

**ANALISIS MODULUS GESER MAKSIMUM TANAH LEMPUNG EKSPANSIF
DENGAN PERKUATAN SERAT IJUK BERDASARKAN METODE EMPIRIS**
*Analysis of Maximum Shear Modulus Expansive Clays
With Strengthening Fibers Based on Empirical Method*

Linawati*, Tri Sulistyowati**, Ismail Hoesain M**

*Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram

**Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram

Email : linawati@gmail.com, trisulistyowati@unram.ac.id, ismailhoesain_m@yahoo.co.id

Abstrak

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopis yang berasal dari pelapukan kimia unsur-unsur penyusun batuan. Tanah lempung umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: daya dukung rendah, kompresibilitas tinggi, ukuran butirannya halus, mempunyai indeks plastisitas (PI) tinggi, kadar air dilapangan relatif tinggi, dan biasanya mengandung bahan-bahan organik. Untuk mengatasi permasalahan rendahnya kuat geser tanah lempung maka dilakukan stabilisasi dan perkuatan tanah dengan menggunakan serat ijuk. Serat ijuk merupakan salah satu serat yang tahan terhadap asam dan garam air laut. Selain itu ijuk tidak mudah busuk baik dalam keadaan terbuka (tahan terhadap cuaca) maupun tertanam dalam tanah, kuat tarik cukup tinggi, murah, dan mudah didapat. Prosentase serat ijuk yang digunakan sebesar 2 %, 4 %, 6 %, 8 % dan 10 % dari berat total tanah. Berdasarkan hasil analisa data diperoleh peningkatan nilai parameter kuat geser (ϕ dan c) tanah lempung ekspansif, peningkatan optimum terjadi pada penambahan serat 6 %. Pada penambahan serat ijuk diatas 6 % terjadi penurunan nilai parameter kuat geser (ϕ dan c) tetapi masih lebih besar dari nilai parameter kuat geser (ϕ dan c) tanah lempung ekspansif tanpa penambahan serat ijuk. Prosentase peningkatan nilai kuat geser tertinggi sebesar 100 % diperoleh pada penambahan 6 % serat ijuk. Berdasarkan pada uji laboratorium, nilai modulus geser tanah (G_{maks}) didapat dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Hardin dan Black (1969), dan dari kurva hubungan antara tegangan regangan pada uji geser langsung. Hasil secara empiris menunjukkan bahwa tanah lempung ekspansif Desa Tanak Awu mempunyai (G_{maks}) berturut-turut adalah = 78,90 kPa; 109,77 kPa; 116,16 kPa; 123,86 kPa; 129,94 kPa; 139,30 kPa, dengan prosentase serat berturut-turut (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%). Sedangkan dari uji geser langsung tanah lempung ekspansif Desa Tanak Awu mempunyai (G_{maks}) berturut-turut adalah = 78,30 kPa; 97,90 kPa; 101,20 kPa; 109,60 kPa; 115,70 kPa; 138,60 kPa, dengan prosentase serat berturut-turut (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%). Jika modulus geser maksimum (G_{maks}) dihubungkan dengan percepatan gempa (a), dan kecepatan gelombang geser (V_s), maka nilai modulus geser secara empiris maupun yang didapat dari uji geser, akan mampu meredam kecepatan gelombang geser yang terjadi. Hal ini dibuktikan dengan kecepatan gelombang geser (V_s) yang diperoleh secara empiris lebih besar dari kecepatan gelombang geser (V_s) dari IISEE, dimana V_s secara empiris berturut-turut 7,711 m/s (0%); 9,097 m/s (2%); 9,358 m/s (4%); 9,663 m/s (6%); 9,894 m/s (8%); 10,246 m/s (10%). Sedangkan V_s dari IISEE 2 – 5 m/s.

Kata kunci : Lempung ekspansif, Serat ijuk, Kuat geser, Modulus geser maksimum, Percepatan gempa.

PENDAHULUAN

Salah satu jenis tanah di desa Tanak Awu Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah adalah tanah lempung ekspansif (*expansive clay*). Tanah lempung ekspansif memiliki warna yang gelap, bau yang khas dan kuat sehingga disebut lempung hitam (*black clay*), selain itu tanah tersebut bersifat kohesif, batas cair tinggi, plastisitas sedang sampai tinggi, dan kompresibilitas tinggi, sehingga daya dukung rendah dan susah dipadatkan. Apabila di atas tanah lempung tersebut didirikan suatu

bangunan, maka kemungkinan *settlement* yang terjadi sangat besar. Untuk meningkatkan kualitas tanah lempung ekspansif, maka metode yang akan dilakukan adalah dengan stabilisasi (Suartini, 1999 dalam Kusuma, 2008).

Wiryan dan kawan-kawan (2008), melakukan penelitian tentang pengaruh pemanfaatan serat ijuk pada kuat tarik campuran semen pasir dan kemungkinan aplikasinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk sebanyak (1 % – 5 %) pada campuran semen-pasir mampu meningkatkan : kuat tarik belah, kuat desak dan ketahanan kejut. Dalam penelitian ini akan digunakan serat ijuk sebagai bahan perkuatan pada tanah lempung ekspansif. Serat ijuk merupakan salah satu serat yang tahan terhadap asam dan garam air laut. Selain itu ijuk tidak mudah busuk baik dalam keadaan terbuka (tahan terhadap cuaca) maupun tertanam dalam tanah, kuat tarik cukup tinggi, murah, dan mudah didapat. Disamping itu sifat ijuk yang mudah menyerap air, dapat mengurangi tekanan air pori yang naik pada waktu terjadi gempa. Sehingga pemanfaatan ijuk sebagai perkuatan khususnya pada tanah lempung diharapkan dapat mengatasi peristiwa likuifaksi (Yelvi dkk, 2011).

Modulus geser tanah adalah salah satu karakteristik dinamis yang umumnya dinyatakan dengan notasi (G). Modulus geser maksimum (G_{maks}) merupakan parameter dinamik yang penting dalam berbagai persoalan dinamika tanah. Parameter ini terutama diperlukan untuk menghitung frekuensi resonansi dan amplitudo getaran pada pondasi, sehingga erat kaitannya dengan gempa bumi. Apabila terjadi gempa bumi, maka faktor tanah sebagai penghantar getaran mempunyai peran yang sangat penting. Interaksi tanah-struktur akibat beban dinamik, menentukan koefisien kekakuan tanah dibawah pondasi dan analisis perambatan gelombang.

Hasil penelitian Kristianto (2011) tentang karakteristik tanah lempung yang dicampur ijuk ditinjau terhadap indeks pemampatan menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk pada kadar air diatas optimum mampu menurunkan indeks pemampatan. Penurunan indeks pemampatan laboratorium dan lapangan pada kadar air 45,098 % masing-masing sebesar 30,89 % dan 12,78 %, sedangkan pada kadar air sebesar 47,082 % terjadi penurunan sebesar 32,72 % dan 36,72 %.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka akan dilakukan penelitian tentang “Analisis Modulus Geser Maksimum Tanah Lempung Ekspansif dengan Perkuatan Serat Ijuk Berdasarkan Metode Empiris”. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental di laboratorium terhadap tanah lempung ekspansif yang distabilisasi dengan ijuk (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%) dengan serangkaian pengujian sifat-sifat fisik dan mekanis. Pengujian sifat-sifat mekanis meliputi: pemadatan, geser langsung dan konsolidasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Kristianto (2011) melakukan penelitian tentang karakteristik tanah lempung yang dicampur ijuk ditinjau terhadap indeks pemampatan menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk pada kadar air diatas optimum mampu menurunkan indeks pemampatan laboratorium dan lapangan pada kadar air 45,098 % masing-masing sebesar 30,89 % dan 12,78 %, sedangkan pada kadar air sebesar 47,082% terjadi penurunan sebesar 32,72 % dan 36,72 %.

Lempung ekspansif akan mengalami penyusutan yang cukup tinggi apabila mengalami penurunan dan sebaliknya (Chen, 1975). Lempung ekspansif memiliki kepekaan yang sangat tinggi terhadap perubahan kadar air. Ekspansifitas tanah lempung dapat dianalisa dengan beberapa metode diantaranya (Chen, 1975).

Tabel 1 memperlihatkan kemungkinan potensi ekspansifitas tanah dari pengumpulan data uji pengembangan pada tanah lempung ekspansif, hubungan antara potensi pengembangan dan indeks plastisitas. Sistem ini didasarkan pada grafik hubungan antara batas cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI). Dari hubungan tersebut dapat diprediksi kandungan mineral tanah.

Tabel 1. Potensi Pengembangan

Potensi Pengembangan	Persen lolos saringan No.200	Batas Cair (LL) (%)	Indeks Plastisitas (%)	N-SPT	Kemungkinan ekspansif (%)	Tekanan Pengembangan (kPa)
Sangat tinggi	> 95	> 60	> 55	> 30	> 10	> 1000
Tinggi	60-95	40-60	20-55	20-30	5-10	250-1000
Sedang	30-60	30-40	10-35	10-20	1-5	150-250
Rendah	<30	<30	0-15	< 18	<1	< 50

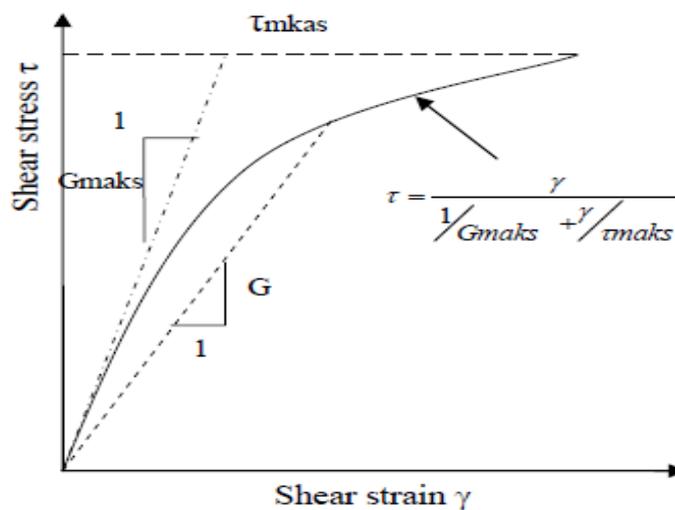
Sumber: Chen, 1975

Kekuatan geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Coulumb (1776) dalam Hardiyatmo (2010), mendefinisikan kekuatan geser tanah (τ) sebagai:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \dots \dots \dots (1)$$

dengan : τ = kuat geser tanah (kg/cm^2), c = kohesi (kg/cm^2), σ = tegangan normal (kg/cm^2), ϕ = sudut geser dalam ($^\circ$)

Modulus geser umumnya dipakai pada masalah getaran untuk memperkirakan amplitudo perpindahan dan frekuensi pondasi. Modulus geser tanah adalah salah satu karakteristik dinamis yang umumnya dinyatakan dengan notasi (G). Nilai modulus geser merupakan perbandingan antara tegangan geser (τ) dengan regangan geser (γ). seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara G/G_{maks} dan regangan geser ε (Hardin & Drenevich (1972)).

Hardin dan Black (1969) mengusulkan suatu rumus yang dipakai untuk menghitung nilai modulus geser maksimum (G_{maks}) untuk tanah lempung sebagai berikut :

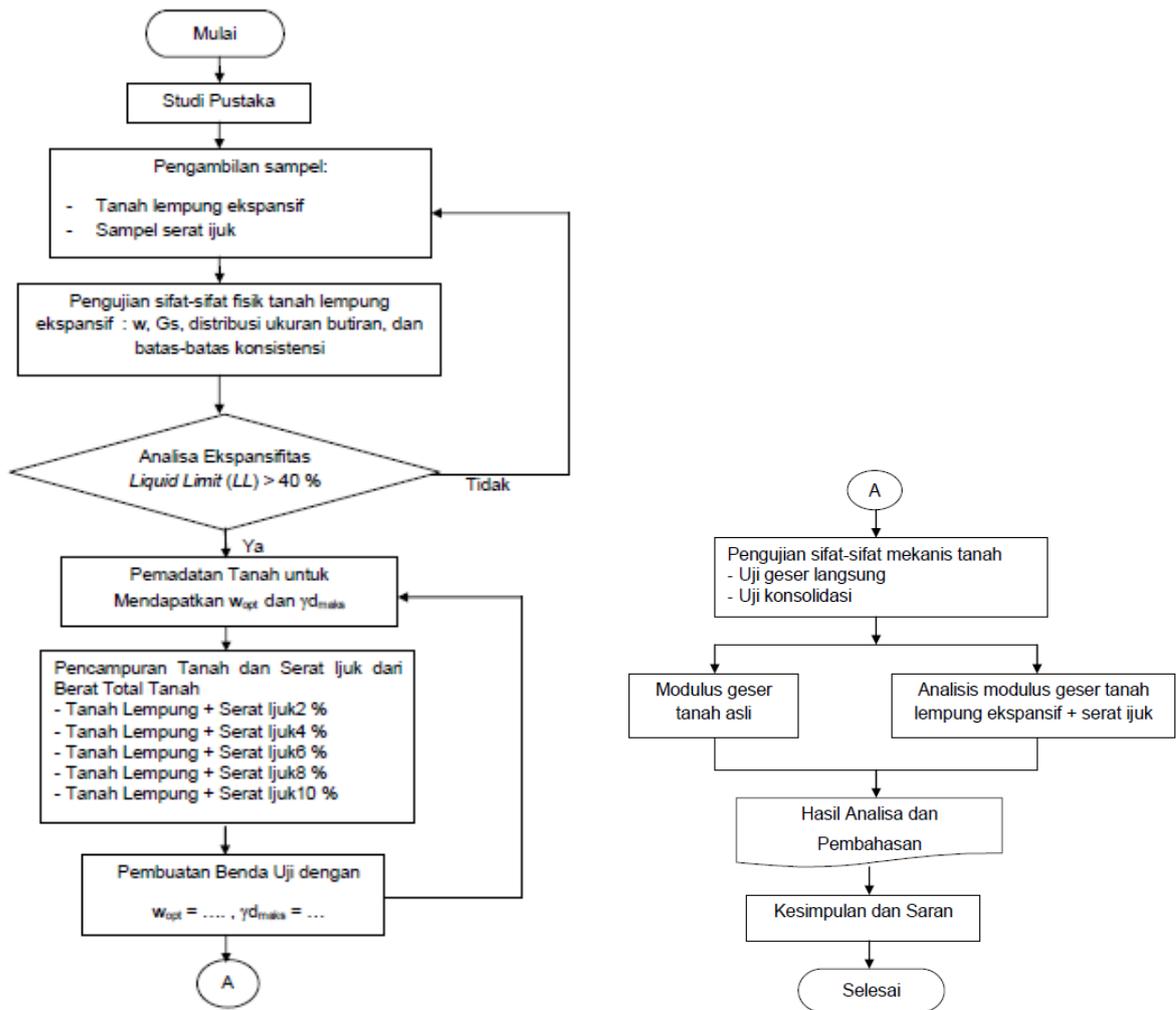
$$G_{maks} = 321 \frac{(2,973-e)^2}{(1+e)} OCR^K Pa^{1-n} \sigma_0^n \dots\dots\dots (2)$$

dengan: G_{maks} = Modulus Geser Maksimum (kg/cm^2), OCR = *Over Consolidated Ratio* (%), e = Angka Pori, σ_0 = Tekanan *Overburden* Efektif (kg/cm^2), K = Koefisien yang nilainya bergantung dari nilai Indeks Plastisitas, yang mana untuk tanah dengan PI sama dengan 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan > 100%, maka nilai k pada persamaan tersebut berturut-turut adalah 0; 0,18; 0,30; 0,41; 0,48; 0,50, $n = 0,5$ (nilai yang sudah menjadi ketetapan), Pa = Tekanan Atmosfir (10^{-5})

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan sampel tanah lempung ekspansif yang diambil dari desa Tanak Awu, Kabupaten Lombok Tengah. Sampel tanah yang diambil adalah tanah terganggu (*disturb soil*). Pengambilan sampel tanah dilakukan secara terganggu (*disturb*), sampel tanah diambil pada kedalaman 1 – 1,5 meter. Sedangkan sampel serat ijuk diambil dari Gunungsari. Penelitian dilaksanakan di laboratorium Geoteknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Pengujian yang dilakukan meliputi uji kadar air, uji berat jenis tanah, uji distribusi ukuran butiran, uji batas-batas konsistensi (uji batas cair, uji batas plastis), uji pemadatan, uji konsolidasi, uji geser langsung. Pembuatan benda uji untuk kuat geser dan uji konsolidasi didasarkan pada nilai kadar air optimum ($w_{optimum}$) dan berat volume kering tanah maksimum (γ_d) yang diperoleh dari hasil uji pemadatan. Analisa ekspansifitas berdasarkan nilai *Liquid Limit*. Apabila nilai *Liquid Limit* lebih kecil dari 40 % artinya belum memenuhi syarat untuk melakukan pengujian ke tahapan selanjutnya, maka pengambilan sampel diulang kembali. Apabila nilai *Liquid Limit* lebih besar dari 40 % artinya sudah memenuhi syarat, maka pengujian dapat dilanjutkan ke tahapan selanjutnya. Pengujian pemadatan tanah dengan menggunakan standar Proctor, untuk mendapatkan nilai kadar air optimum (w_{opt}) dan kepadatan kering maksimum ($\gamma_{d_{maks}}$). Dari nilai tersebut akan digunakan untuk pembuatan benda uji pada pengujian selanjutnya. Pengujian sifat-sifat mekanis tanah lempung ekspansif dengan perkuatan serat ijuk (2%, 4%, 6%, 8%, 10%), meliputi : uji geser langsung dan uji konsolidasi. Bagan alir pengujian secara lebih lengkap disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat fisis tanah dimaksudkan untuk mendapatkan informasi sifat fisik dari sampel tanah. Hasil pengujian karakteristik tanah lempung Desa Tanak Awu secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Karakteristik Tanah Lempung di Desa Tanah Awu

Karakteristik Fisis Tanah	Hasil pengujian
Kadar air tanah asli (%)	48,74
Batas-batas <i>Atterberg</i> :	
1. Batas Cair (%)	113,99
2. Batas Plastis (%)	28,59
3. Indeks Plastisitas (%)	85,40
Distribusi Butiran Tanah :	
1. Butiran lolos saringan No.200 (%)	86,40
2. Persentase Lempung (%)	49,75
3. Persentase Lanau (%)	36,65
4. Persentase Pasir (%)	13,60
<i>Specific Gravity</i> (%)	2,72
Klasifikasi Menurut USCS	CH
Klasifikasi Menurut AASHTO	A-7-6

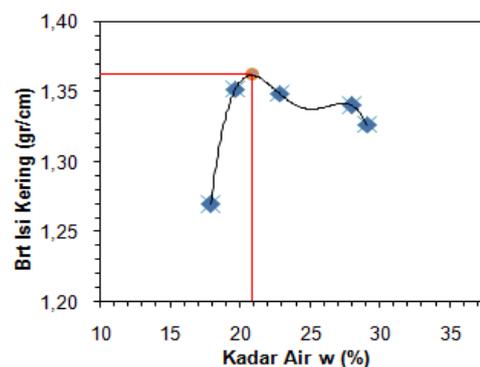
Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar air sampel tanah asli didapatkan kadar air rata-rata tanah asli sebesar 48,74 %. Nilai berat jenis (G_s) sampel tanah adalah sebesar 2,72. Berdasarkan nilai G_s ini maka sampel tanah termasuk golongan lempung anorganik dan mengandung mineral *motmorillonite*. Dari hasil pengujian batas-batas plastis diperoleh nilai batas cair (LL) = 113,99%, batas plastis (PL) = 28,59%, indeks plastisitas (PI) = 85,40%. Tanah ini merupakan tanah lempung kohesif dengan sifat plastisitas tinggi karena mempunyai nilai Indeks Plastisitas (PI) = 85,40% > 17%. Dari hasil uji distribusi ukuran butiran tanah diperoleh prosentase butiran pasir = 13,60%, lanau = 36,65% dan lempung = 49,75%. Berdasarkan klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) tanah yang lolos saringan no. 200 = 86,40% ($\geq 50\%$) maka termasuk tanah berbutir halus. Berdasarkan diagram plastisitas (ASTM-*Designation D-2488*), tanah lempung diklasifikasikan ke dalam jenis CH yaitu lempung dengan plastisitas tinggi. Sedangkan berdasarkan klasifikasi Standart AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*), sampel tanah termasuk dalam kelompok A-7-6 yaitu tanah berlempung dengan penilaian sedang sampai buruk, karena butiran tanah lolos saringan No. 200 > 35 % dan memiliki Indeks Plastisitas (PI) > 30 %.

Berdasarkan nilai *Liquid Limit (LL)*, dan persentase lolos saringan nomor 200, seperti terlihat pada Tabel 3, dan dihubungkan dengan hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah lempung (Tabel 2) menunjukkan bahwa tanah lempung di Desa Tanak Awu merupakan tanah ekspansif dengan derajat pengembangan tinggi sampai sangat tinggi.

Tabel 3. Hasil Analisa Ekspansifitas Tanah Lempung Tanak Awu

Parameter Tanah	Berdasarkan Penelitian Chen		Hasil Penelitian Tanah Asli
	Tinjauan 1	Tinjauan 2	
Lolos saringan No.200 (%)	60-95	-	86,40
<i>Liquid Limit (%)</i>	-	> 60	113,99
Derajat Pengembangan	Tinggi	Sangat Tinggi	Tinggi-Sangat Tinggi

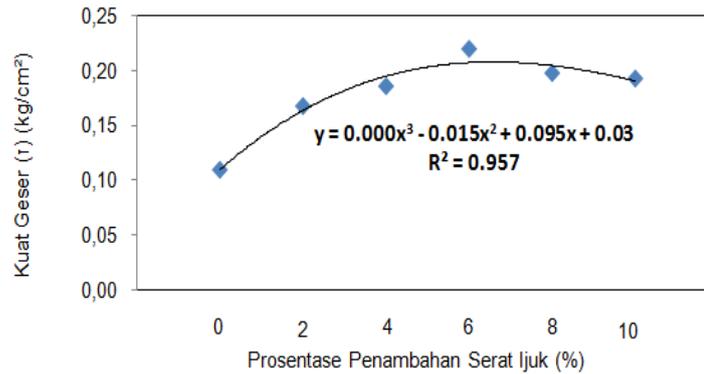
Dari hasil pemadatan diperoleh kadar air optimum sebesar 21,10 % dan berat volume kering tanah maksimum ($\gamma_{d_{maks}}$) sebesar 1,36 gr/cm^3 . Dilihat dari bentuk grafik hasil pemadatan maka grafik termasuk tipe B dimana kurva menyerupai huruf S pada arah mendatar (satu dan setengah puncak). Untuk lebih jelasnya grafik hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil pengujian kuat geser tanah yang dipadatkan dengan $w_{optimum} = 21,10\%$ dan $\gamma_{d_{maks}} = 1,363 \text{ gram}/\text{cm}^3$ disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 4.



Gambar 3. Kurva hubungan kadar air dengan berat volume kering tanah

Tabel 4. Nilai Kuat Geser (τ) Berdasarkan Nilai Kohesi dan Sudut Geser

Campuran Bahan	Kohesi (c) (kg/cm ²)	Sudut geser ($^{\circ}$)	Kuat Geser (τ) (kg/cm ²)	Prosentase Peningkatan (%)
Tanah asli	0,10	8	0,110	-
Tanah + 2 % Serat	0,12	34	0,168	52,73
Tanah + 4 % Serat	0,13	38	0,186	69,09
Tanah + 6 % Serat	0,16	40	0,220	100
Tanah + 8 % Serat	0,15	34	0,198	80
Tanah + 10 % Serat	0,15	31	0,193	75,45



Gambar 4. Grafik hubungan penambahan serat ijuk terhadap nilai kuat geser tanah lempung ekspansif

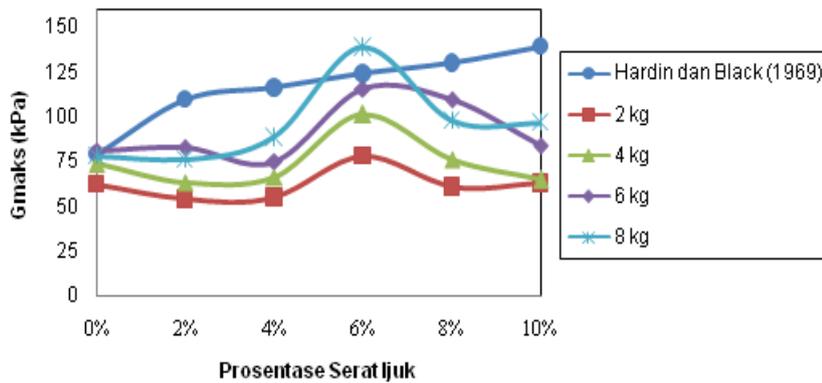
Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa dengan adanya peningkatan nilai kohesi (c) dan penurunan sudut geser (ϕ) dapat meningkatkan nilai kuat geser tanah (τ). Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk pada tanah lempung yang dipadatkan pada kedalaman 1,5 m dapat meningkatkan nilai kuat geser pada tanah asli (0,110 kg/cm²). Selisih peningkatan nilai kuat geser (τ) pada penambahan serat tertinggi sebesar 100 % pada penambahan serat 6 %. Peningkatan nilai kuat geser (τ) optimum terjadi pada penambahan serat ijuk 6 %. Pada penambahan serat ijuk diatas 6 % terjadi penurunan nilai kuat geser (τ) tetapi masih lebih besar dari nilai kuat geser tanah tanpa penambahan serat ijuk. Hal ini dikarenakan semakin banyak kadar serat ijuk yang digunakan mengakibatkan terdapatnya rongga-rongga diantara serat ijuk dan tanah sehingga gesekan antara tanah akan berkurang. Akibatnya ketika tanah diberikan beban maka akan terjadi penurunan kekuatan.

Pengujian konsolidasi dilakukan pada tanah lempung yang sudah dipadatkan dengan kadar air optimum ($w_{optimum}$) = 21,10% dan berat volume tanah kering maksimum ($\gamma_{d_{maks}}$) = 1,363 gr/cm³. Besarnya nilai OCR (*Over Consolidation Ratio*) dari hasil uji konsolidasi untuk tanah tak terganggu (*undisturb*) dengan pencampuran serat ijuk akan diperoleh nilai yang semakin besar, sehingga semakin besar nilai OCR maka akan memberikan nilai modulus geser maksimum semakin besar pula.

Penentuan nilai modulus geser maksimum tanah lempung ekspansif adalah dengan menggunakan persamaan empiris yang dikembangkan oleh Hardin & Black (1969), dan dari uji geser langsung. Adapun rekapitulasi nilai modulus geser maksimum (G_{maks}) berdasarkan persamaan empiris yang digunakan dan uji laboratorium berdasarkan kurva tegangan-regangan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Nilai modulus geser maksimum hasil uji laboratorium dan persamaan empiris

Modulus Geser Maksimum pada Kurva Tegangan-Regangan Uji Geser Langsung Tanah Lempung Ekspansif Desa Tanak Awu					Modulus Geser Maksimum dengan Menggunakan Persamaan Empiris Tanah Lempung Ekspansif Desa Tanak Awu			
Penambahan Serat Ijuk	2 kg (kPa)	4 kg (kPa)	6 kg (kPa)	8 kg (kPa)	Penambahan Serat Ijuk	Hardin dan Black (1969) (kPa)		
						Pers. 1	Pers. 2	Pers. 3
0 % Serat	62,40	73,70	81,00	78,30	0 % Serat	95637	78,93	250340
2 % Serat	54,00	63,20	83,00	76,20	2 % Serat	133007	109,77	348268
4 % Serat	54,80	66,10	75,00	88,50	4 % Serat	140753	116,16	368556
6 % Serat	78,00	101,20	115,70	138,60	6 % Serat	150089	123,87	393005
8 % Serat	60,80	76,00	109,60	97,90	8 % Serat	157452	129,94	412289
10 % Serat	62,90	64,70	84,20	96,60	10 % Serat	168794	139,30	441984



Gambar 5. Modulus geser maksimum (G_{maks}) berdasarkan kurva tegangan-regangan uji geser langsung dan berdasarkan persamaan empiris yang dikembangkan Hardin & Black (1969)

Modulus geser ini merupakan salah satu parameter dinamis tanah, sehingga berkaitan dengan masalah gempa. Pada penelitian ini, nilai modulus geser akan dihubungkan dengan percepatan gempa (a), dan kecepatan gelombang geser (V_s), dan akan dibandingkan dengan V_s yang didapat dari program Puskim. Adapun perbandingan antara percepatan yang diperoleh berdasarkan Puskim Desa Tanak Awu dengan nilai kecepatan gelombang geser (V_s), T_s , Modulus geser maksimum dan percepatan puncak batuan dasar (PGA) berdasarkan persamaan empiris adalah sebagai berikut:

Tabel 6 Hubungan V_s pengujian dan V_s IISEE berdasarkan nilai G_{maks} Hardin & Black (1969)

Campuran Serat	G_{maks} (m/s^2)	Analisis data			Data Puskim		Keterangan	Kontrol	
		V_s		T_s	IISEE & MCE V_s	PGA			
		m/s	gal (g)	s					gal (g)
0 % Serat	$0,789 \times 10^7$	7,711	771,1	0,519	2 - 5	0,421	0,00421	$V_s > V_s$ IISEE	Aman
2 % Serat	$1,098 \times 10^7$	9,097	909,7	0,439		0,421	0,00421	$V_s > V_s$ IISEE	Aman
4 % Serat	$1,162 \times 10^7$	9,358	935,8	0,427		0,421	0,00421	$V_s > V_s$ IISEE	Aman
6 % Serat	$1,239 \times 10^7$	9,663	966,3	0,414		0,421	0,00421	$V_s > V_s$ IISEE	Aman
8 % Serat	$1,299 \times 10^7$	9,894	989,4	0,404		0,421	0,00421	$V_s > V_s$ IISEE	Aman
10 % Serat	$1,393 \times 10^7$	10,246	1024,6	0,390		0,421	0,00421	$V_s > V_s$ IISEE	Aman

Nilai modulus geser maksimum (G_{maks}) berdasarkan persamaan empiris yang dikembangkan oleh Hardin dan Black (1968) sebesar $0,789 \times 10^7$ g/m² diperoleh nilai kecepatan gelombang geser sebesar 7,711 m/det pada tanah asli (0 % serat), semakin tinggi nilai modulus geser maksimum (G_{maks}) dengan adanya penambahan serat ijuk maka akan semakin besar nilai kecepatan gelombang

geser (V_s). Jadi, dapat disimpulkan bahwa dengan nilai modulus geser maksimum (G_{maks}) berdasarkan persamaan empiris yang dikembangkan oleh Hardin dan Black (1969) dapat meredam gempa bumi pada tanah lunak, nilai kecepatan gelombang geser akan semakin meningkat, namun periode getar tanah yang diberikan akan semakin kecil.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Sampel tanah desa Tanak Awu memiliki kadar air sebesar 48,74 %, batas cair (LL) sebesar 113,99 %, batas plastis (PL) sebesar 28,59 %, indeks plastisitas (IP) sebesar 85,40 % serta berat jenis tanah (*specific gravity*) sebesar 2,72. Menurut klasifikasi tanah AASHTO termasuk kelompok A-7-6 yaitu tanah berlempung dengan kondisi kuat dukung kurang baik hingga buruk, sedangkan menurut klasifikasi USCS merupakan lempung non organik dengan plastisitas tinggi (CH).
2. Berdasarkan analisa ekspansifitas tanah menurut Chen (1975), tanah tersebut tergolong tanah dengan derajat ekspansifitas yang tinggi sampai sangat tinggi. Karena prosentase lolos saringan No. 200 pada rentang 60 % - 95 % (86,40 %) dan nilai *Liquid Limit* (LL) > 60 % (113,99 %). Dari hasil pengujian pemadatan diperoleh nilai kadar air optimum ($W_{optimum}$) = 21,10 % dan berat volume kering maksimum (γ_d maks) sebesar 1,363 gram/cm³.
3. Penambahan serat ijuk dapat meningkatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ). Hal ini dikarenakan serat ijuk berfungsi menahan gesekan yang terjadi. Semakin tinggi prosentase penambahan serat ijuk maka serat ijuk akan terdispersi beraturan sehingga mampu mengikat butiran-butiran halus tanah. Penambahan serat ijuk juga mengakibatkan adanya gesekan dengan butiran tanah sehingga nilai kohesi (c) mengalami peningkatan. Peningkatan nilai kuat geser tanah tertinggi sebesar 100 %. Prosentase penambahan serat ijuk yang efektif sebesar 6 %.
4. Nilai modulus geser tanah (G_{maks}) menggunakan rumus Hardin dan Black (1969), adalah (G_{maks}) = 0,789 kg/cm² atau 78,93 kPa untuk tanah tanpa campuran serat (0%). Penambahan serat ijuk dapat meningkatkan nilai OCR (*over consolidation ratio*), dan angka pori tanah semakin kecil, sehingga nilai modulus geser maksimum tanah semakin besar. Jika modulus geser maksimum (G_{maks}) dihubungkan dengan percepatan gempa (a), dan kecepatan gelombang geser (V_s), maka nilai modulus geser secara empiris maupun yang didapat dari uji geser, akan mampu meredam kecepatan gelombang geser yang terjadi. Hal ini dibuktikan dengan kecepatan gelombang geser (V_s) yang diperoleh secara empiris lebih besar dari kecepatan gelombang geser (V_s) dari IISEE, dimana V_s secara empiris berturut-turut 7,711 m/s (0%); 9,097 m/s (2%); 9,358 m/s (4%); 9,663 m/s (6%); 9,894 m/s (8%); 10,246 m/s (10%). Sedangkan V_s dari IISEE 2 – 5 m/s.

Saran

1. Untuk memperoleh hasil yang lebih baik dan lebih akurat, maka sangat dibutuhkan ketelitian dalam pelaksanaan penelitian, baik persiapan sampel, pengujian (ketelitian dalam pembacaan dial), maupun pengolahan data.

2. Karena pengujian ini hanya meneliti pengaruh prosentase penambahan serat ijuk terhadap parameter konsolidasi, kuat geser tanah dan terhadap nilai parameter modulus geser tanah, maka untuk penelitian selanjutnya bisa juga diteliti tentang pengaruh ukuran serat ijuk terhadap parameter konsolidasi dan kuat geser tanah lempung.
3. Penelitian dapat dicoba dengan mencampur serat ijuk dengan penambahan bahan lainya (semen, *gypsum*, abu sekam padi dan lain-lain) untuk lebih meningkatkan nilai parameter konsolidasi maupun kuat geser tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2012). Panduan Praktikum Mekanika Tanah. Laboratorium Geoteknik. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Mataram.
- Ariestianty, S., K, Taha, M., R, Nayan, K., A., M, dan Chik, Z. (2009). Penentuan Modulus Geser Tanah Menggunakan Metode Analisis Multi-channel Gelombang Permukaan. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 12(2), 185-198.
- Bowles, J., E. (1985). Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Das, B., M. (1998). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik). Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H., C. (2010). Mekanika Tanah 1 dan 2. Gadjah Mada University Press.
- Lambe, W. (1968). Soil Mechanics. SI Version. University of Sydney.
- Nisak, B. (2010). Ekspansifitas Tanah Lempung Bandara Internasional Lombok dan Bentonit Menggunakan Alat Oedometer. Tugas Akhir : Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Mataram.
- Sudarmadji, I, Khomariyah, S, dan Nugroho, E. (2005). Studi Eksperimental di Laboratorium Tentang Nilai Modulus Geser Berdasarkan Metode Hardin dan Black serta Menard, *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 31-46.
- Sulistyowati, T, dan Muchtaranda, I., H. (2013). Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Kekuatan Daya Dukung dan Pola Keruntuhan Pondasi Akibat Pembebanan Statis dan Dinamis Pada Tanah Pasir dan Tanah Lempung Ekspansif. Penelitian Hibah Bersaing Teknik Sipil. Universitas Mataram.
- Purwanto, E. (2005), Nilai Modulus Geser Tanah Berdasarkan Rumus Hardin dan Drnevich (1972) dari Uji Laboratorium, *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 16(3), 279-290.
- Puskim. (2011). Aplikasi Desain Spektra (Data Sekunder). Indonesia.
- Wangsadinata, W. (2002). Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung. SNI-1726-2002. Jakarta.
- Yelvi, Suardi, E, Partawijaya, Y, dan Lusyana. (2011). Tinjauan Perilaku Perkuatan Pasir Menggunakan Ijuk Terhadap Pemodelan Likuifaksi. *Jurnal Poli Rekayasa*, 7(1), 64-72.