

## MODULUS GESER MATERIAL ENDAPAN BILI-BILI SEBAGAI BAHAN LAPIS PONDASI JALAN DENGAN MODEL BUCKET GEOGRID

St. Hijraini Nur<sup>1</sup>, Abd. Rahman Djameluddin<sup>2</sup> dan Syahrin Mubarak<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin  
Makassar, Sulawesi Selatan

### Abstrak

*Bencana longsor pada tahun 2005 di bukit Kaldera Bawakaraeng menghasilkan sejumlah besar sedimen di daerah hulu Sungai Jeneberang, sehingga diperlukan usaha pengerukan untuk menghindari kerusakan pada infrastruktur disekitarnya. Material sirtu yang mengendap di bendungan Bili-bili merupakan material yang terdapat pada daerah aliran sungai Jeneberang dan selama ini telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi jalan dan bangunan. Salah satu lapisan yang berperan dalam menentukan kualitas jalan adalah lapisan pondasi jalan. Jika beban lalu lintas yang diterima oleh lapisan perkerasan jalan terlalu besar akan menyebabkan terjadi deformasi pada lapisan pondasi yang menjadi penyebab kerusakan jalan. Sehingga pada penelitian ini akan dicoba memperkuat lapis pondasi jalan dengan model bucket geogrid dengan mengidentifikasi nilai modulus geser sirtu Bili-bili yang tidak diperkuat dan diperkuat oleh bucket geogrid menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Menard (1965). Modulus geser adalah salah satu karakteristik dinamis untuk menentukan kekakuan suatu material. Penelitian ini bersifat eksperimental dengan dimensi bucket geogrid yang berbentuk silinder berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Penelitian ini dibuat dengan 2 jenis variasi sampel dengan 3 jenis kepadatan yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian modulus geser dari sirtu Bili-bili yang diperkuat dengan model bucket geogrid lebih besar (6,6 s.d 7,5 MPa) dibandingkan dengan modulus geser yang tanpa perkuatan bucket geogrid (5,1 s.d 4,4 MPa).*

**Kata kunci:** Geogrid, Material Endapan Bili-bili, Modulus Geser, Perkuatan.

### PENDAHULUAN

Sarana infrastruktur jalan mempunyai peran yang sangat penting untuk menunjang pertumbuhan ekonomi masyarakat dalam memenuhi kebutuhan, baik untuk pendistribusian barang maupun jasa. Karena pentingnya peranan jalan maka kondisi jalan yang baik akan sangat mempengaruhi kelancaran dan kenyamanan pengguna. Kondisi jalan yang baik sangat dipengaruhi oleh lapisan-lapisan penyusun jalan itu sendiri. Pada struktur jalan, lapisan perkerasan jalan terdiri dari lapisan permukaan (*surface*), lapisan pondasi (*base* atau *subbase*) dan lapisan tanah dasar (*subgrade*).

Salah satu lapisan konstruksi perkerasan jalan yang penting adalah lapis pondasi jalan dimana lapisan ini merupakan bantalan terhadap lapisan permukaan, lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah serta menahan dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.

Material endapan Bili-bili merupakan material yang terdapat pada Daerah aliran sungai Jeneberang dan selama ini telah banyak di dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi jalan dan bangunan. Samang.,2007 mengemukakan bahwa dalam 10 tahun terakhir, masalah sedimentasi di sungai Jeneberang diperparah dengan terjadinya reruntuhan di Gunung Bawakaraeng, salah satu pegunungan tertinggi di Sulawesi Selatan yang terletak di hulu Sungai Jeneberang. Terakhir kali pada Juli 2005, bukit kaldera Bawakaraeng telah hancur dan menciptakan bencana longsor yang menghasilkan sejumlah besar sedimen di daerah hulu Sungai Jeneberang. Sehingga diperlukan usaha pengerukan untuk menghindari kerusakan pada infrastruktur disekitarnya. Bahan pengerukan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi jalan dan bangunan. Metode perkuatan tanah (*soil reinforcement*) berkembang dengan pesat dengan digunakannya geosintetik. Salah satunya adalah bahan yang sudah banyak digunakan di Indonesia yakni geogrid. Geogrid adalah perkuatan dengan sistem anyaman. Geogrid berupa lembaran berongga dari bahan *polypropylene*, *polyethylene* dan *polyester* atau material *polymer* yang mempunyai bukaan yang

cukup besar, dan kekakuan yang baik. Pemanfaatan geogrid sebagai bahan perkuatan tanah pada konstruksi jalan pada umumnya dilakukan dengan mekanisme penghamparan, dimana geogrid di gelar di atas lapisan tanah dasar dan *subbase*. Sehingga dicoba untuk melakukan perkuatan dengan geogrid yang di modelkan menyerupai bentuk keranjang (*bucket*). Diharapkan dengan model perkuatan tersebut dapat diketahui nilai modulus geser (G) sebagai salah satu upaya untuk memperkuat lapis pondasi jalan dan dapat digunakan sebagai salah satu parameter dalam membuat suatu perencanaan dalam hal ini perencanaan perkerasan jalan sehingga dapat mengurangi resiko kerusakan jalan yang diakibatkan oleh besarnya beban lalu lintas. Dari uraian diatas maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Menentukan karakteristik material sirtu Bili-bili.
2. Menentukan modulus geser dari material sirtu Bili - bili yang diperkuat dengan *bucket* geogrid.

### Geotekstil

Geotekstil adalah suatu material yang berbentuk karpet atau kain. umumnya material geotekstil terbuat dari bahan polimer *polyester (PET)* atau *polypropylene (PP)*. Geotekstile terbagi 2 jenis bahan lulus air dari anyaman (*woven*) atau tanpa anyaman (*non-woven*) dari benang-benang atau serat- serat sintetik.

Fungsi geotekstil, dalam hal ini sebagai tulangan, pemisah atau drainase. Bila timbunan terletak pada tanah lunak, deformasi yang berlebihan menyebabkan timbunan mengalami defleksi. Defleksi pada tubuh timbunan yang terjadi dapat merusak bangunan di atasnya.

### Geogrid

Geogrid merupakan pengembangan dari teknologi Geosintetik yang dikenal dengan nama geotekstil. Geogrid sendiri adalah inovasi yang dibuat untuk menutupi kekurangan pada geotekstil. Terutama masalah kekakuan bahan dan mekanisme perkuatan. Suatu hal yang tidak dimiliki geotekstil, namun geogrid dapat menyediakannya. Sebagai gambaran, terkait dengan kekakuan bahan, geogrid memiliki kekakuan bahan yang lebih tinggi dibandingkan geotekstil.

Geogrid adalah salah satu jenis material geosintetik yang mempunyai bukaan yang cukup besar, dan kekakuan yang lebih baik dibanding geotekstil. Material dasar geogrid bisa berupa : *polyphpropylene*, *polyethilene* dan *polyesther* atau material polymer yang lain. Fungsi geogrid adalah sebagai bahan geosintetik yang berfungsi sebagai perkuatan dan stabilisasi tanah. Berdasarkan bentuk bukaannya (*aperture*), maka geogrid bisa dibagi menjadi 3 jenis, yaitu: Geogrid *Uni-Axial*, Geogrid *Bi-Axial*, dan Geogrid *Triax*.



Gambar 1. Geogrid yang dipergunakan dalam pengujian

### Karakteristik Material Sirtu

Sirtu adalah singkatan dari pasir batu, karena komposisi ukuran butir yang tidak seragam. Sirtu terjadi karena akumulasi pasir dan batuan yang terendapkan di daerah-daerah relatif rendah atau lembah. Sirtu yang terdapat di beberapa wilayah umumnya berasal dari pasir dan batuan gunungapi, bersifat andesitik dan sering bercampur dengan pasir batu apung.

Dalam pemakaiannya dilapangan, berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan oleh Kementerian PU Direktorat Jenderal Bina Marga pada tahun 2010 untuk konstruksi jalan, sirtu / agregat terbagi dalam 3 kelas yaitu material kelas A, B dan S dengan persyaratan yang berbeda. Sesuai dengan pemakaiannya sirtu yang ada harus memenuhi persyaratan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut ini.

**Tabel 1. Gradasi Lapis Pondasi Agregat (Spesifikasi 2010)**

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas S
2"	50		100	
1 1/2"	37,5	100	88 - 95	
1"	25,0	79 - 85	70 - 85	89 - 100
3/8"	9,50	44 - 58	30 - 65	55 - 90
No.4	4,75	29 - 44	25 - 55	40 - 75
No.10	2,0	17 - 30	15 - 40	26 - 59
No.40	0,425	7 - 17	8 - 20	12 - 33
No.200	0,075	2 - 8	2 - 8	4 - 22

**Tabel 2. Sifat-sifat Lapis Pondasi Agregat (Spesifikasi 2010)**

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas S
2"	50		100	
1 1/2"	37,5	100	88 - 95	
1"	25,0	79 - 85	70 - 85	89 - 100
3/8"	9,50	44 - 58	30 - 65	55 - 90
No.4	4,75	29 - 44	25 - 55	40 - 75
No.10	2,0	17 - 30	15 - 40	26 - 59
No.40	0,425	7 - 17	8 - 20	12 - 33
No.200	0,075	2 - 8	2 - 8	4 - 22

### METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan sirtu yang mengendap pada bendungan Bili-bili yang kemudian di uji karakteristik fisik dan mekanisnya. Kemudian Sampel sirtu yang akan di uji dibagi dalam dua variasi model. Untuk sampel 1 sirtu dibungkus dengan geotekstil kemudian dilapisi dengan geogrid, sedangkan sampel 2 sirtu hanya dibungkus dengan geotekstil. Sampel dibuat dengan perbandingan b/h = 0.5 dengan lebar 15 cm dan tinggi 30 cm. Sedangkan untuk kepadatan lapisan sirtu dibagi dalam 3 variasi yaitu : Kepadatan 85% = A, Kepadatan 90 % = B, Kepadatan 95 % = C. Pemeriksaan nilai G ( modulus geser ) dari sampel 1 dan 2 dilakukan dengan pengujian kuat tekan bebas, dimana sampel diletakkan pada alat UTM (*Universal Testing Machine*) dan LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) 4 buah untuk mengetahui besarnya lendutan pada sampel. Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui Modulus Geser yang dikembangkan oleh Menard (1965) adalah sebagai berikut :

$$G_{maks} = \frac{E_{maks}}{2x(1+v)} \quad (1)$$

Dimana :

E maks : Modulus tegangan – regangan maksimum

v : Poisson Ratio

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Propertis Sirtu

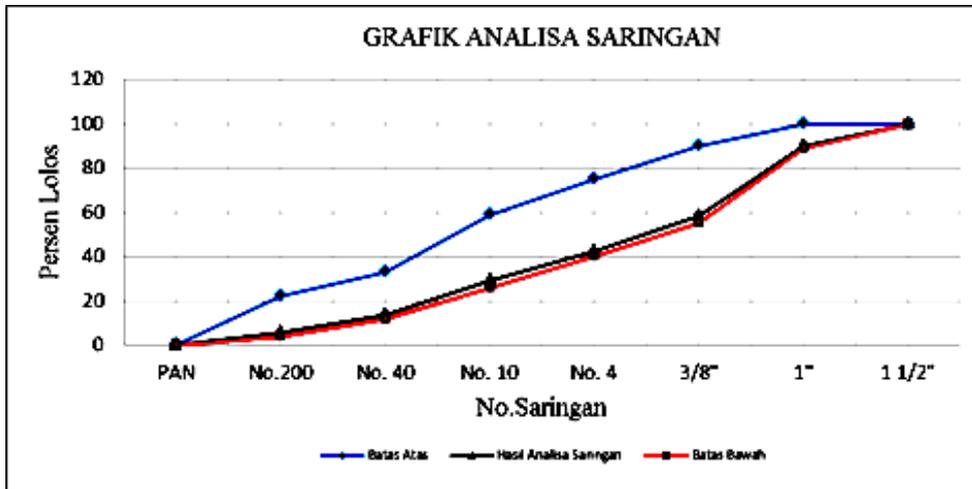
Data propertis sirtu yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Propertis Sirtu**

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
1	Kadar Air	6,22 %
2	Berat Jenis Agregat Kasar	
	• BJ Bulk	2,46
	• BJ SSD	2,53
	• BJ Semu	2,65
3	Penyerapan	3,02 %
4	Kompaksi	w <sub>opt</sub> = 11,60 % γ <sub>dry</sub> = 2,05 gr/cm <sup>3</sup>
5	CBR	16,1 %

**Pemeriksaan Gradasi Gabungan**

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Untuk menentukan nilai gradasi diperlukan nilai analisa saringan dari persentase berat butiran yang tertinggal atau lolos dari suatu susunan ayakan sesuai dengan ukuran yang disyaratkan. Adapun hasil dari pemeriksaan gradasi gabungan dari sirtu Bili-bili adalah sebagai berikut.



**Gambar 2. Grafik Analisa Saringan**

Dari grafik di atas terlihat bahwa hasil dari analisa saringan material sirtu Bili-bili memenuhi persyaratan sebagai lapis pondasi kelas S berdasarkan spesifikasi umum 2010 yang dikeluarkan Kementerian PU Direktorat Jenderal Bina Marga.

**Spesifikasi Geotekstil**

Geotekstil yang digunakan dalam penelitian jenis geotekstil woven (anyaman) dengan tipe UW 200. Adapun parameter dalam geotekstil dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Spesifikasi Teknis Geotekstil (PT.Geosistem Surabaya)**

No	Uraian	Satuan	UW 200
1	<b>Sifat Fisik</b>		
	Massa	gr/m <sup>2</sup>	200
	Ketebalan	mm	0,6
	Warna		Hitam
2	<b>Sifat Mekanis</b>		
	Kuat Tarik Pita	KN/m	42/39
	Perpanjangan Pada Beban max	%	20/20
	Kuat Tarik Grap	N	1600/1600
	Kekuatan sobek	N	700/700
3	<b>Sifat Hidrolik</b>		
	Ukuran pori	µm	275
	Permeabilitas	l/m <sup>2</sup> /sec	16

**Spesifikasi Geogrid**

Geogrid yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis geogrid biaxial dengan tipe GG1515. Adapun parameter dalam geogrid dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Spesifikasi Geogrid tipe GG 1515  
 (PT.Geosistem Surabaya)**

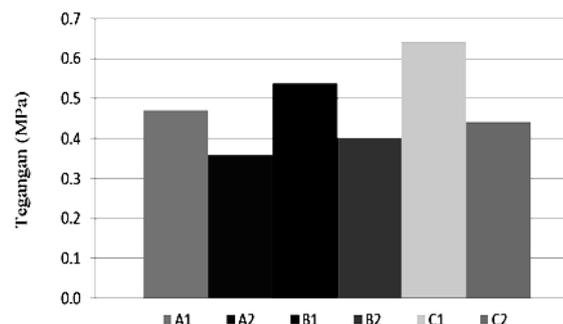
No	Uraian	Satuan	GG
			1515
1	<b>Indeks properti</b>		
	Polimer	-	PP
	Volume Carbon Hitam	%	2
	Kuat Tarik @ 2% Regangan	kN/m	5
	Kuat Tarik @ 5% Regangan	kN/m	7
	Kuat Tarik Maksimum	kN/m	15
	Regangan @ Kuat Maksimum	%	13
	Efisiensi Persimpangan	%	93
	Kekakuan Lentur	mg-cm	700
Stabilitas Buakan	mm-N/deg	646	
2	<b>Dimensi</b>		
	Lebar Gulungan	m	3,95
	Panjang Gulungan	m	50
	Berat Gulungan	kg	39

### Hasil Pengujian UCT

Pengujian UCT dilakukan untuk mengetahui tegangan dan regangan dari sampel. Dari tegangan dan regangan tersebut akan didapatkan nilai dari modulus elastisitas dan nilai *poisson ratio* yang akan digunakan sebagai parameter untuk mendapatkan nilai modulus geser dari sampel, dengan keterangan sampel sebagai berikut :

- A1 = Kepadatan 85% dengan perkuatan geogrid
- B1 = Kepadatan 90% dengan perkuatan geogrid
- C1 = Kepadatan 95% dengan perkuatan geogrid
- A2 = Kepadatan 85% tanpa perkuatan geogrid
- B2 = Kepadatan 90% tanpa perkuatan geogrid
- C2 = Kepadatan 95% tanpa perkuatan geogrid

### Pemeriksaan UCS

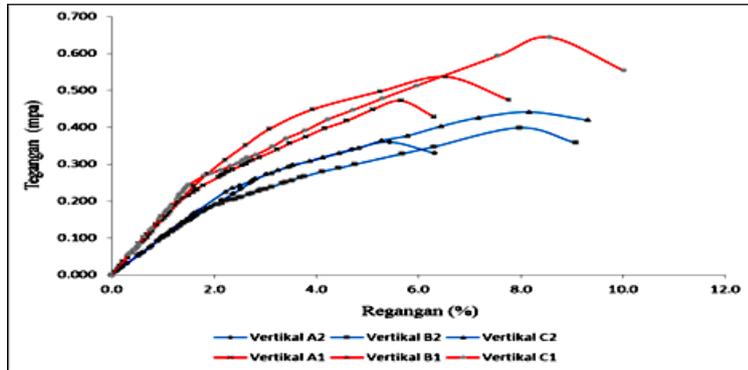


**Gambar 3. Nilai Tegangan Maksimum Tiap Sampel**

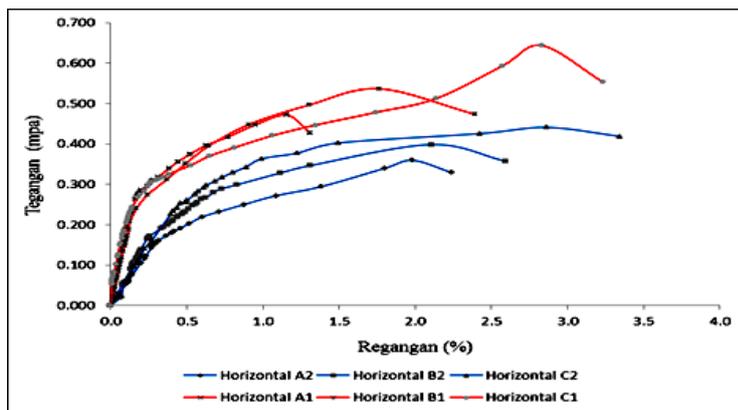
Berdasarkan gambar di atas diketahui bahwa nilai tegangan maksimum sampel A1 sebesar 0,472 MPa, sampel B1 sebesar 0,537 MPa dan sampel C1 sebesar 0,644 MPa. Sedangkan nilai tegangan maksimum untuk sampel A2 sebesar 0,36 MPa, sampel B2 sebesar 0,4 MPa dan sampel C2 sebesar 0,441 MPa. Terlihat bahwa sampel yang diperkuat oleh geogrid memiliki tegangan maksimum yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang tidak diperkuat oleh geogrid.

**Pemeriksaan Modulus Elastis Dan Poisson Ratio**

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai elastisitas dan *poisson ratio* dari sampel yang di beri perkuatan geogrid dan yang tidak di beri perkuatan geogrid. Dari parameter modulus elastisitas dan *poisson ratio* ini akan didapatkan nilai modulus geser dari tiap sampel. Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan modulus elastisitas dan *poisson ratio* pada penelitian ini berdasarkan ASTM C 469-02. Berikut dapat dilihat grafik gabungan hubungan tegangan - regangan vertikal dan hubungan tegangan - regangan horizontal dari hasil pengujian.

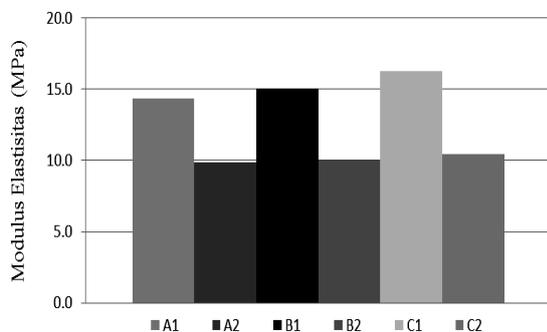


Gambar 4. Gabungan Hubungan Tegangan - Regangan Vertikal

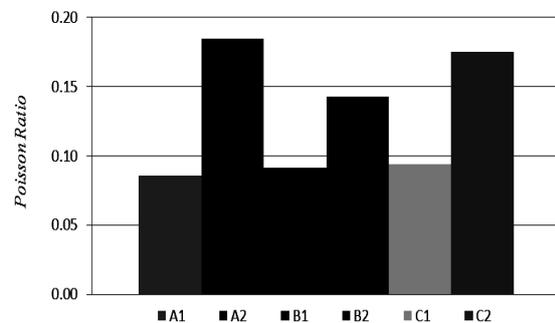


Gambar 5. Gabungan Hubungan Tegangan - Regangan Horizontal

Kemudian untuk nilai modulus elastisitas dan *poisson ratio* dari tiap-tiap sampel dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 6. Nilai Modulus Elastisitas Tiap Sampel



Gambar 7. Nilai Poisson Ratio Tiap Sampel

Dari gambar 5 terlihat bahwa nilai modulus elastisitas dari sampel yang diperkuat oleh geogrid lebih besar dibandingkan dengan sampel yang tidak diperkuat oleh geogrid. Hal ini dikarenakan tegangan yang dapat ditahan oleh sampel yang diperkuat oleh geogrid lebih besar dibandingkan tegangan yang dapat ditahan oleh sampel yang tidak diperkuat oleh geogrid.

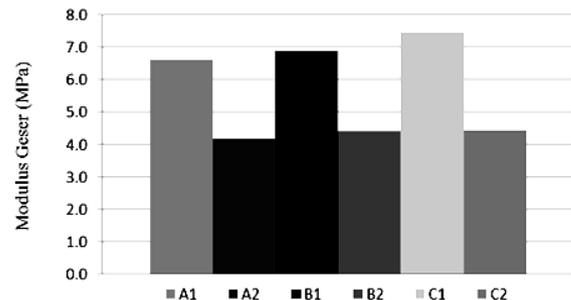
Dari gambar 6 terlihat bahwa nilai poisson ratio dari sampel yang diperkuat oleh geogrid lebih kecil dibandingkan dengan sampel yang tidak diperkuat oleh geogrid. Hal ini dikarenakan regangan horizontal ( $\epsilon_h$ ) yang terjadi dari sampel yang tidak diperkuat oleh geogrid lebih besar daripada sampel yang diperkuat oleh geogrid.

### Pemeriksaan Modulus Geser

Besarnya nilai modulus geser (G) dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 6. Nilai Modulus Geser Tiap Sampel**

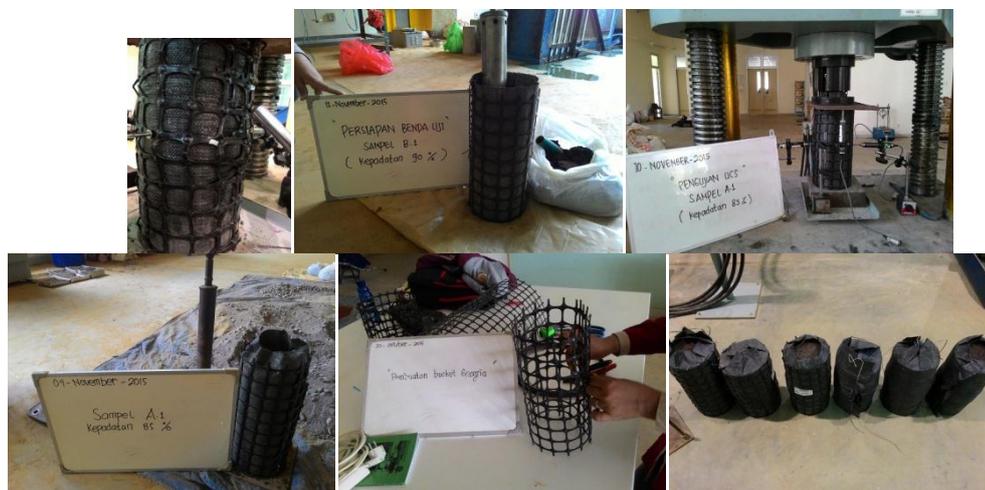
Sampel	E (MPa)	$\nu$	G (MPa)
A1	14.334	0.085	6.603
B1	15.034	0.091	6.887
C1	16.291	0.094	7.447
A2	9.894	0.185	4.176
B2	10.071	0.143	4.406
C2	10.429	0.175	4.439



**Gambar 8. Nilai Modulus Geser Tiap Sampel**

Dari tabel 6 dan gambar 7 terlihat bahwa nilai modulus geser dari sampel yang diperkuat oleh geogrid lebih besar dibandingkan dengan sampel yang tidak diperkuat oleh geogrid. Hal ini diakibatkan oleh geogrid yang membuat sampel dapat menahan tegangan lebih besar daripada sampel yang tidak diperkuat oleh geogrid, kemudian dengan adanya perkuatan oleh geogrid membuat sampel mengalami regangan horizontal ( $\epsilon_h$ ) yang relatif lebih kecil dibandingkan tanpa perkuatan geogrid sehingga akan mempengaruhi modulus geser dari sampel. Pada sampel dengan kepadatan 85% terjadi peningkatan nilai modulus geser sebanyak 58,1%; pada sampel dengan kepadatan 90% terjadi peningkatan nilai modulus geser sebanyak 56,3%; dan pada sampel dengan kepadatan 95% terjadi peningkatan nilai modulus geser sebanyak 67,7%.

Dari tabel 6 juga terlihat hubungan dari nilai modulus elastisitas dan *poisson ratio* terhadap nilai modulus geser sampel. Semakin besar nilai modulus elastisitas maka nilai modulus gesernya akan semakin besar juga, sebaliknya jika nilai *poisson ratio* dari suatu sampel besar maka akan membuat nilai modulus geser akan semakin kecil.



**Gambar 9. Pelaksanaan Pengujian Modulus Geser Tiap Sampel**

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan pengujian fisik dan mekanis sirtu, dari hasil analisa saringan sirtu Bili-bili memenuhi spesifikasi umum 2010 sebagai bahan lapis pondasi bawah, tetapi dari hasil pengujian CBR sirtu Bili-bili tidak memenuhi spesifikasi umum. Diharapkan dengan adanya perkuatan menggunakan *bucket* geogrid dapat menutupi kekurangan dari sirtu bili-bili dengan meningkatkan nilai modulus geser. Adapun melalui pengujian *unconfined compression test*, didapatkan nilai modulus geser dari sirtu Bili-bili yang diperkuat dengan *bucket* geogrid lebih besar dibandingkan modulus geser dari sampel yang tanpa perkuatan.

### Saran

Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian lebih lanjut adalah :

1. Perlu diadakan penelitian untuk sampel dengan ukuran dimensi yang bervariasi.
2. Sebaiknya untuk mengetahui regangan dari sampel menggunakan *strain gauge* agar regangan yang didapatkan lebih akurat.
3. Perlu diadakan evaluasi lebih lanjut mengenai pengaruh daya dukung tanah terhadap penurunan nilai modulus geser.

### DAFTAR PUSTAKA

- Purwanto, Edy. 2008. *Nilai Modulus Geser Tanah Berdasarkan Rumus Hardin & Drnevich (1972) dan Menard (1965) Dari Uji Laboratorium*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2009, *Modul Pelatihan Geosintetik Volume 1 : Klasifikasi & Fungsi Geosintetik*. Indonesia
- Das, Braja M. 1985, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*. Penerbit Erlangga
- Das, Braja M. 1985, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid II*. Penerbit Erlangga
- Reynaldo, M. Fafat. 2001. *Linear Variable Differential Transformers*. Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITB. Bandung.
- Achmad, Fadly., Sunardi, Nospiati. 2014. *Penggunaan Sirtu Malango Sebagai Bahan Lapis Pondasi Bawah Di Tinjau Dari Spesifikasi Umum 2007 dan 2010*. Fakultas Teknik Sipil Universitas Teknik Gorontalo. Gorontalo.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga. 2010. Spesifikasi Umum.
- Safitri, Oktavia Zhanas. 2015. *Model Laboratory Dari Penggunaan Geocell Tipe GC1040 dan Geotekstil Yang Dimodifikasi Sebagai Geocell Pada Stabilisasi Lapis Pondasi Jalan*. Fakultas Teknik Sipil Universitas Hasanuddin. Makassar
- Olaniyan, O.S., Akolade, A.S., 2011. *Perkuatan Tanah Dasar Dengan Menggunakan Geogrid*. Electrical Journal of Geotechnical Engineering, Volume 16, pp. 270-280.
- Gneil., Bouazza., 2010 dalam Hamed Niroumand dkk., 2011. *Uji Eksperimental Perbaikan Tanah Dengan Perkuatan Stone Columns*. Electrical Journal of Geotechnical Engineering, Volume 16, pp.1478-1499