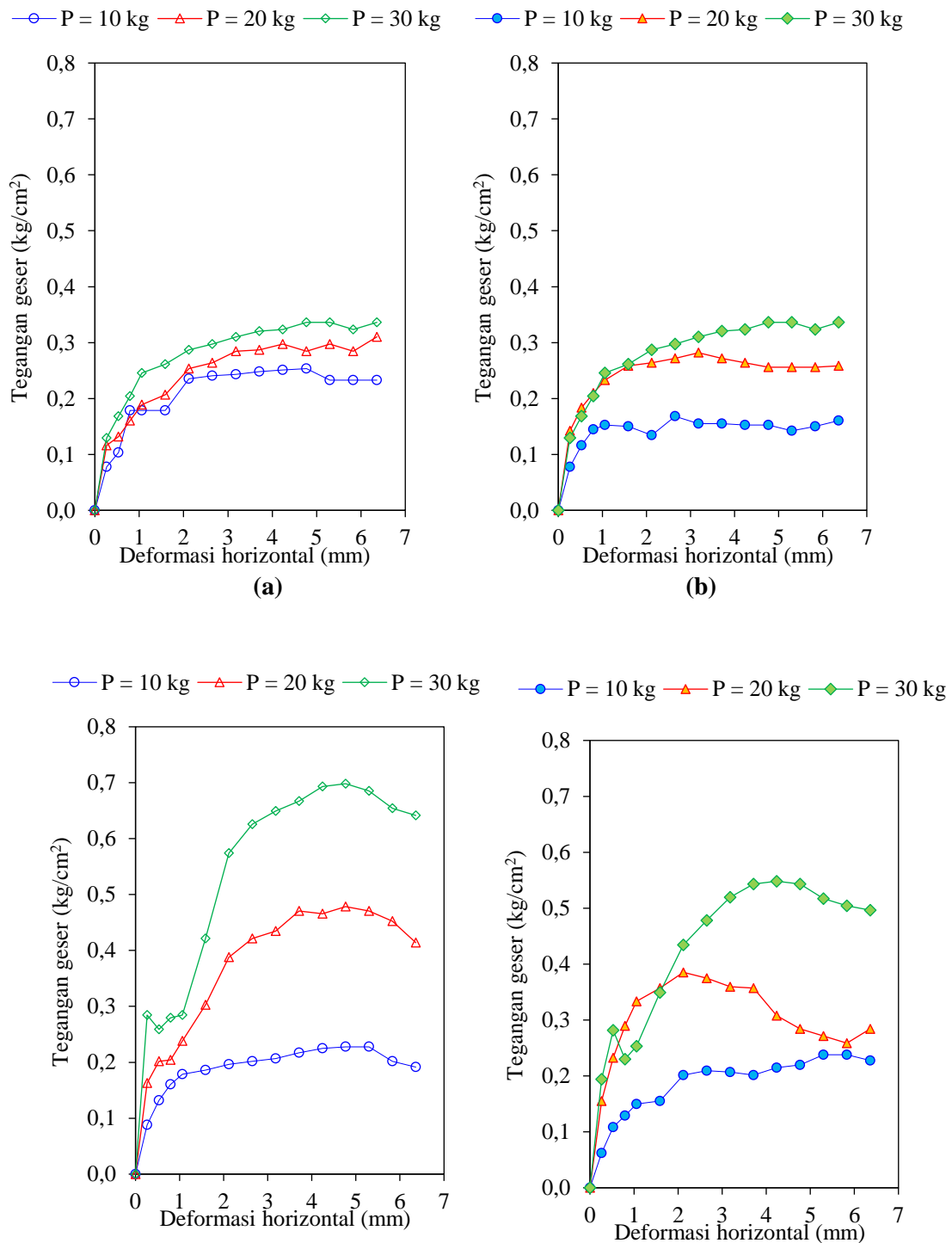
Parameter	Satuan	Nilai
Kadar air, $w$	%	83,17
Berat volume, $\gamma_b$	kN/m <sup>3</sup>	15,85
Berat jenis, $G_s$	-	2,65
Batas cair, $LL$	%	60,96
Batas plastis, $PL$	%	39,17
Indeks plastisitas, $IP$	%	21,78
Lolos saringan No. 200	%	98,64
Kohesi, $c$	kPa	21,72
Sudut gesek dalam, $\phi$	°	7,40
Kuat tekan, $q_u$	kPa	39,80

**Tabel 2. Sifat-Sifat Tanah Pasir**

Parameter	Satuan	Nilai
Kadar air, $w$	%	12,78
Berat volume, $\gamma_b$	kN/m <sup>3</sup>	17,07
Lolos saringan No. 200	%	7,68
Berat jenis, $G_s$	-	2,59
Kohesi, $c$	kPa	-
Sudut gesek dalam, $\phi$	°	36,44

Tanah pasir yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kadar air 12,78%, berat volume 17,07 kN/m<sup>3</sup>, berat jenis 2,59, sudut gesek dalam 36,44°, dan lolos saringan NO. 200 sebanyak 7,68%. Berdasarkan klasifikasi AASHTO, tanah ini termasuk dalam klasifikasi pasir halus dengan kelompok A-3. Apabila dilihat dari nilai  $\phi$ , tanah ini termasuk sebagai pasir agak padat (Hardiyatmo, 2002).

Kuat geser tanah tanpa perkuatan dan tanah-bambu didapatkan dari hasil uji geser langsung (*direct shear test*). Pengujian dilakukan dua tahap, pertama penerapan beban normal dan kedua penerapan beban geser. Hubungan deformasi horizontal dan tegangan geser dari pergeseran saat uji kuat geser langsung pada tanah lempung, tanah pasir, dan tanah-bambu tipe uniaksial ditunjukkan pada



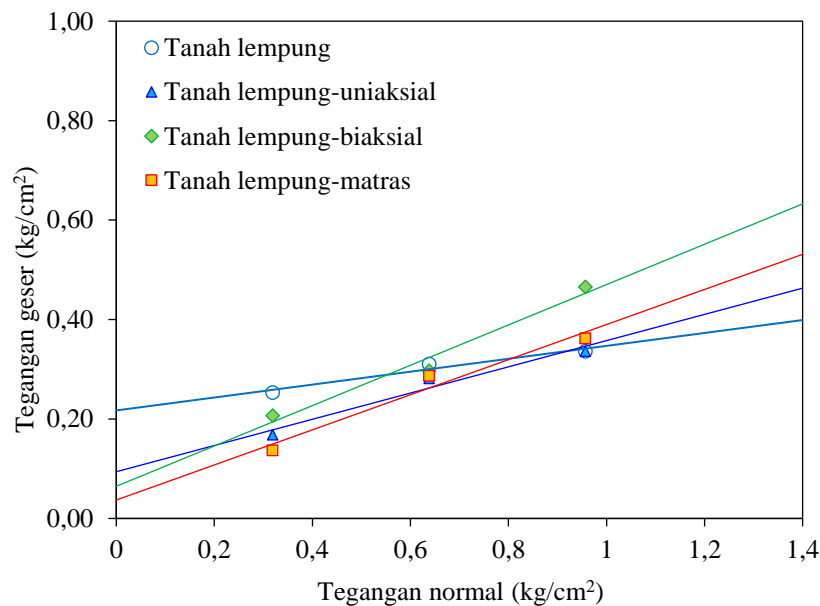
**Gambar 4. Hubungan Deformasi Horizontal dan Tegangan Geser: (a) Tanah Lempung; (b) Lempung-Uniaksial; (c) Tanah Pasir; (d) Pasir-Uniaksial**

Semua tipe uji menunjukkan bahwa tegangan geser pada awal-awal pergeseran meningkat dengan meningkatnya deformasi horizontal dan mencapai puncaknya saat terjadi keruntuhan tanah. Keruntuhan tanah

pasir lebih cepat terlihat daripada tanah lempung. Ini menunjukkan bahwa tanah lempung mengalami keruntuhan yang lebih lama dari tanah pasir. Tegangan geser tanah pasir lebih tinggi dari tanah lempung. Interaksi

tanah-bambu uniaksial memperlihatkan tegangan geser yang rendah pada tegangan normal yang rendah, akan tetapi tegangan geser semakin tinggi dengan tinggi tegangan normal. Faktor kekasaran permukaan bambu uniaksial dapat menjadi penyebab terjadinya fenomena ini. Akan tetapi kekasaran antarmuka tanah pasir-bambu uniaksial tidak setinggi pada tanah pasir tanpa perkuatan, ini terlihat pada tegangan geser pasir-bambu uniaksial lebih rendah dari pasir tanpa perkuatan. Hasil uji kuat geser pada tanah lempung tanpa perkuatan dan lempung-bambu ditunjukkan pada Gambar 5. Kuat geser lempung-bambu lebih tinggi dari lempung tanpa perkuatan. Ini terlihat dari nilai sudut gesek *interface* ( $\delta$ ) yang lebih tinggi dari sudut gesek tanah lempung ( $\phi$ ), namun parameter adhesi ( $c_a$ ) terlihat lebih kecil dari kohesi tanah lempung ( $c$ ), seperti ditunjukkan dalam Ini

menunjukkan lekatan lempung menjadi berkurang dengan adanya interaksi lempung-bambu. Nilai adhesi lempung-bambu ditemukan lebih rendah, karena kontak permukaan lempung-bambu hampir tidak mengakibatkan lekatan antara permukaan tanah lempung dengan bambu. Hal yang sama terjadi pada tanah gambut-geotekstil dari hasil penelitian (Fitriansyah et al., 2019). Adhesi yang terkecil didapat pada lempung-matras bambu, kemudian disusul lempung-bambu biaksial dan lempung-bambu uniaksial. Interaksi tanah dengan material yang lebih kasar berpengaruh pada lekatan, permukaan perkuatan yang semakin kasar mengurangi lekatan dan meningkatkan sudut gesek *interface*. Sudut gesek *interface* yang paling tinggi didapatkan pada lempung-bambu biaksial, kemudian lempung-matras bambu, dan lempung-bambu uniaksial.



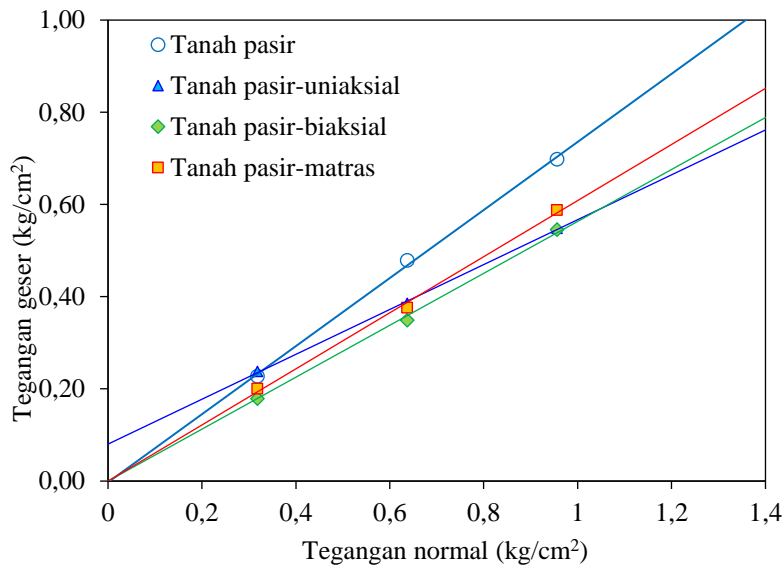
**Gambar 5. Hasil Uji Kuat Geser pada Tanah Lempung**

**Tabel 3. Nilai Kohesi dan Sudut Gesek pada Tanah Lempung**

<i>Interface</i>	Nilai Kohesi, $c$ atau $c_a$ (kPa)	Sudut Gesek, $\phi$ atau $\delta$ (°)
Tanah lempung	21,72	7,40
Lempung-uniaksial	9,40	14,77
Lempung-biaksial	6,47	22,08
Lempung-matras	3,71	19,44

Hasil uji kuat geser pada pasir tanpa perkuatan dan pasir-bambu ditunjukkan pada Gambar 6. Kuat geser tanah pasir terlihat lebih tinggi dari pasir-bambu. Ini menunjukkan bahwa kekasaran akibat interaksi pasir-bambu lebih rendah dari pasir. Hasil uji pada pasir-bambu uniaksial terlihat menghasilkan adhesi, namun dengan nilai yang rendah. Interaksi pasir-bambu biaksial dan pasir-matras bambu tidak memperlihatkan adanya adhesi. Ini menunjukkan tingkat kekasaran dari permukaan biaksial dan matras bambu lebih tinggi dari uniaksial. Hasil penelitian

menunjukkan bambu dengan tipe yang lebih kasar menghasilkan nilai sudut gesek *interface* yang lebih tinggi. Parameter kuat geser *interface* pada pasir-bambu diperlihatkan pada Tabel 4. Sudut gesek *interface* tanah-bambu uniaksial lebih rendah dari tanah-bambu biaksial dan tanah-matras bambu. Tipe perkuatan bambu berpengaruh pada nilai sudut gesek *interface*. Tipe bambu yang memiliki permukaan lebih kasar seperti matras bambu dan grid bambu biaksial memiliki nilai sudut gesek *interface* yang lebih tinggi dibandingkan grid bambu uniaksial.



Gambar 6. Hasil Uji Kuat Geser pada Tanah Pasir

Tabel 4. Nilai Kohesi dan Sudut Gesek pada Tanah Pasir

<i>Interface</i>	Nilai Kohesi, $c$ atau $c_a$ (kPa)	Sudut Gesek, $\phi$ atau $\phi$ (°)
Tanah pasir	0,00	36,44
Pasir-uniaksial	8,02	25,96
Pasir-biaksial	0,00	29,94
Pasir-matras	0,00	31,32

Tabel 5. Rasio Kohesi *Interface* ( $c_a/c$ ) dan Rasio Sudut Gesek *Interface* ( $\delta/\phi$ )

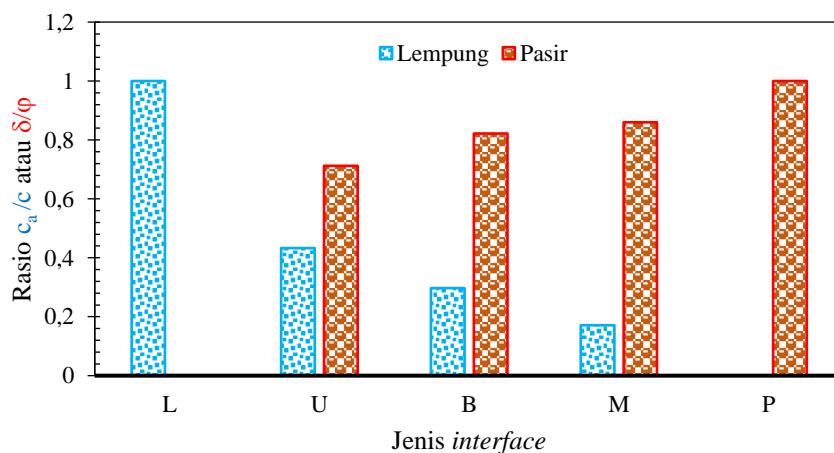
<i>Interface</i>	$c_a/c$	$\delta/\phi$
Tanah lempung (L-L)	1	1
Lempung-uniaksial (L-U)	0,43	2,00
Lempung-biaksial (L-B)	0,30	2,99
Lempung-matras (L-M)	0,17	2,63
Tanah pasir (P-P)	-	1
Pasir-uniaksial (P-U)	-	0,71
Pasir-biaksial (P-B)	-	0,82
Pasir-matras (P-M)	-	0,86



Rasio parameter kuat geser *interface* dengan kuat geser tanah diperlihatkan dalam Tabel 5. Perbandingan ini merupakan rasio adhesi ( $c_a$ ) dengan kohesi tanah ( $c$ ) dan rasio sudut gesek *interface* ( $\delta$ ) dengan sudut gesek dalam tanah ( $\varphi$ ). Rasio  $c_a/c$  pada tanah lempung didapatkan nilai terkecil pada interaksi lempung-matras bambu dan tertinggi pada interaksi lempung-bambu uniaksial. Ini menunjukkan adhesi semakin kecil dengan semakin kasarnya permukaan perkuatan bambu. Nilai kohesi tanah lempung sangat tergantung dari sifat lekatannya, lekatan berkurang dengan semakin kasarnya *interface* (Rifa'i, 2009). Pada tanah pasir tidak didapatkan rasio  $c_a/c$ , karena tanah pasir tidak memiliki lekatan atau kohesi. Rasio  $\delta/\varphi$  didapatkan bahwa untuk tanah lempung nilainya lebih besar dari 1, sedangkan pada tanah pasir nilainya lebih kecil dari 1. Ini menunjukkan bahwa sudut gesek *interface* pada tanah lempung lebih tinggi dari sudut geser tanah lempung. Sudut gesek pada tanah lempung didapatkan relatif kecil bahkan mendekati nol. Hal berbeda didapatkan pada tanah pasir, sudut gesek dalam tanah pasir relatif lebih tinggi dan tergantung pada tingkat kekasaran dan kepadatan tanah. Pasir yang digunakan pada penelitian ini tergolong sebagai pasir halus dengan kepadatan agak padat. Hal ini terlihat dari nilai sudut gesek yang relatif tinggi yaitu  $36,44^\circ$ . Nilai ini

berpengaruh pada rasio  $\delta/\varphi$  yang lebih kecil dari 1, karena parameter sudut gesek *interface* lebih kecil dari sudut gesek dalam tanah pasir.

Rasio  $c_a/c$  pada tanah lempung dan  $\delta/\varphi$  pada tanah pasir untuk masing-masing jenis *interface* ditunjukkan pada Gambar 7. Rasio parameter kuat geser *interface* disesuaikan dengan jenis tanah, bahwa tanah lempung yang dikenal sebagai tanah kohesif lebih relevan apabila menggunakan rasio  $c_a/c$ , sedangkan pasir lebih dikenal sebagai tanah granuler, sehingga penggunaan rasio  $\delta/\varphi$  dinilai lebih sesuai. Nilai rasio  $c_a/c$  pada tanah lempung adalah 0,17-0,43. Hasil penelitian menunjukkan rasio  $c_a/c$  semakin kecil pada jenis *interface* yang lebih kasar. Matras bambu (L-M) dan grid bambu biaksial (L-B) memiliki nilai rasio  $c_a/c$  yang lebih kecil dari grid bambu uniaksial (L-U). Hal sebaliknya ditemukan pada tanah pasir, rasio  $\delta/\varphi$  dipengaruhi oleh tipe perkuatan yang digunakan. Nilai rasio  $\delta/\varphi$  tanah pasir didapatkan antara 0,71-0,86. Matras bambu (P-M) dan grid bambu biaksial (P-B) memiliki nilai rasio  $\delta/\varphi$  yang lebih tinggi dibandingkan grid bambu uniaksial (P-U). Perbedaan ini dipengaruhi oleh bentuk dari permukaan perkuatan yang digunakan (Fitriansyah et al., 2019). Kekasaran permukaan matras bambu mengakibatkan rasio  $\delta/\varphi$  mendekati angka 1 atau nilai sudut gesek *interface*-nya mendekati sama dengan sudut gesek dalam tanah pasir.



**Gambar 7. Rasio  $c_a/c$  dan  $\delta/\varphi$  pada Setiap Jenis *Interface***

## SIMPULAN

Perilaku interaksi tanah-bambu ditinjau dari perubahan nilai parameter kuat geser pada tanah lempung didapatkan bahwa nilai sudut gesek *interface* ( $\delta$ ) antara tanah lempung dengan bambu lebih tinggi dari sudut gesek tanah lempung ( $\phi$ ), namun parameter adhesi ( $c_a$ ) terlihat lebih kecil dari kohesi tanah lempung ( $c$ ). Ini menunjukkan lekatan lempung menjadi berkurang dengan adanya interaksi lempung-bambu. Nilai adhesi lempung-bambu ditemukan lebih rendah, karena kontak permukaan lempung-bambu hampir tidak mengakibatkan lekatan antara permukaan tanah lempung dengan bambu. Perilaku interaksi tanah-bambu ditinjau dari perubahan nilai parameter kuat geser pada tanah pasir ditemukan bahwa tanah pasir tidak memiliki kohesi dan hal yang sama didapatkan pada pasir-bambu hampir tidak memiliki adhesi, kecuali pada grid bambu uniaksial dengan adhesi yang relatif kecil. Sudut gesek *interface* antara pasir dengan bambu didapatkan lebih kecil dari sudut gesek tanah pasir. Ini menunjukkan bahwa kekasaran akibat interaksi pasir-bambu lebih rendah dari tanah pasir. Pengaruh tipe perkuatan bambu terhadap parameter kuat geser antarmuka (*interface*) ditemukan bahwa rasio  $c_a/c$  pada tanah lempung memiliki nilai terkecil pada interaksi lempung-matras bambu, kemudian lempung-grid bambu biaksial dan tertinggi pada interaksi lempung-grid bambu uniaksial. Nilai rasio  $c_a/c$  pada tanah lempung adalah 0,17-0,43. Ini menunjukkan adhesi semakin kecil dengan semakin kasarnya permukaan perkuatan bambu. Hal sebaliknya ditemukan pada tanah pasir, nilai rasio  $\delta/\phi$  tanah pasir didapatkan antara 0,71-0,86. Matras bambu (P-M) dan grid bambu biaksial (P-B) memiliki nilai rasio  $\delta/\phi$  yang lebih tinggi dibandingkan grid bambu uniaksial (P-U). Kekasaran permukaan matras bambu mengakibatkan rasio  $\delta/\phi$  mendekati angka 1 atau nilai sudut gesek *interface*-nya mendekati sama dengan sudut gesek dalam

tanah pasir. Berdasarkan kesimpulan ini, maka disarankan penggunaan tanah granuler untuk tanah urugan pada stabilitas lereng, karena jenis tanah ini memiliki nilai kuat geser yang tinggi dan rasio  $\delta/\phi$  untuk penggunaan bambu sebagai perkuatan menghasilkan nilai yang mendekati 1, hal ini berpengaruh pada peningkatan faktor keamanan lereng.

## DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning.
- Dewi, R., & Sarino, S. (2013). Pengaruh perkuatan anyaman bambu terhadap peningkatan daya dukung tanah lempung. *Jurnal Ilmu Teknik*, 1(1), 1–7.
- Fitriansyah, M., & Setiawan, I. (2020). Perilaku Tanah Lempung Berpasir di Banjarmasin Akibat Gaya Interface pada Geotextile. *Konstruksia*, 12(c), 35–44.
- Fitriansyah, M., Setiawan, I., & Pradhitya, D. P. (2019). Perilaku Interaksi Tanah Gambut-Geotekstil. *Seminar Nasional Infrastruktur Berkelanjutan 2019 Era Revolusi Industri 4.0 Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 29–32.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika tanah I*. Gajah Mada University Press.
- Kabdiyono, E. A. (2019). Pengaruh Penambahan Abu Daun Bambu (BLA) dan Kapur Terhadap Nilai CBR pada Stabilisasi Tanah Lempung Berlanau Untuk Konstruksi Jalan. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 18(1), 92–107.
- Kandolkar, S. S., & Mandal, J. N. (2012). Behaviour of Mine Waste As Reinforced Soil. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 1(2), 82–89. <https://doi.org/10.15623/ijret.2012.0102001>
- Kandolkar, S. S., & Mandal, J. N. (2013). Behaviour of Reinforced Mine Waste Model Walls under Uniformly

- Distributed Loading. *The Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 18, 1351–1365. <https://doi.org/10.1061/9780784479087.244>
- Marto, A., & Othman, B. A. (2011). The Potential Use of Bamboo as Green Material for Soft Clay Reinforcement System. *Proceedings of the International Conference on Environmental Science and Engineering*, 8, 129–133.
- Rifa'i, A. (2009). Behavior of Soil-Geotextile Interaction on the Shear Strength Parameters. *Dinamika Teknik Sipil*, 9(1), 92–100.
- Saefudin, A., & Wulandari, S. (2019). Perbaikan Tanah Lempung Berlanau Menggunakan Kombinasi Perkuatan Anyaman Bambu dan Grid Bambu. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 18(1), 67–79.
- Waruwu, A., Halim, H., Nasution, T., & Hanova, Y. (2018). Bamboo Grid Reinforcement on Peat Soil under Repeated Loading. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(8), 2190–2196. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2018.2190.2196>
- Waruwu, A., Susanti, R. D., & Buulolo, J. A. P. (2019). Effect of Dynamic Loads on The Compressibility Behavior of Peat Soil Reinforced by Bamboo Grids. *Journal of Applied Engineering Science*, 17(2), 157–162. <https://doi.org/10.5937/jaes17-16937>
- Waruwu, A., Susanti, R. D., Endriani, D., & Hutagaol, S. (2020). Effect of Loading Stage on Peat Compression and Deflection of Bamboo Grid with Concrete Pile. *International Journal of GEOMATE*, 18(66), 150–155. <https://doi.org/10.21660/2020.66.62072>