

Diterima : 08 Februari 2024 | Selesai Direvisi : 25 Februari 2024 | Disetujui : 09 Maret 2024 | Dipublikasikan : Juli 2024  
DOI : <http://dx.doi.org/10.24853/jk.15.2.30-38>  
Copyright © 2024 Jurnal Konstruksia  
This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Interaksi Antara Parameter Kuat Geser Tanah dan Adhesi Tanah Geosintetik pada Tanah Berpasir

Pintor Tua Simatupang<sup>1</sup> dan Eka Nur Fitriani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana, Jl. Meruya Selatan No. 1 Kembangan Jakarta Barat 11650

Email korespondensi: [eka\\_nf@mercubuana.ac.id](mailto:eka_nf@mercubuana.ac.id)

### ABSTRAK

Material geosintetik telah diterapkan sebagai bahan material teknik sipil di bidang geoteknik. Dalam perencanaan perkuatan tanah dengan geosintetik diperlukan parameter kekuatan geser antara geosintetik dengan tanah. Telah dilakukan studi sebelumnya mengenai parameter kuat geser tanah dengan menggunakan pengujian uji geser langsung, akan tetapi pengujian masih terbatas pada material geosintetik berupa woven geotextile, nonwoven geotextile, dan geomembran sedangkan saat ini sudah berkembang material geosintetik lainnya yang digunakan sebagai perkuatan pada tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah antara geosintetik dan tanah dengan menggunakan pengujian uji geser langsung. Material geosintetik yang digunakan yaitu woven geotextile, nonwoven geotextile, geomembran, geocomposite, dan geogrid. Jenis tanah yang digunakan merupakan tanah pasir yang ada di pantai Pangandaran dan 2 sampel tanah yang terdapat di daerah Kabupaten Pangandaran. Analisis dilakukan terhadap hasil pengujian uji geser langsung antara geosintetik dan tanah. Jenis tanah yang digunakan merupakan tanah pasir yang ada di pantai Pangandaran, tanah Cijulang dan tanah Cimerak. Analisis dilakukan terhadap hasil pengujian uji geser langsung antara geosintetik dan tanah. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa kekuatan geser antar muka yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh jenis material geosintetik saja, akan tetapi butiran tanah juga mempengaruhi pada kekuatan geser antar muka yang dihasilkan. Ketiga sampel tanah merupakan tanah yang mengandung pasir, sehingga untuk tanah berpasir nilai rasio  $\delta/\phi$  pada geogrid berkisar antara 0,83 – 0,96; geotekstile woven nilai rasio  $\delta/\phi$  berkisar antara 0,78 – 0,88; pada geocomposite yang merupakan gabungan antara geotekstile non woven yang diperkuat dengan serat-serat polyester memiliki nilai rasio  $\delta/\phi$  berkisar antara 0,70 – 0,80; pada geotekstil non woven berkisar antara 0,69 – 0,79 sedangkan geomembrane nilai rasio  $\delta/\phi$  berkisar antara 0,54 – 0,62.

**Kata kunci:** Geosintetik, Kuat geser tanah, Uji geser langsung

### ABSTRACT

*Geosynthetic materials have been applied as civil engineering materials in the geotechnical field. In geosynthetic soil reinforcement planning, the shear strength parameter between geosynthetic and soil is required. Previous studies on soil shear strength parameters using direct shear test were carried out, but testing was still limited to geosynthetic materials in the form of woven geotextile, nonwoven geotextile, and geomembrane, whereas currently other geosynthetic materials have been developed which are used as reinforcement in soil. This study aims to determine the parameters of the soil shear strength between geosynthetic and soil using a direct shear test. The geosynthetic materials used are woven geotextile, nonwoven geotextile, geomembrane, geocomposite, and geogrid. The type of soil used is sand soil on the Pangandaran beach*

and 2 soil samples in the Pangandaran Regency area. The analysis was carried out on the test results of the direct shear test between geosynthetics and soil. The type of soil used is sand soil on Pangandaran beach, Cijulang land and Cimerak land. The analysis was carried out on the test results of the direct shear test between geosynthetics and soil. From the test results, it was found that the interface shear strength that occurs is not only influenced by the type of geosynthetic material, but the soil grains also affect the resulting interfacial shear strength. The three soil samples are soil containing sand, so for sandy soil the value of  $\delta/\phi$  in geogrid ranges from 0.83 to 0.96; geotextile woven ratio values  $\delta/\phi$  ranged from 0.78 to 0.88; the geocomposite which is a combination of non woven geotextile reinforced with polyester fibers has a ratio value of  $\delta/\phi$  between 0.70 - 0.80; on non woven geotextiles the range is 0.69 - 0.78 while the geomembrane ratio  $\delta/\phi$  ranges from 0.54 - 0.65.

**Keywords:** Geosynthetics, Soil shear strength, Direct shear test

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini material geosintetik telah diterapkan secara luas sebagai bahan material teknik sipil dibidang geoteknik dengan tujuan *enviromental* maupun perkuatan untuk konstruksi timbunan. Dalam desain dan kinerja tanah yang diperkuat dengan geosintetik sangat bergantung kepada sifat mekanis *interface* antara tanah dan geosintetik terhadap bidang kontakannya.

Telah banyak studi dilakukan yang menunjukkan bahwa mobilisasi gesekan dan pelebaran pada *interface* antara tanah dan geosintetik sangat bergantung pada karakteristik bentuk partikel tanah, kepadatan relatif tanah, tegangan normal, derajat kejenuhan, sementasi tanah disatu sisi dan kategori polimer geosintetik seperti tekstur permukaan, kekasaran dan kuat tarik. Terdapat dua cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui interaksi tanah-perkuatan yaitu cabut (*pullout*) dan geser langsung (*direct shear*) (Jewell, 1996).

Dalam halnya desain perkuatan tanah dengan menggunakan geosintetik diperlukan pengetahuan mengenai perilaku *interface* antara tanah dengan geosintetik. Parameter penting dalam analisis interaksi tanah yang diperkuat dengan geosintetik yaitu parameter kuat geser *interface* yaitu mobilisasi sudut gesek *interface* tanah- geosintetik ( $\delta$ ) dan adhesi ( $c_a$ ).

Pengujian tingkat kekasaran pada permukaan geotekstil yang dilakukan pengkasaran dengan menggunakan pasir terhadap interaksi dengan tanah menggunakan pengujian *direct shear strength* dengan skala benda uji yang besar didapatkan bahwa geotekstil dengan permukaan kasar memiliki rasio  $\delta/\phi$  lebih besar dibandingkan dengan interaksi hanya geotekstil dan tanah saja. Pengaruh tekstur *interface* antara pasir dan geotekstil sangatlah penting [1]. Semakin halus tekstur permukaan *interface* semakin rendah nilai sudut geseknya begitu pula sebaliknya.

Penelitian mengenai pengaruh indeks plastisitas terhadap kuat geser bidang kontak antara tanah kohesif dengan geotekstil, dan pendekatan dalam penentuan kuat geser bidang kontak antara tanah kohesif dengan geotekstil [9]. Pengujian dilakukan dengan alat uji geser langsung standar dengan skema uji geotekstil ditempelkan pada *dummy block* seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Rifa'i (2009) mengkaji perilaku interaksi tanah-geotekstile terhadap kuat geser pada tanah pasir dan lempung dengan material yang digunakan yaitu geotekstil *woven*, geotekstil *nonwoven*, dan *geomembrane* dengan menggunakan alat uji geser standar. Didapatkan hasil bahwa parameter  $\delta$  yang dihasilkan dari *interface* pasir dengan geotekstil *nonwoven* memiliki nilai yang lebih besar

dibandingkan dengan geotekstil *nonwoven* sedangkan untuk nilai  $\delta$  pada *interface* pasir dan *geomembrane* memiliki nilai yang paling kecil. Pada tanah lempung nilai  $c_a$  dan  $\delta$  *interface* antara lempung dan geotekstil atau *geomembrane* lebih rendah dibandingkan dengan parameter kuat geser tanah lempung.

Pada jenis tanah *well graded sand with gravel* didapatkan nilai  $\delta$  dan  $c_a$  dari *interface* antara tanah dan geotekstil lebih besar dibandingkan dengan parameter kuat geser tanah itu sendiri [11]

Telah banyak studi dilakukan mengenai penentuan parameter kuat geser *interface* tanah dan geosintetik, akan tetapi studi terbatas terhadap material geosintetik berupa *geomembrane* dan *geotextile* padahal saat ini sudah berkembang material geosintetik yang dapat digunakan sebagai perkuatan.

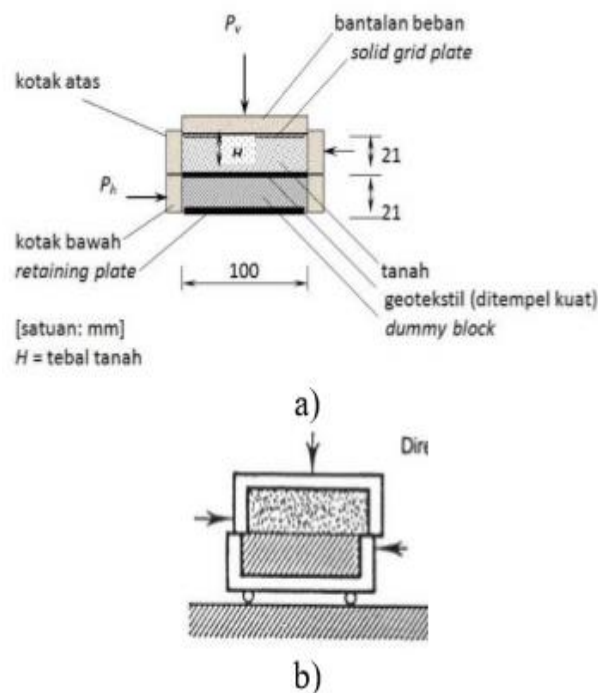
Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan parameter kuat geser *interface* antara tanah dan berbagai tipe geosintetik yang didapat dari hasil uji material geosintetik dan tanah dengan menggunakan pengujian uji geser langsung.

## 2. UJI GESER LANGSUNG

Uji geser langsung merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari suatu tanah ataupun interaksi antara tanah dan material lainnya.

Skema pengujian uji geser langsung antara geosintetik dan tanah dapat terlihat pada gambar 1 di bawah ini. Interaksi tanah dan perkuatan pada uji geser langsung ini artinya dimana satu blok tanah tergelincir di atas lapisan tanah perkuatan (Gambar 1 (b)).

Dalam skema uji geser langsung yang ada pada gambar diatas dijelaskan geosintetik benar-benar terjepit atau ditempel pada *dummy block* pada setengah bagian kotak uji dan tanah pada setengah bagian lainnya. Setelah beban normal dikerjakan, sebuah gaya geser dimobilisasi hingga terjadi pergeseran antara geosintetik dan tanah tanpa peningkatan lebih jauh pada gaya geser yang dibutuhkan.



Gambar 1. Interaksi tanah-geotekstil pada uji geser langsung; a) Skema Uji, b) Ilustrasi Interaksi [9]

### 3. METODE DAN DATA

Untuk menganalisis interaksi antara geosintetik dengan material tanah berpasir, dilakukan pada tanah pasir yang diambil dari daerah sekitar pantai Pandaran. Adapun geosintetik yang digunakan yaitu *woven geotextile*, *nonwoven geotextile*, *geomembrane smooth*, *geocomposite* dan geogrid.

Data yang diperlukan pada penelitian ini merupakan data primer dan data sekunder yang didapat dari hasil pengujian di laboratorium. Data primer didapat dari hasil pengujian uji geser langsung (*direct shear*) sedangkan data sekunder merupakan pengujian properti tanah seperti uji analisa ayak dan data properti material geosintetik yang didapat dari data *sheet material* geosintetik itu sendiri.

#### Analisis data

Analisis data dilakukan terhadap hasil pengujian uji geser langsung (*direct shear*) antara geosintetik dan tanah yang diuji lalu disimpulkan hubungan rasio antara sudut gesek tanah dengan sudut gesek bidang kontak antara geosintetik dan tanah (adhesi).

Adapun diagram alir penelitian sebagai berikut:

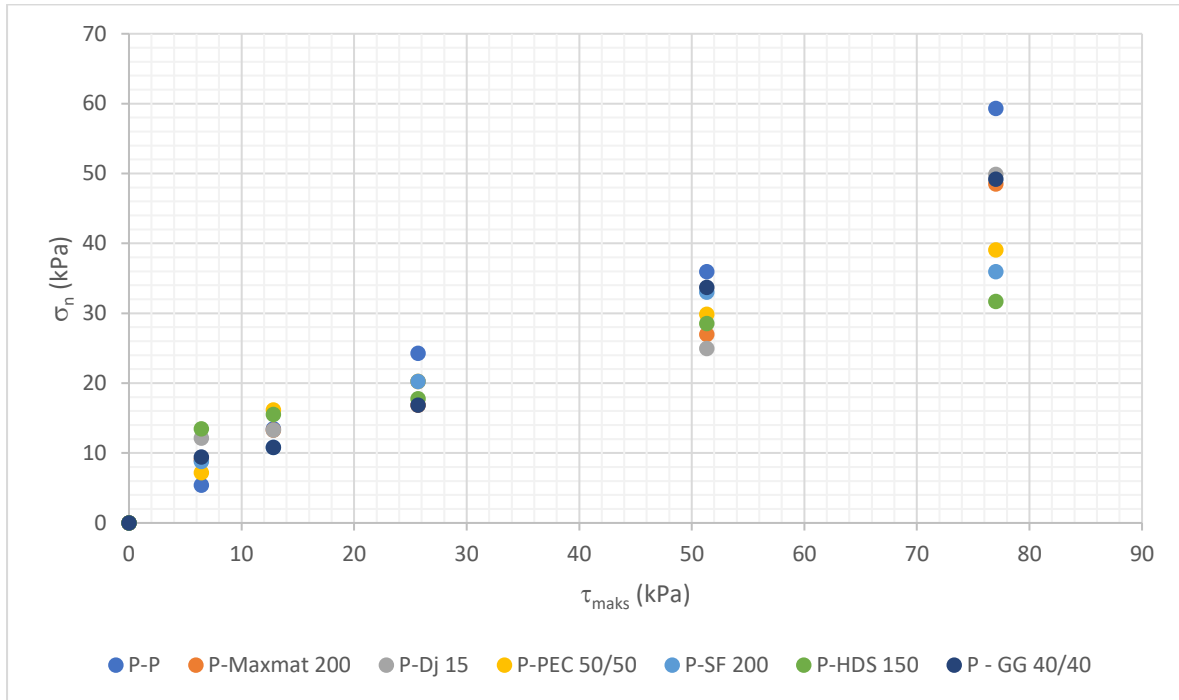
1. Penyiapan material pengujian diantaranya yaitu tanah pasir yang di ambil dari daerah Pangandaran serta geosintetik;

2. Pengujian di laboratorium dengan melakukan pengujian kuat geser langsung;
3. Pengolahan data dari hasil pengujian kuat geser langsung yang diplotkan ke dalam grafik;
4. Pengolahan data dari hasil pengujian;
5. Kesimpulan.

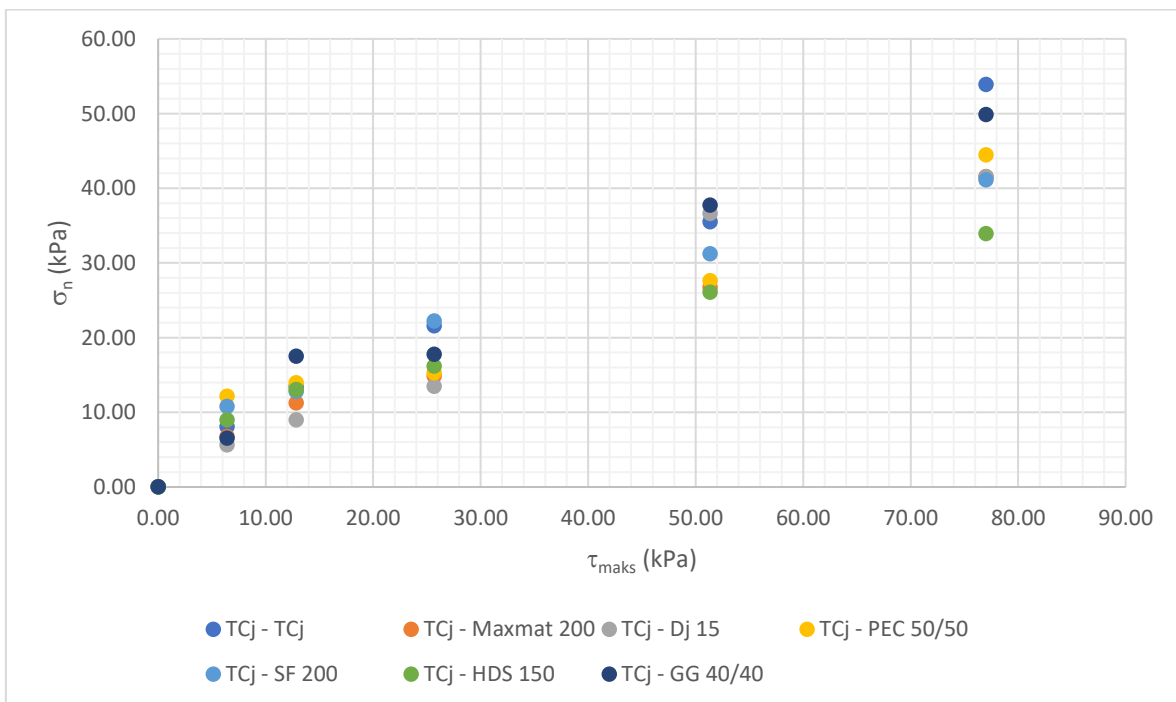
#### Tahapan Analisis

Adapun tahapan analisis yaitu sebagai berikut:

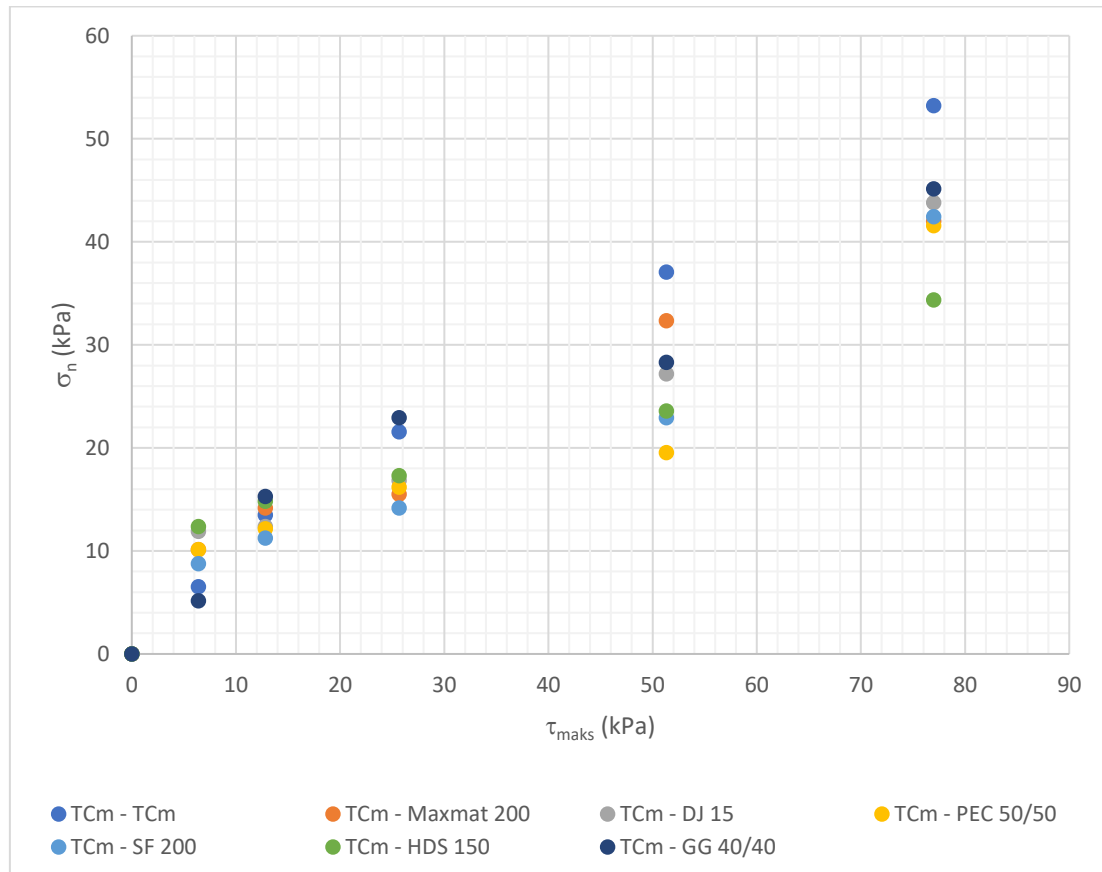
1. Penyiapan material yang akan diuji. Sampel tanah diambil secara *distrub* dari pasir di pantai Pangandaran dan 2 sampel tanah yang ada di Kabupaten Pangandaran. Material geosintetik yang diuji berupa *woven geotextile*, *nonwoven geotextile*, *geomembrane smooth*, *geocomposite* dan geogrid;
2. Pengumpulan data dilakukan dengan pengujian di laboratorium. Pengujian dilakukan pada sampel tanah yaitu pengujian analisa ayak dan uji geser langsung (*direct shear test*) setelah itu dilakukan pengujian uji geser langsung pada bidang kontak antara geosintetik dengan tanah;
3. Pengolahan dan analisis data dilakukan terhadap hasil pengujian uji geser antara geosintetik dan tanah yang diuji;
4. Kesimpulan diambil dari hubungan rasio antara sudut gesek tanah dengan sudut gesek bidang kontak antara geosintetik dan tanah (adhesi).



Gambar 2. Grafik  $\sigma_n$  versus  $\tau_{maks}$  pada Sampel Tanah Pasir Pantai Pangandaran



Gambar 3. Grafik  $\sigma_n$  Versus  $\tau_{maks}$  pada Sampel Tanah Cijulang



Gambar 4. Grafik  $\sigma_n$  Versus  $\tau_{maks}$  pada Sampel Tanah Cimerak

Tabel 1. Nilai  $\phi$ ,  $\delta$ ,  $c$ ,  $ca$  dan rasio  $\delta/\phi$  Untuk Setiap *Interface* pada Sampel Pasir Pantai Pangandaran

	$\phi$ ( $^{\circ}$ )	$\delta$ ( $^{\circ}$ )	$c$ (kPa)	$ca$ (kPa)	Rasio $\delta/\phi$
<b>P - P</b>	<b>36,25</b>		<b>1,90</b>		
P - Maxmat 200		29,18		2,98	0,81
P - DJ 15		28,57		4,35	0,79
P - PEC 50/50		25,02		5,29	0,70
P - SF 200		24,71		4,84	0,69
P - HDS 150		19,38		7,68	0,54
P - GG 40/40		31,25		2,48	0,87

Tabel 1 Nilai  $\phi$ ,  $\delta$ ,  $c$ ,  $ca$  dan rasio  $\delta/\phi$  Untuk Setiap *Interface* pada Sampel Tanah Cijulang

	$\phi$ ( $^{\circ}$ )	$\delta$ ( $^{\circ}$ )	$c$ (kPa)	$ca$ (kPa)	Rasio $\delta/\phi$
<b><math>T_{Cj} - T_{Cj}</math></b>	<b>33,45</b>		<b>3,01</b>		
$T_{Cj}$ - Maxmat 200		26,64		2,36	0,80
$T_{Cj}$ - DJ 15		29,54		1,34	0,88

T <sub>Cj</sub> - PEC 50/50	26,59	4,45	0,80
T <sub>Cj</sub> - SF 200	26,02	5,60	0,78
T <sub>Cj</sub> - HDS 150	21,62	4,91	0,65
T <sub>Cj</sub> - GG 40/40	31,97	3,54	0,96

Tabel 2 Nilai  $\phi$ ,  $\delta$ ,  $c$ ,  $ca$  dan rasio  $\delta/\phi$  Untuk Setiap *Interface* pada Sampel Tanah Cimerak

	$\phi$ ( $^{\circ}$ )	$\delta$ ( $^{\circ}$ )	$c$ (kPa)	$ca$ (kPa)	Rasio $\delta/\phi$
$T_{Cm} - T_{Cm}$	<b>33,79</b>		<b>2,65</b>		
T <sub>Cm</sub> - Maxmat 200		26,88		4,38	0,80
T <sub>Cm</sub> - Dj 15		26,41		4,34	0,78
T <sub>Cm</sub> - PEC 50/50		23,94		3,76	0,71
T <sub>Cm</sub> - SF 200		25,75		2,66	0,76
T <sub>Cm</sub> - HDS 150		20,02		6,55	0,59
T <sub>Cm</sub> - GG 40/40		28,20		3,98	0,83

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian uji geser langsung didapatkan tegangan geser maksimal ( $\tau_{maks}$ ) yang mana diplotkan ke dalam grafik antara tegangan normal ( $\sigma_n$ ) dan tegangan geser maksimal ( $\tau_{maks}$ ) untuk mendapatkan nilai  $\phi$ ,  $\delta$ ,  $c$ , dan  $ca$  seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 4.

Dari grafik pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 9, didapatkan nilai  $\phi$ ,  $\delta$ ,  $c$ , dan  $ca$  serta rasio  $\delta/\phi$  yang merupakan rasio sudut gesek *interface* ditampilkan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 3.

Jika dilihat dari hasil yang didapat dari rasio antara  $\delta/\phi$ , pada sampel pasir Pangandaran (Tabel 1) P - GG 40/40 memiliki rasio  $\delta/\phi$  paling besar yaitu 0,87 disusul dengan P - Maxmat 200 dan P - Dj 15 yang merupakan geotekstil *woven* yaitu 0,81 dan 0,79 sedangkan nilai rasio  $\delta/\phi$  paling kecil pada P - HDS 150 yaitu sebesar 0,54. Jika ditinjau pada material geotekstil *woven*, yang berbahan dasar *polypropylene* memiliki nilai rasio  $\delta/\phi$  lebih besar dibandingkan dengan geotekstil *woven* yang berbahan dasar *polyester*, sedangkan material

*geocomposite* memiliki nilai rasio  $\delta/\phi$  lebih besar dibandingkan dengan geotekstil *nonwoven* dan lebih kecil dibandingkan dengan geotekstil *woven*.

Pada sampel tanah Cijulang (Tabel 2) yang merupakan tanah jenis pasir bergradasi buruk berlanau didapatkan T<sub>Cj</sub> - GG 40/40 memiliki rasio  $\delta/\phi$  paling besar yaitu 0,96 disusul dengan P - Dj 15 dan P - Maxmat 200 yang merupakan geotekstil *woven* yaitu 0,88 dan 0,80 sedangkan nilai rasio  $\delta/\phi$  paling kecil pada P - HDS 150 yaitu sebesar 0,65. Jika ditinjau pada material geotekstile *woven*, yang berbahan dasar *polyester* pada sampel tanah ini memiliki nilai rasio  $\delta/\phi$  lebih besar dibandingkan dengan geotekstil *woven* yang berbahan dasar *polypropylene*, sedangkan material *geocomposite* memiliki nilai rasio  $\delta/\phi$  lebih besar dibandingkan dengan geotekstil *nonwoven* dan lebih kecil dibandingkan dengan geotekstil *woven*.

Pada sampel tanah Cimerak (Tabel 3) yang merupakan tanah jenis pasir berlanau didapatkan T<sub>Cm</sub> - GG 40/40 memiliki rasio  $\delta/\phi$  paling besar yaitu 0,83 disusul dengan P - Maxmat 200 dan P - Dj 15 yang merupakan geotekstile *woven* yaitu 0,80 dan 0,78 sedangkan nilai rasio  $\delta/\phi$  paling

kecil pada P – HDS 150 yaitu sebesar 0,65. Jika ditinjau pada material geotekstile *woven*, yang berbahan dasar *polypropylene* pada sampel tanah ini memiliki nilai rasio  $\delta/\phi$  lebih besar dibandingkan dengan geotekstil *woven* yang berbahan dasar *polyester*, sedangkan material *geocomposite* memiliki nilai rasio  $\delta/\phi$  lebih kecil dibandingkan dengan geotekstil *nonwoven* dan geotekstil *woven*.

Untuk rasio  $\delta/\phi$  pada pasir dan geotekstil *woven* hasil penelitian masih mendekati dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh [4] dan Efendi (1995, 2011), pada pasir dan geotekstil *nonwoven* hasil penelitian mendekati dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Efendi (2011), sedangkan pada penelitian *geocomposite* hasil penelitian lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh [4]. Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Nilai rasio  $\delta/\phi$  Sudut Geser Antarmuka Hasil Penelitian

No	Penelitian	Rasio $\delta/\phi$
1	Penelitian (2020)	
	a. Pasir - geotekstil <i>woven</i> (tanah pasir Pangandaran)	0,78 - 0,88
	b. Pasir - geotekstil <i>nonwoven</i> (tanah pasir Pangandaran)	0,69 - 0,79
	c. Pasir - <i>geocomposite</i> (tanah pasir Pangandaran)	0,70 - 0,80
	d. Pasir - <i>Geomembrane</i> (tanah pasir Pangandaran)	0,54 - 0,62
2	Fatuhrozi (2011)	
	a. Pasir - Geotekstil <i>woven</i> (pasir Palangka Raya)	0,81 - 0,87
	b. Pasir - Geotekstil <i>nonwoven</i> (pasir Palangka Raya)	0,89 - 0,93

No	Penelitian	Rasio $\delta/\phi$
	c. Pasir - Geotekstil reinforcement/ <i>geocomposite</i> (Pasir - Palangka Raya)	0,96-0,97
3	Effendi (1995)	
	a. Pasir - geotekstil <i>nonwoven</i> (pasir Ottawa)	0,69 - 0,79
4	Effendi (2011)	
	a. Pasir - geotekstil <i>nonwoven</i> (pasir agak bundar)	0,86
	b. Pasir - geotekstil <i>woven</i> (pasir kelanauan)	0,88
	c. Pasir - geotekstil <i>nonwoven</i> (pasir kelanauan)	0,96

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan klasifikasi tanah USCS, jenis sampel tanah yang diuji merupakan pasir bergradasi buruk (pasir pantai Pangandaran), pasir bergradasi buruk berlanau (tanah Cijulang) dan pasir berlanau (tanah Cimerak);
- Kekuatan geser antar muka yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh jenis material geosintetik saja, akan tetapi butiran tanah juga mempengaruhi pada kekuatan geser antar muka yang dihasilkan;
- Ketiga sampel tanah merupakan tanah yang mengandung pasir, sehingga untuk tanah berpasir nilai rasio  $\delta/\phi$  pada geogrid berkisar antara 0,83 - 0,96; geotekstil *woven* nilai rasio  $\delta/\phi$  berkisar antara 0,78 - 0,88; pada *geocomposite* yang merupakan gabungan antara geotekstil *nonwoven* yang diperkuat dengan serat-serat *polyester* memiliki nilai rasio  $\delta/\phi$  berkisar antara 0,70 - 0,80; pada geotekstil *nonwoven* berkisar antara 0,69 - 0,78 sedangkan *geomembrane*



nilai rasio  $\delta/\phi$  berkisar antara 0,54 – 0,65.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdi, M. R., & Safdari Seh Gonbad, M. (2018). "Studying the effect of roughness on soil-geotextile interaction in direct shear test". *Journal of Engineering Geology*, Vol. 12(5), 0.
- [2] Afzali-Nejad, A., Lashkari, A., & Shourijeh, P. T. (2017). "Influence of particle shape on the shear strength and dilation of sand-woven geotextile interfaces". *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 45(1), Page 54–66.
- [3] Afzali-Nejad, A., Lashkari, A., & Farhadi, B. (2018). "Role of soil inherent anisotropy in peak friction and maximum dilation angles of four sand-geosynthetic interfaces". *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 46(6), Page 869–881.
- [4] Fathurrozi. (2010). "Analisis Parameter Kekuatan Geser Antarmuka Pasir Palangkaraya dengan Geotekstil", Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin.
- [5] Ferreira, Fernanda Bessa, dkk. (2020) "Pullout Behavior of Different Geosynthetics – Influence of Soil Density and Moisture Content". *Frontiers in Built Environment*. Volume 6, Page 1-13.
- [6] Fowmes, G. J., Dixon, N., Fu, L., & Zaharescu, C. A. (2017). "Rapid prototyping of geosynthetic interfaces: Investigation of peak strength using direct shear tests". *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 45(6), Page 674–687.
- [7] Martinez, A., & Frost, J. D. (2017). "The influence of surface roughness form on the strength of sand-structure interfaces". *Géotechnique Letters*, Vol. 7(1), Page 104–111.
- [8] Punetha, P., Mohanty, P., & Samanta, M. (2017). "Microstructural investigation on mechanical behavior of soil-geosynthetic interface in direct shear test". *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 45(3), Page 197–210.
- [9] Puri, A. (2017). "Pengaruh indeks plastisitas terhadap kuat geser bidang kontak tanah kohesif dan geotekstil". In *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Perencanaan (KN-TSP) Pekanbaru, 2017, No halaman 85–92*.
- [10] Ramamurthy, P., Chellamani, K. P., Dhurai, B., & Subramaniam, V. (2017). "Study on frictional characteristics of medical wipes in contact with mechanical skin equivalents". *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol 25(2), Page 120–127.
- [11] Rishavilenda, D. S., & Desiani, A. (2018). "Perbandingan kuat geser tanah pasir menggunakan geotextile woven dan nonwoven geotextile berdasarkan uji direct shear". *Jurnal Teknik Sipil*, 14 Nomer 2, 105–200.
- [12] Vieira, C. S., & Pereira, P. M. (2016). "Interface shear properties of geosynthetics and construction and demolition waste from large-scale direct shear tests". *Geosynthetics International*, Vol 23(1), Page 62–70.