

PERILAKU INTERAKSI TANAH-GEOTEKSTIL TERHADAP PARAMETER KUAT GESER

Behavior of Soil-Geotextile Interaction on the Shear Strength Parameters

Ahmad Rifa'i

Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55281, Indonesia, Telephone: +62-274-545675, Fax: +62-274-545676
e-mail: ahmad.rifai@tsipil.ugm.ac.id

ABSTRACT

Soil reinforcement using geo-textile is one of geotechnical structures, involving soil-structure interaction. Recently, the problems are solved by neglecting the interface influence between soil and structure. To obtain more realistic stress-strain relationship, it is required to study the soil-structure interface. The study of behavior of soil-geotextile interaction on the shear strength parameters is discussed in this research. The used soils in this research are uniform sand and clay. The uniform sand has relative density of 50% and 90%. The clay sample is based on the maximum dry density (MDD) value obtained from standard Proctor test. Determination of interface parameter on the shear strength of sand-geotextile and clay-geotextile is obtained from direct shear test. The interface shear strength parameters are friction angle of interface (δ) and adhesion (c_a). The used geotextile types are woven, non-woven and geomembrane. Numerical simulation is also carried out to study the influence of variation values on interface shear strength parameters. Result of the research gives review on the behavior and interface modeling of soil-geotextile. Values of friction angle of interface (δ) obtained from sand-non-woven geotextile are higher than sand-woven geotextile. The value of δ obtained from sand-geomembrane is the lowest. Ratio of δ/ϕ for non-woven geotextile ranges between 0.8 ~ 1.0. Ratio of δ/ϕ for woven geotextile is about 0.7 ~ 0.8. Geomembrane ratio of δ/ϕ is about 0.6 ~ 0.7. The value of δ/ϕ is relatively constant for sand under both saturated and dried conditions. For clay sample, the values of c_a and δ are lower than value of soil shear strength parameters. The shear stress of geomembrane interface (HDPE) is the lowest under both saturated and unsaturated conditions. The interface shear strength parameters are influenced by the roughness of material and effective opening size of interface material. For clay, the values of c_a/c and δ/ϕ are influenced by saturation conditions of soil. Influence of c_a and δ parameters is represented by value of $R_{interface}$ parameter. Higher $R_{interface}$ value will decrease the displacement, moment and shear force and increase the safety factor. The result of this research can give contribution on determination of interface shear strength parameters in the analysis of soil reinforcement using geotextile in order to design optimization.

Keywords: soil-structure interaction, geotextile, interface, shear strength parameter

PENDAHULUAN

Banyak masalah geoteknik dalam proyek teknik sipil melibatkan masalah interaksi antara tanah dan struktur. Beberapa contoh adalah masalah perkuatan tanah dengan geotekstil seperti embankment tanah, lereng dan dinding penahan tanah. Selama ini, kebanyakan masalah tersebut diselesaikan dengan mengabaikan pengaruh interface antara tanah dengan struktur. Struktur perkuatan tanah dengan geotekstil memerlukan pengetahuan tentang perilaku interface tanah-geotekstil untuk analisis stabilitas struktur. Untuk mendapatkan prediksi tegangan-regangan yang lebih realistis, maka interface antara tanah-struktur perlu dikaji.

Parameter penting dalam analisis stabilitas lereng adalah parameter kuat geser yaitu kohesi (c)

dan sudut gesek dalam (ϕ) untuk tanah. Parameter kuat geser interface untuk lereng yang diperkuat dengan geotekstil adalah mobilisasi sudut gesek interface tanah-geotekstil (δ) dan adhesi (c_a). Studi parameter kuat geser interface ini (c_a dan δ) sangat penting juga untuk pemodelan interface dalam analisis elemen hingga sehingga mampu memberikan solusi yang lebih realistis dalam analisis dan perancangan masalah geoteknik.

Tujuan utama penelitian ini adalah mengkaji perilaku interaksi tanah-geotekstil terhadap parameter kuat geser dari hasil uji geser langsung dan mengkaji pengaruh jenis geotekstil terhadap parameter kuat geser interface untuk tanah lempung dan pasir. Pengaruh variasi parameter kuat geser interface tanah-geotekstil juga dikaji berdasarkan hasil simulasi numeris.

TINJAUAN PUSTAKA

Geotekstil telah banyak diaplikasikan dalam proyek teknik sipil dengan berbagai fungsi. Salah satu fungsinya adalah untuk perkuatan. Beberapa contoh perkuatan tanah dengan geotekstil adalah embankment tanah, lereng dan dinding penahan tanah. Struktur perkuatan tanah dengan geotekstil memerlukan pengetahuan tentang perilaku interface tanah-geotekstil untuk analisis stabilitas struktur (Day, 2000). Pemanfaatan geotekstil dalam aplikasi kontrol rembesan dan drainasi pada sistem jalan raya telah diteliti Reddi (2003).

Broms (1988) telah melakukan penelitian tentang dinding penahan tanah yang diperkuat dengan geotekstil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahanan geser antar permukaan tanah dan perkuatan tidak termobilisasi penuh sepanjang radius lembar perkuatan.

Nimmegern dan Bush (1991) telah melakukan uji cabut (pull-out) pada geogrid yang diletakkan dalam material granuler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tegangan kompresi meningkatkan kekuatan tanah, dan berkontribusi dalam ketahanan cabut.

Kajian interface akibat interaksi antara pasir dengan geotekstil dengan uji triaksial telah dilakukan oleh Atmatzidis et. al. (1994). Nilai sudut gesek interface bergantung juga pada tegangan normal yang bekerja dan meningkat dengan kekakuan geotekstil.

Uji model skala penuh untuk dinding penahan tanah diperkuat dengan geotekstil baik woven maupun non woven telah dilakukan oleh Kharchafi dan Dysli (1994). Pembebanan dilakukan dengan berbagai mode, pembebanan monotonic, cyclic dan unloading. Deformasi permanen kumulatif dibawah pembebanan siklis relatif kecil bila dibandingkan dengan settlement plastis dibawah pembebanan monotonic.

Jewell (1996) telah meneliti interaksi antara tanah yang diperkuat dengan geotekstil. Ada dua kondisi pada interaksi tanah dengan perkuatan, yaitu kondisi geser langsung dan cabut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahanan geser langsung merupakan perbandingan dari sudut gesek interface dengan sudut gesek dalam tanah. Mobilisasi sudut gesek interface merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi analisis stabilitas.

Rifa'i (1998) telah meneliti elemen interface tanah-struktur menggunakan model Hiperbolik dan HiSS. Parameter interface tanah-struktur sangat berpengaruh dalam simulasi numeris.

Koseki et. al. (2008) telah meneliti perilaku seismik dinding penahan tanah yang diperkuat

dengan geosintetik. Akibat gempa di Jepang menunjukkan bahwa dinding penahan tanah yang diperkuat dengan geosintetik masih tetap baik. Berdasarkan uji *model shaking* mekanisme mobilisasi tahanan seismik tiap model berbeda, tergantung pada jenis struktur yang dipakai.

LANDASAN TEORI

Struktur perkuatan tanah dengan geotekstil memerlukan pengetahuan tentang perilaku interface tanah-geotekstil. Parameter kuat geser merupakan parameter penting dalam analisis interaksi tanah dan perkuatan. Parameter kuat geser interface untuk tanah yang diperkuat dengan geotekstil adalah mobilisasi sudut gesek interface tanah-geotekstil (δ) dan adhesi (c_a). Dengan menggunakan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb, maka tegangan geser antara geotekstil dan tanah adalah sebagai berikut ini.

$$\tau = c_a + \sigma'_n \tan \delta \quad (1)$$

dimana τ : tegangan geser interface antara tanah dan geotekstil; σ'_n : tegangan normal efektif pada bidang geser; c_a : adhesi geotekstil terhadap tanah dan δ : sudut gesek interface tanah-geotekstil.

Penentuan parameter kuat geser interface dapat dilakukan dengan uji geser langsung. Beberapa keuntungan penentuan parameter kuat geser dengan uji geser langsung antara lain: pengujian relatif cepat, mudah dalam pelaksanaannya dan persiapan sampel benda uji tidak sulit. Menurut Das (2002) faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kuat geser tanah antara lain: kerapatan dan angka pori tanah, kekasaran, bentuk dan butiran tanah, tegangan yang pernah dialami tanah, kandungan mineral dan distribusi ukuran butiran.

Salah satu program elemen hingga yang mampu mengkaji pengaruh variasi nilai parameter kuat geser interface adalah Program Plaxis (Plaxis b.v., 2002). Metode *Phi-c reduction* merupakan satu pilihan yang terdapat pada program Plaxis untuk menghitung besarnya angka keamanan dalam analisis stabilitas lereng. Pilihan ini hanya terdapat pada *Plastic Calculation*, dengan menggunakan prosedur *Manual control* atau *Load advancement number of steps*. Pada *Phi-c reduction*, dilakukan pendekatan dengan mereduksi parameter kekuatan tanah, yaitu $\tan \phi$ dan c secara berturut-turut sampai keruntuhan pada struktur tanah terjadi. Nilai parameter *interfaces*, jika dipakai, juga direduksi dengan cara yang sama. Objek struktural seperti *beam* dan anker tidak terpengaruh dengan prosedur *Phi-c reduction*.

Apabila tanah berinteraksi dengan struktur akan menghasilkan tinjauan terhadap perilaku *interface*. Suatu model tertentu dipakai untuk menggambarkan perilaku *interface* pada pemodelan interaksi antara tanah dengan struktur. Dua keadaan berdasarkan kriteria Coulomb, dipakai untuk membedakan antara keadaan plastis, dengan *displacement* yang kecil, yang dapat terjadi dalam *interface*, dan keadaan plastis pada *interface* (*slip*).

Untuk keadaan elastis, tegangan geser adalah :

$$|\tau| < \sigma_n \tan \phi_i + c_i \quad (2)$$

dan untuk keadaan plastis adalah :

$$|\tau| = \sigma_n \tan \phi_i + c_i \quad (3)$$

dengan ϕ_i dan c_i adalah sudut gesek dalam dan kohesi dari *interface*. σ_n dan τ adalah tegangan normal dan tegangan geser yang terjadi pada *interface*.

Propertis pada *interface* berhubungan dengan propertis pada lapisan tanah. Hubungan ini dinyatakan dengan $R_{interface}$. Nilai ini merupakan faktor reduksi kekuatan dengan persamaan sebagai berikut.

$$c_i = R_{inter} c_{soil} \quad (4)$$

$$\tan \phi_i = R_{inter} \tan \phi_{soil} \leq \tan \phi_{soil} \quad (5)$$

$$i = 0^0 \text{ untuk } R_{inter} < 1 \text{ dan } i = \text{soil} \quad (6)$$

Pengisian input parameter *interface*, terdapat dua cara, yaitu *rigid* dan *manual*. *Rigid* apabila $R_{interface} = 1$ (otomatis), dimana properties *interface* sama dengan properties tanah. Cara *manual* dipakai untuk input $R_{interface}$ sesuai dengan keinginan pengguna. Pada umumnya nilai $R_{interface}$ diambil 2/3 untuk interaksi pasir-baja, sedangkan untuk interaksi lempung-baja diambil 0,5. Nilai $R_{interface}$ lebih dari satu tidak lazim untuk digunakan dalam analisis praktek di lapangan.

METODE PENELITIAN

Bahan penelitian berupa pasir seragam dengan kepadatan relatif 50% dan 90% dan tanah lempung pada kondisi kepadatan kering maksimum (MDD) hasil uji pemadatan Proctor standar. Pasir berupa pasir pantai Parangtritis, Jogjakarta. Tanah lempung dari daerah Wonosari.

Bahan geotekstil sebagai bidang *interface* terdiri dari jenis *woven*, *non woven* dan geomembran. Jenis

anyaman (*woven*) bertipe BW150 dan BW250. Jenis *non woven* bertipe TS600 dan R206 dan tipe HDPE (*High Density Polyethylene*) merupakan jenis geomembran yang dipakai dalam penelitian.

Karakteristik geotekstil *woven* berupa lembaran anyaman dengan bahan dasar *polypropelene* yang mempunyai kuat tarik merata. Tipe ini mempunyai berat 150 gr/m² (BW150) dan 250 gr/m² (BW250). Nilai *tensile strength* adalah 25 kN/m (BW150) dan 55 kN/m (BW250). Geotekstil jenis *non woven* berupa lembaran tidak dianyam yang berfungsi sebagai separasi, filtrasi, proteksi dan drainasi. Tipe ini mempunyai berat 200 gr/m² (TS600 dan R206). Nilai *tensile strength* adalah 13.9 kN/m (TS600) dan 3 kN/m (R206). *Effective opening size* adalah sebesar 0.11mm (TS600) dan 0.14mm (R206). Jenis geomembran berbentuk lembaran halus kedap air dengan bahan dasar *polyethylene*. Spesifikasi teknis geomembran tipe HDPE adalah mempunyai ketebalan 0.75 mm, kuat tarik runtuh sebesar 27 kN/m dan *puncture resistance* sebesar 365 N. Gambar 1 menunjukkan bentuk permukaan tipe geotekstil dan geomembran.



Gambar 1. Bentuk geotekstil tipe *woven*, *non woven* dan geomembran HPDE.

Alat utama yang dipakai dalam penelitian ini adalah satu (1) set alat uji sifat fisis tanah, satu (1) set alat uji pemadatan proctor standar, satu (1) set alat uji geser langsung dan satu (1) set komputer dan printer. Pengujian berdasarkan standar uji ASTM (ASTM, 2003). Standar uji ASTM yang dipakai adalah D 854 (*spesific gravity*), D 4318 (batas konsistensi), D 422 (gradasi butiran), D 698 (uji pemadatan) dan D 3080 (uji geser langsung). Liu dan Evett (2003) memberikan prosedur pengujian,

pengukuran dan evaluasi sifat teknis tanah berdasarkan standar uji ASTM.

Pertama-tama dilakukan uji sifat fisis terhadap sampel pasir berupa analisis saringan dan penentuan berat volum kering pasir dengan kerapatan relatif (D_r)= 50% dan 90%. Tujuan test analisis saringan adalah untuk mengetahui gambaran secara nyata jenis tanah dan distribusi butirannya.

Uji Laboratorium penentuan berat volume kering pasir adalah untuk mengetahui γ_{dmax} dan γ_{dmin} sampel yang dipakai untuk menghitung volume sampel dalam uji geser langsung berdasar pada D_r yang ditentukan. Dengan mengetahui γ_{dmax} dan γ_{dmin} sampel pasir dan dengan D_r yang ditentukan maka dapat dihitung γ_d -nya.

Uji pemadatan proctor standar dilakukan pada tanah lempung guna mendapatkan nilai kadar air optimum (OMC) dan kepadatan kering maksimum (MDD). Pada tanah lempung kondisi ini, yaitu sampel dengan nilai OMC dan MDD hasil uji proctor standar dipakai sebagai acuan dalam pembuatan sampel benda uji untuk uji geser langsung. Uji geser langsung dilakukan untuk mendapatkan parameter kuat geser *interface* dengan berbagai jenis geotekstil. Kurva hubungan antara tegangan geser dengan perpindahan relatif horisontal dievaluasi guna memperoleh nilai δ dan c_a .

Sebagai contoh dalam simulasi numeris elemen hingga dilakukan dengan memanfaatkan *software* program *Plaxis* untuk mengevaluasi pengaruh variasi parameter kuat geser *interface* tanah-geotekstil dalam analisis dan perancangan masalah geoteknik.

sampel pasir termasuk dalam klasifikasi SP, yaitu pasir halus dengan gradasi buruk, sedangkan tanah lempung termasuk CH, yaitu tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi.

Uji geser langsung diperlukan untuk mengetahui parameter kuat geser dari pasir maupun *interface* geotekstil. Tegangan normal yang digunakan untuk pengujian geser langsung yaitu 0,25 kg/cm², 0,5 kg/cm² dan 1,0 kg/cm². Tegangan-tegangan normal ini sama untuk semua kondisi pengujian. Hasil uji geser langsung pada pasir dan secara ringkas diwujudkan dalam parameter kuat geser pasir (S-S), *interface* pasir-geotekstil atau geomembran ditunjukkan dalam Gambar 2 dan Tabel 3. Tegangan geser yang terjadi pada *interface* geomembran lebih kecil dibanding dengan tanah pasir. Hal ini terjadi karena permukaan halus dari geomembran mempengaruhi nilai kuat geser tanah pasir dengan kepadatan sedang.

Pada tanah pasir parameter intrinsik kuat geser lebih ditentukan oleh sudut gesek. Hal ini terlihat dari perubahan nilai sudut gesek tanah atau *interface* seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3. Nilai δ untuk jenis *interface* geotekstil *woven* lebih rendah dari ϕ , sedangkan nilai δ untuk jenis geotekstil *non woven* hampir sama dengan nilai ϕ . Tetapi nilai δ untuk jenis *interface* geomembran merupakan nilai yang terkecil diantara keseluruhan nilai δ yang diujikan. Ini menunjukkan bahwa pengaruh tekstur permukaan *interface* sangat penting. Semakin halus permukaan *interface* semakin rendah nilai sudut gesek *interface*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

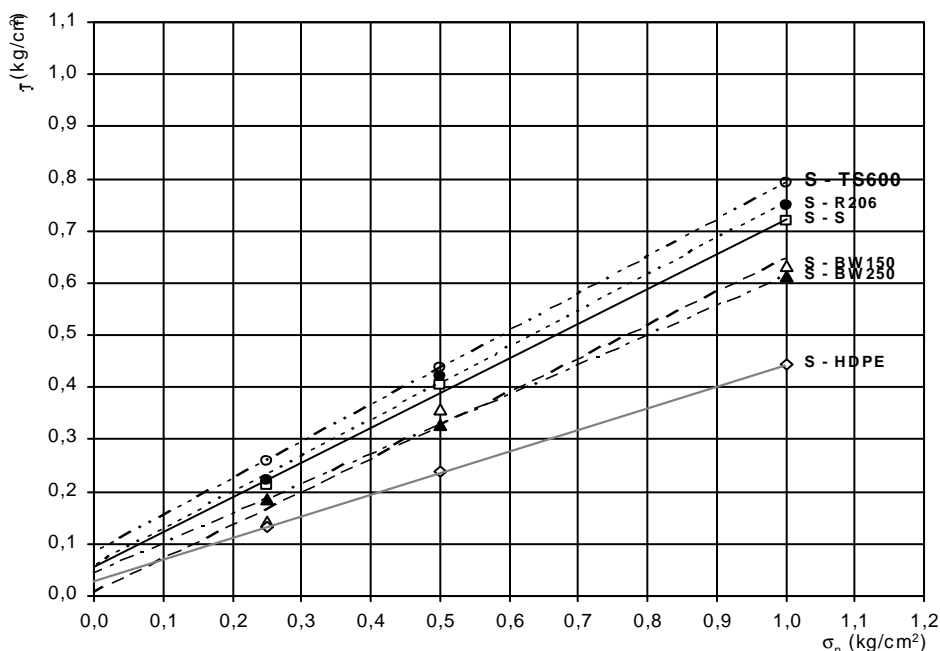
Hasil uji sifat fisik tanah pasir dan lempung ditunjukkan dalam Tabel 1 dan 2. Menurut klasifikasi USCS (*Unified Soil Clasification System*),

Tabel 1. Ringkasan parameter teknis tanah pasir Parangtritis

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1	D_{10}	0,108	Mm
2	D_{30}	0,131	Mm
3	D_{60}	0,178	Mm
4	C_u	1,358	-
5	C_c	0,893	-
6	$\gamma_{d \text{ minimum}}$	1,322	gr/ cm ³
7	$\gamma_{d \text{ maksimum}}$	1,766	gr/ cm ³
8	Klasifikasi USCS	SP	

Tabel 2. Ringkasan parameter teknis tanah Lempung

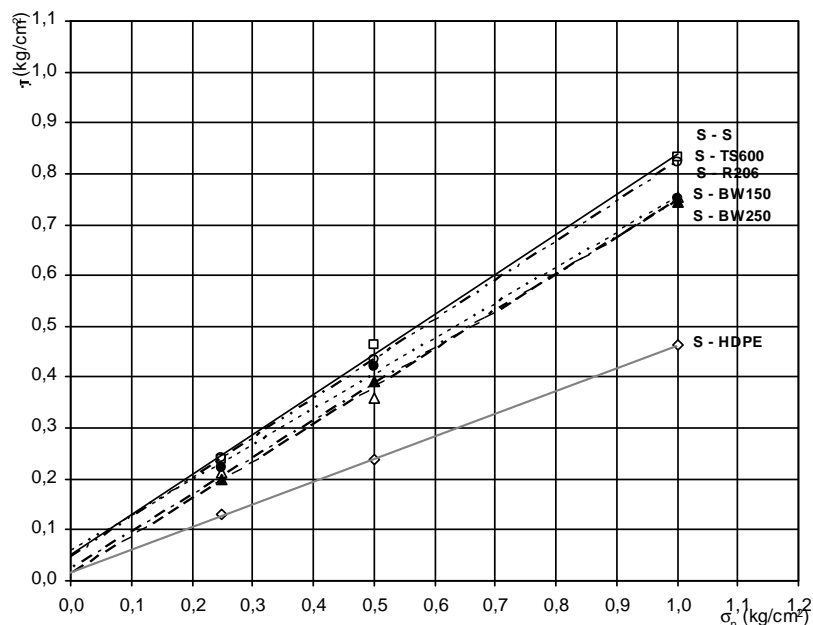
No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1.	Berat volume basah	γ	1,775	gr/cm ³
2.	Berat jenis spesifik	Gs	2,673	-
3.	Batas cair	LL	72,013	%
4.	Batas plastis	PL	35,65	%
5.	Indeks plastis	PI	36,36	%
6.	Aktivitas	A	0,48	-
7.	% Pasir		29,64	%
8.	% butir halus		81,36	%
9.	Kadar air optimum	OMC	37,341	%
10.	Berat volume kering maksimum	MDD	1,292	gr/cm ³
11.	Klasifikasi USCS	CH		



Gambar 2. Grafik hubungan σ_n dengan τ untuk pasir dengan variasi *interface* geotekstil dengan $D_r = 50\%$.

Tabel 3. Nilai c atau c_a dan ϕ atau δ untuk semua jenis *interface* dengan $D_r = 50\%$ pada kondisi kering.

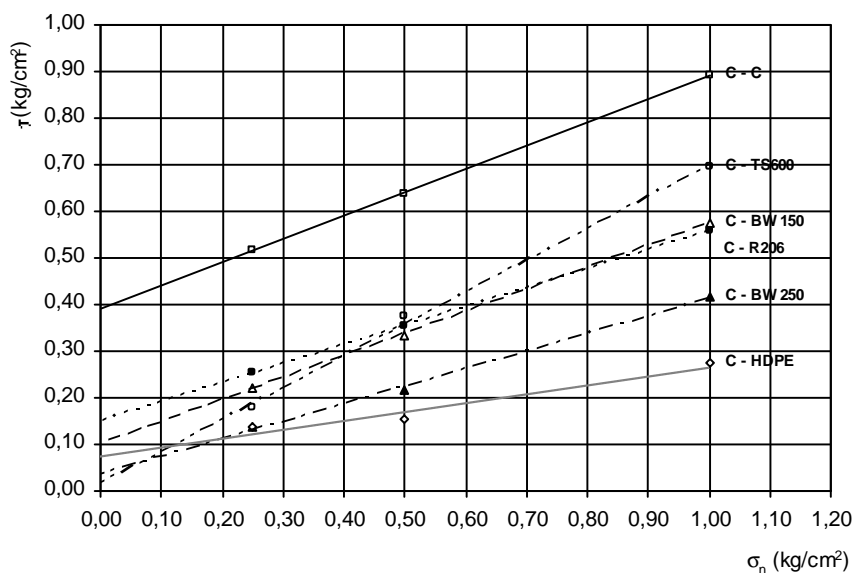
Kode <i>Interface</i>	c atau c_a (kN/m ²)	ϕ° atau δ°
S-S (<i>sand</i>)	5,59	33,68
S - BW150 (<i>woven</i>)	0,53	32,59
S - BW250 (<i>woven</i>)	4,22	29,68
S - TS600 (<i>non woven</i>)	8,18	35,38
S - R206 (<i>non woven</i>)	5,81	34,86
S - HDPE (<i>geomembran</i>)	2,90	22,52



Gambar 3. Grafik hubungan σ_n dengan τ untuk pasir dengan variasi *interface* geotekstil dengan $Dr = 90\%$.

Tabel 4. Nilai δ/ϕ untuk berbagai kondisi dan jenis *interface*

Kode <i>Interface</i>	Kondisi kering		Kondisi terendam	
	$Dr = 50\%$	$Dr = 90\%$	$Dr = 50\%$	$Dr = 90\%$
	δ/ϕ	δ/ϕ	δ/ϕ	δ/ϕ
S - S (<i>sand</i>)	1,00	1,00	1,00	1,00
S - BW250 (<i>woven</i>)	0,88	0,94	0,79	0,86
S - TS600 (<i>non woven</i>)	1,05	0,99	1,04	0,83
S - R206 (<i>non woven</i>)	1,04	1,01	0,88	0,91
S - HDPE (<i>geomembran</i>)	0,67	0,63	0,69	0,68



Gambar 4. Grafik hubungan $\sigma_n - \tau$ untuk lempung dengan variasi *interface* geotekstil.

Tabel 5. Nilai c (c_a) dan ϕ (δ) untuk lempung dengan kondisi tidak terendam.

Parameter Kuat Geser:	c atau c_a (kN/m^2)	c_a/c	ϕ° atau δ°	δ/ϕ
C-C (<i>clay</i>)	39,056	1,00	26,594	1,00
C-BW 250 (<i>woven</i>)	3,694	0,09	20,656	0,78
C-TS600 (<i>non woven</i>)	1,847	0,05	34,337	1,29
C-R206 (<i>non woven</i>)	15,042	0,39	22,227	0,84
C-HDPE (<i>geomembran</i>)	7,653	0,20	10,841	0,41

Tabel 6. Perbandingan nilai c (c_a) dan ϕ (δ) untuk lempung kondisi terendam dan tidak terendam air.

Jenis <i>Interface</i>	ϕ atau δ				c atau c_a			
	Tidak terendam		Terendam		Tidak terendam		Terendam	
	ϕ atau δ	δ/ϕ	ϕ atau δ	δ/ϕ	c atau c_a	c_a/c	c atau c_a	c_a/c
C - C	26,59	1,00	20,20	1,00	39,06	1,00	29,56	1,00
C - BW250	20,66	0,78	23,04	1,14	3,69	0,09	0,53	0,02
C - TS600	34,34	1,29	27,52	1,36	1,85	0,05	2,24	0,04
C - R206	22,23	0,84	31,60	1,56	15,04	0,39	0,00	0,00
C - HDPE	10,84	0,41	19,59	0,97	7,65	0,20	1,32	0,04

Parameter kuat geser *interface* pasir-geotekstil atau geomembran pada uji geser langsung pasir dengan $Dr = 90\%$ ditunjukkan dalam Gambar 3. Perilaku kuat geser dimana tegangan geser yang tertinggi diberikan pada tanah pasir, kemudian untuk *interface geomembrane* dengan tegangan geser terendah. Terlihat lagi bahwa pengaruh kekasaran permukaan *interface* berpengaruh pada nilai kuat geser. Apabila nilai ϕ yang dimiliki oleh tanah pasir dibandingkan dengan nilai δ maka diperoleh rasio perbandingan δ/ϕ seperti terlihat pada Tabel 4. Rasio δ/ϕ dari geotekstil jenis *woven* berkisar 0,7 ~ 0,8, sedangkan untuk geotekstil jenis *non woven* berkisar 0,8 ~ 1,0. Pada geomembran kisaran tersebut menjadi cukup kecil yaitu berkisar 0,6 dari sudut gesek dalam yang dimiliki oleh tanah. Selain itu pengaruh air pada kuat geser tanah pasir juga tidak signifikan. Hal ini bisa dilihat dari rasio δ/ϕ kondisi pasir kering dan terendam. Terlihat bahwa perubahan nilai rasio δ/ϕ tidak terlalu berbeda baik kondisi kering maupun kondisi basah. Walau demikian secara umum kondisi basah akan mengurangi nilai parameter sudut gesek *interface*.

Hasil uji geser langsung pada lempung (C-C) dengan kondisi MDD secara ringkas parameter kuat geser *interface* lempung-geotekstil atau geomembran ditunjukkan dalam Gambar 4 dan Tabel 5. Terlihat bahwa tegangan geser pada tanah lempung paling tinggi dan terendah adalah *interface* geomembran. Perilaku ini menunjukkan bahwa pada tanah lempung faktor kekasaran *interface* mempengaruhi nilai kuat gesernya.

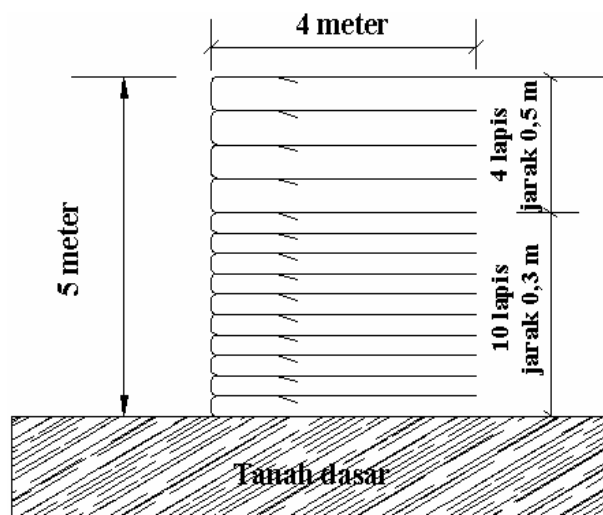
Nilai kohesi yang diperoleh pada tanah lempung yaitu kohesi (c) = 39,6 kN/m^2 dan nilai sudut gesek dalam (ϕ) = 26,6°. Rasio c_a/c untuk jenis geotekstil *woven* berkisar 0,09 ~ 0,26 sedangkan rasio c_a/c untuk *non woven* antara 0,05 ~ 0,39, tetapi untuk geomembran rasio c_a/c yang diperoleh yaitu 0,20. Rasio c_a/c yang diperoleh, nilainya tidak mencapai setengah dari kohesi (c). Ini menunjukkan bahwa nilai kohesi sangat tergantung dari sifat lekatan dari tanahnya. Dengan adanya *interface* maka lekatan itu berkurang dan tergantung pada kekasaran *interface*. Ini menjadi sangat penting dalam pertimbangan untuk perancangan di bidang geoteknik dengan memperhitungkan pengaruh *interface* dalam pengambilan nilai parameter adhesi.

Pada tanah lempung rasio sudut gesek *interface* (δ/ϕ) yang dihasilkan oleh geotekstil *woven* 0,78 ~ 0,95, sedangkan rasio δ/ϕ pada geotekstil *non woven* 0,84 ~ 1,3. Pada geomembran nilai δ/ϕ paling kecil yaitu 0,41. Perbandingan nilai c_a/c dan δ/ϕ untuk lempung kondisi terendam dan tidak terendam air diringkas dalam Tabel 6. Sejalan dengan hasil pada tanah pasir, terlihat bahwa sudut gesek *interface* pada tanah lempung mempunyai nilai kurang dari nilai sudut gesek dalam. Demikian juga nilai adhesi jauh di bawah nilai kohesi tanah lempung. Kondisi air berpengaruh pada perubahan nilai adhesi yang cenderung semakin kecil apabila terendam. Hal ini sejalan dengan konsep tegangan efektif.

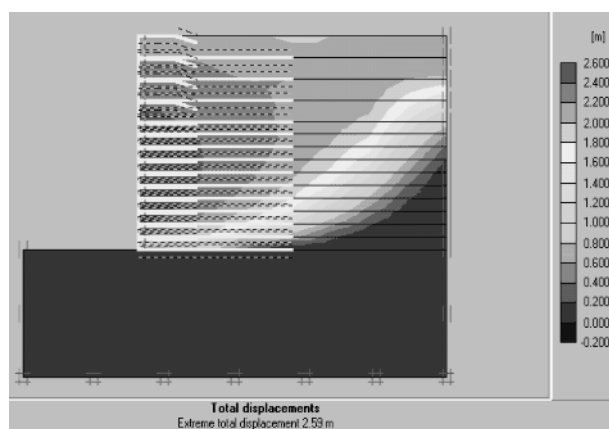
Sebagai contoh simulasi numeris dinding perkuatan tanah dengan geotekstil dan mempertimbangkan pengaruh *interface* ditunjukkan

dalam Gambar 5. Kuat tarik *ultimate* geotekstil (tipe woven BW 250) yang digunakan sebesar 42,5 kN/m. Parameter interface antara tanah dan geotekstil $R_{interface}$ yang dipakai sebesar 0,7.

Berdasarkan hasil simulasi numeris faktor aman untuk dinding perkuatan tanah tersebut sebesar 2,76 dimana angka aman sebelum diperkuat adalah 1,06. Bentuk keruntuhan dinding perkuatan tanah dengan geotekstil seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Aplikasi interface tanah-geotekstil dalam analisis dinding perkuatan.



Gambar 6. Kecenderungan pergerakan tanah saat runtuh pada dinding perkuatan tanah geotekstil dengan faktor aman SF= 2,76.

KESIMPULAN

Tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini menurut sistem USCS termasuk CH, yaitu tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, sedangkan sampel pasir termasuk dalam klasifikasi SP, yaitu pasir halus dengan gradasi buruk. Nilai parameter kuat geser tanah lempung

pada kondisi OMC dan MDD yaitu kohesi (c) = 39,06 kN/m² dan sudut gesek dalam (ϕ) = 26,6°. Nilai parameter sudut gesek dalam pada pasir adalah $\phi = 33,7^\circ$ pada $Dr = 50\%$ dan $38,2^\circ$ pada $Dr = 90\%$.

Parameter δ yang dihasilkan dari *interface* pasir dengan geotekstil *non woven* memiliki nilai yang lebih besar dari parameter δ yang dihasilkan *interface* pasir dengan geotekstil *woven* untuk kondisi dan nilai Dr yang sama. Nilai δ pada *interface* pasir dengan geomembran memiliki nilai yang paling kecil. Rasio δ/ϕ untuk *interface* pasir dengan geotekstil *non woven* berkisar antara 0,8 ~ 1,0. Rasio δ/ϕ untuk *interface* pasir dengan geotekstil *woven* berkisar antara 0,7 ~ 0,8. Rasio δ/ϕ untuk *interface* pasir dengan geomembran berkisar antara 0,6 ~ 0,7. Rasio δ/ϕ untuk pasir pada kondisi terendam air maupun tidak terendam air cenderung tidak berubah.

Nilai c_a dan δ pada *interface* antara lempung dan geotekstil atau geomembran lebih rendah dari nilai parameter kuat geser tanah lempung. Tipe *interface* geomembran (HDPE) mempunyai tegangan geser paling kecil dibandingkan *interface* lainnya, baik pada kondisi terendam maupun tidak terendam. Parameter kuat geser *interface* tanah δ dan c_a dipengaruhi oleh kekasaran permukaan *interface* dan *effective opening size* yang dimiliki *interface*. Pada kondisi terendam, *interface* antara tanah lempung dan geotekstil akan memberikan pengaruh pada nilai rasio c_a/c dan nilai rasio δ/ϕ .

Pengaruh parameter c_a dan δ dalam simulasi numeris diwujudkan dalam nilai parameter $R_{interface}$. Semakin tinggi nilai $R_{interface}$ mengakibatkan menurunnya *displacement*, momen dan gaya geser, sehingga menaikkan nilai faktor aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan atas biaya Dana Masyarakat Fakultas Teknik UGM, untuk itu diucapkan terima kasih. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Laboratorium Mekanika Tanah JTSL FT UGM yang telah membantu pelaksanaan uji. Selain itu juga penulis memberikan apresiasi kepada PT Panca Tetrasa dan PT Geosinindo atas fasilitas penyediaan material geotekstil dan geomembran.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 2003, *Annual Book of ASTM Standards*, Section 4, Vol. 04.08, West Conshohocken.
- Atmatzidis, D.K., Athanasopoulos, G.A., and Papanotonopoulos, C.I., 1994, *Sand-geotextile Interac-*

- tion by Triaxial Compression Testing, 5th Inter. Conf. On Geotextiles, Geomembranes and Related products, Vol. 1, Singapore, pp. 377-380.
- Broms, B.B., 1988, Fabric Reinforced Retaining Walls, *Proceeding of Inter. Geotech. Symp. On Theory and Practice of Earth Reinforcement*, A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 3-31.
- Das, B. M., 2002, *Principles of Geotechnical Engineering*, 5th Ed., PWS Publishing Comp., Boston, USA.
- Day, R.W., 2000, *Geotechnical Engineer's Portable Handbook*, Mc Graw Hill, New York.
- Jewell, R.A., 1996, *Soil Reinforcement with Geotextiles*, CIRIA, London.
- Kharchafi, M. and Dysli, M., 1994, The Mechanical Performance of Two Experimental Full-Scale Embankments Reinforced by Geotextiles, 5th Inter. Conf. On Geotextiles and Geomembranes, Singapore.
- Koseki, J., Tateyama, M., Watanabe, K. & Nakajima, S., 2008, Geosynthetic-Reinforced Soils in Japan and Their Seismic Behavior, *Prosiding PIT-XII HATTI Contributions of Geotechnical Engineering to Sustainable Civil Constructions*, Bandung, Indonesia.
- Liu, C. and Evett, J. B., 2003, *Soil Properties: Testing, Measurement, and Evaluation*, 5th Ed., Prentice Hall, New Jersey.
- Nimmegern, M. and Bush, D., 1991, The Effect of Repeated Traffic Loading on Geosynthetic Reinforcement Anchorage Resistance, *Proceeding of Geosynthetics '91*, Vol. 2, Atlanta, pp. 665-672.
- Plaxis b.v., 2002, *Plaxis: Finite Element Code for Soil and Rock Analysis*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Reddi, L.N., 2003, *Seepage in Soils: Principles and Applications*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Rifa'i, A., 1998, Studi Elemen Interface Model Hiperbolik dan HiSS untuk Analisis dan Desain dalam Geoteknik, *Majalah Media Teknik*, Tahun XX, No.2, Edisi Mei, ISSN 0216-3012, pp. 20-26, Yogyakarta.