

Pengaruh Jumlah Lapisan dan Spasi Perkuatan Geosintetik terhadap Kuat Dukung dan Penurunan Tanah Lempung Lunak

(Influence of Number of Layers and Interlayer Spacing Distance of Geosynthetic on Bearing Capacity and Settlement of Soft Clay Soil)

ANITA WIDIANTI

ABSTRACT

One of the ways to improve the mechanical characteristics of soft soil is to provide soil reinforcement which is a geosynthetic sheet overlaid on the soft soil. Previous studies show that the installation of geosynthetic layers in soft soil proved to increase the bearing capacity and reduce the settlement. Theoretically, if more layers of reinforcement are given, the support will be stronger, while the soil of settlement will be reduced even greater. In this study, the influence of the number of layers and vertical distance between geosynthetic layers on the magnitude of bearing capacity, and the settlement in base soil will be assessed. The primary research is a load test on each clay included in model boxes of 120 cm x 120 cm x 100 cm size. Water was added to the soil to achieve the liquid limit conditions, then the soil was strengthened by inserting 60 x 60cm² HRX200 woven geotextile layers whose tensile strength is 20 kN/m² with various distances and number of layers among different boxes. The bottom of loading foundation on the top side of the samples is square whose side (B) is of 10 cm. The loading process were done until the soil collapse indicated by visual observation or by the condition of no increase of the load magnitude causing settlement. The results showed that 1 layer, 2 layers and 3 layers geosynthetic correspond to the bearing capacity increase of 60.57%, 213.00% and 402.64%, respectively, and experienced a reduction in soil settlement by 40%, 60% and 70%, respectively, compared to that without any reinforcement. Geosynthetic being placed at a distance of 0.4 B and 0.6 B gives the greatest bearing capacity increase, in the amount of 402.64%. Geosynthetic mounted on distance more than 0.6 B resulted in bearing capacity increase of diminishing percentages.

keywords: soft clay, geosynthetic, woven geotextile, bearing capacity, settlement

PENDAHULUAN

Pada suatu struktur jalan, tanah dasar (*subgrade*) merupakan bagian yang sangat penting, karena bagian ini akan memikul beban struktur lapis keras dan beban lalu lintas di atasnya. Pada umumnya sebagai bahan tanah dasar digunakan tanah setempat, namun ada kalanya kondisi tanah dasar tersebut tidak menguntungkan, misalnya berupa tanah lunak. Pada kondisi ini tanah dasar akan berada pada kondisi kuat geser yang terburuk, sehingga kuat dukungnya menjadi sangat rendah. Disamping itu tanah lunak memiliki kadar air yang sangat tinggi dan kemampuan pemampatan yang

sangat rendah, sehingga penurunan (*settlement*) akibat beban akan berlangsung sangat lambat. Penurunan tersebut umumnya relatif besar. Akibatnya permukaan jalan turun menjadi lebih rendah daripada elevasi rencana dan perkerasan jalan lebih cepat rusak daripada umur rencana. Banyak sekali metode yang telah dikembangkan guna meningkatkan karakteristik fisis dan mekanis dari tanah lunak. Salah satu cara yang dilakukan untuk meningkatkan karakteristik mekanisnya adalah dengan memberikan perkuatan tanah (*soil reinforcement*) berupa lembaran geosintetik yang dihamparkan di atas tanah lunak (sebagai tanah dasar) (Suryolelono, 2000). Dari

penelitian-penelitian terdahulu diketahui bahwa pemasangan lapisan geosintetik pada tanah lunak terbukti mampu meningkatkan daya dukung dan mengurangi besarnya penurunan yang terjadi. Secara teoritis, semakin banyak lapisan perkuatan yang diberikan, maka kuat dukung akan semakin tinggi, sedangkan penurunan yang terjadi akan berkurang semakin besar. Dalam penelitian ini akan dikaji seberapa besar pengaruh jumlah lapisan dan spasi / jarak vertikal antar lapisan geosintetik terhadap besarnya kuat dukung dan penurunan tanah dasar yang terjadi.

Studi tentang model fondasi dangkal yang diperkuat dengan geosintetik telah banyak dilakukan. Nugroho dan Rachman (2009) meneliti pengaruh dimensi dan kedalaman perkuatan geotekstil terhadap daya dukung tanah gambut. Pengujian utama menggunakan model fondasi telapak bujur sangkar dengan sisi (B) 15 cm yang diletakkan di atas bak uji berukuran 90x90x150 cm³. Geosintetik yang digunakan adalah geotekstil tidak teranyam berbentuk bujursangkar dengan dimensi bervariasi, yaitu 2B, 3B dan 4B. Geosintetik dipasang pada kedalaman bervariasi, yaitu 0,25B, 0,5B dan 1B. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya dukung meningkat sebanding dengan dimensi perkuatan yang semakin besar. Penambahan kedalaman (jarak dari pondasi ke lapisan perkuatan) menyebabkan pengurangan nilai daya dukung tanah. Dalam penelitian tersebut disimpulkan bahwa pemasangan geosintetik dengan dimensi 4Bx4B yang dipasang pada kedalaman 0,25B menghasilkan daya dukung maksimal yang besarnya hingga mencapai 3 kali lipat daya dukung tanah gambut tanpa perkuatan. Nugroho et al. (2010) melakukan penelitian serupa, namun menggunakan perkuatan kombinasi geogrid dan geotekstil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya dukung maksimal mencapai 4 kali lipat daya dukung tanpa perkuatan, yang terjadi pada geogrid berdimensi 5B yang diletakkan pada jarak 0,25B dari bawah pondasi dan rasio spasi vertikal geogrid dan geotekstil sebesar 0,25. Dalam penelitian selanjutnya Nugroho (2011) menggunakan kombinasi grid bambu (sebagai perkuatan) dan geotekstil tidak teranyam (sebagai separator) untuk meningkatkan daya dukung pondasi dangkal pada tanah gambut. Diharapkan dari penempatan grid bambu dan geotekstil tersebut bidang runtuh tanah akan terpotong oleh kombinasi keduanya, sehingga daya dukung tanah akan meningkat. Fondasi

berbentuk bujur sangkar dengan sisi (B) 5 cm. Perkuatan berbentuk bujursangkar dengan dimensi bervariasi, yaitu 2B, 3B dan 4B yang dipasang pada kedalaman 0,25B, 0,5B dan 1B. Perbandingan daya dukung antara tanah tanpa perkuatan dan dengan perkuatan dinyatakan dalam *Bearing Capacity Ratio (BCR)*. Dari penelitian diperoleh nilai BCR maksimum sebesar 4,32 yang terjadi pada rasio antara ukuran perkuatan (L) dan ukuran fondasi (B) sebesar 3, rasio kedalaman perkuatan dari dasar fondasi (d) dan B sebesar 0,25, serta rasio spasi antara grid bambu dan geotekstil (s) dengan B sebesar 0,5.

Alihudien et al. (2012) meneliti pengaruh dimensi dan kedalaman geotekstil teranyam terhadap daya dukung tanah lempung konsistensi medium. Pengujian utama menggunakan model fondasi telapak bujur sangkar dengan sisi (B) 5 cm. Geosintetik yang digunakan adalah geotekstil teranyam berbentuk bujursangkar dengan dimensi 1,5B, 2B dan 3B yang dipasang pada kedalaman bervariasi, yaitu 0,25B, 0,5B dan 1B. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio kedalaman geotekstil dan lebar fondasi (d/B) yang semakin besar menyebabkan nilai BCRnya semakin rendah. Rasio lebar geotekstil dan lebar fondasi (l/B) yang semakin besar menyebabkan nilai BCR tidak selalu naik, karena sampai pada nilai tertentu akan turun. Rasio spasi geotekstil dan lebar fondasi (z/B) yang semakin besar menyebabkan nilai BCR semakin meningkat.

METODE PENELITIAN

Bahan

1. Tanah lempung dari Wates, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil uji awal sifat-sifat fisis dan mekanis dari tanah tersebut disajikan dalam Tabel 1.
2. Geosintetik yang digunakan adalah geotekstil teranyam (*woven geotextile*) HRX-200 (produksi PT. Tetrasa Geosinindo) yang memiliki ketebalan 0,48 mm, arah *warp* memiliki kuat tarik 20 kN/m² dan regangan 10%, sedangkan arah *weft* memiliki kuat tarik 16,5 kN/m² dan regangan 8%.

TABEL 1. Hasil uji sifat fisis dan mekanis tanah

No	Parameter	Nilai
1	Berat Jenis, G_s (g/cm^3)	2,64
2	Kadar air, w (%)	43,53
Batas-batas konsistensi		
3.	a. Batas cair, LL (%)	75,50
	b. Batas plastis, PL (%)	39,14
	c. Indeks plastisitas, PI (%)	36,36
Jenis fraksi tanah		
4.	a. Lempung (%)	45,00
	b. Lanau (%)	49,00
	c. Pasir (%)	6,00
5.	Indeks kompresi, C_c	0,618
6.	Klasifikasi tanah (USCS)	OH
	Klasifikasi tanah (AASHTO)	A-7-6

Alat

Alat utama yang digunakan adalah kotak model (*model box*) tanah dasar yang dilengkapi dengan rangka untuk uji pembebanan. Secara rinci komponen peralatan diuraikan sebagai berikut:

1. Kotak model (*model box*) yang terbuat dari pelat baja berukuran $120 \times 120 \times 100 \text{ cm}^3$ sebagai tempat tanah dasar fondasi.
2. Mesin penekan (*loading cell*) dilengkapi dengan *proving ring* dengan kapasitas 50 kN yang digerakkan secara mekanis dengan motor elektrik. Kecepatan pembebanan yang diberikan kepada benda uji selama pengujian berlangsung adalah 1 mm/menit atau 0,0167 mm/detik.
3. *Dial gauge indicator*, digunakan untuk mengukur besarnya penurunan vertikal (*vertical displacement*) yang terjadi pada model fondasi pada saat pembebanan vertikal. Pembacaannya dicatat tiap penurunan 1 mm.
4. Pelat model fondasi yang terbuat dari pelat baja berbentuk bujursangkar dengan ukuran (B) $10 \times 10 \text{ cm}^2$ dan tebal 2 cm.
5. Rangka beban (*loading frame*) yang setiap elemennya terbuat dari baja L.70.70.7 dan baut pengaitnya berukuran $\phi 1''$.

Desain Perkuatan

Tanah lempung yang dibutuhkan untuk membuat tanah dasar disaring lolos saringan No. 4.

Geosintetik dipotong berbentuk bujursangkar dengan ukuran $60 \times 60 \text{ cm}^2$ (6 kali lebar fondasi

atau 6B). Geosintetik tersebut dipasang sebanyak 1, 2 dan 3 lapis. Lapisan pertama dipasang pada jarak 0,2B dari dasar fondasi, sedangkan lapisan kedua dan ketiga dipasang dengan spasi/jarak vertikal bervariasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. Variasi spasi vertikal geosintetik

No.	Jumlah lapisan	Spasi vertikal antar geosintetik	Jumlah sampel
1	Tanpa perkuatan	-	2
2	1 lapisan	-	2
		0,2 B	2
		0,4 B	2
3	2 lapisan	0,6 B	2
		0,8 B	2
		1,0 B	2
		0,2 B	2
		0,4 B	2
4	3 lapisan	0,6 B	2
		0,8 B	2
		1,0 B	2

Pelaksanaan penelitian

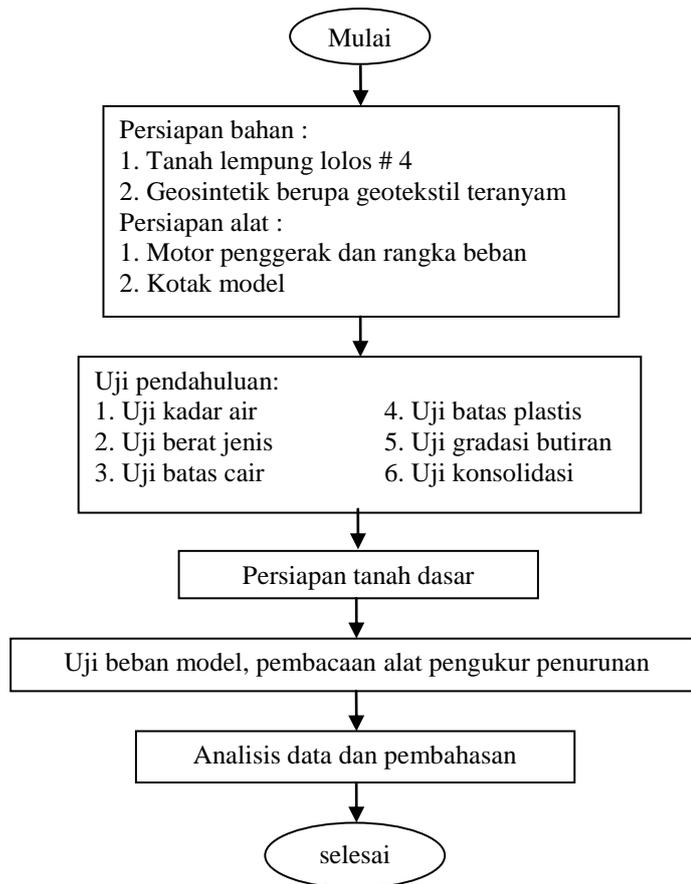
Secara garis besar urutan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Skema alat uji beban dapat dilihat pada Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

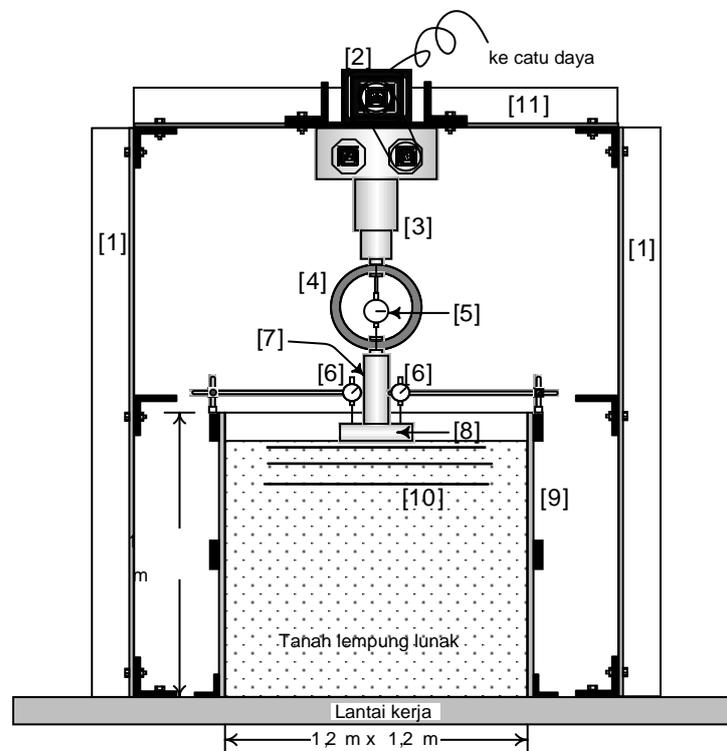
Hubungan Antara Tekanan dan Penurunan

Karakteristik penurunan tanah akibat beban yang bekerja di atasnya dapat dikaji dari hasil uji beban. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara tekanan dan penurunan vertikal tanah dasar sebelum dan sesudah diperkuat dengan menggunakan geosintetik yang dipasang dengan jumlah dan jarak antar perkuatan (spasi) yang bervariasi.

Secara umum dapat dilihat bahwa pada saat awal pembebanan akan terjadi penurunan vertikal yang relatif kecil. Jika beban ini berangsur-angsur ditambah, penurunan juga akan bertambah. Akhirnya pada suatu saat terjadi kondisi dimana pada beban yang tetap, tanah mengalami penurunan yang sangat besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa keruntuhan telah terjadi. Adanya stabilisasi tanah menggunakan perkuatan geosintetik terbukti dapat meningkatkan tekanan maksimum serta mengurangi penurunan yang terjadi.

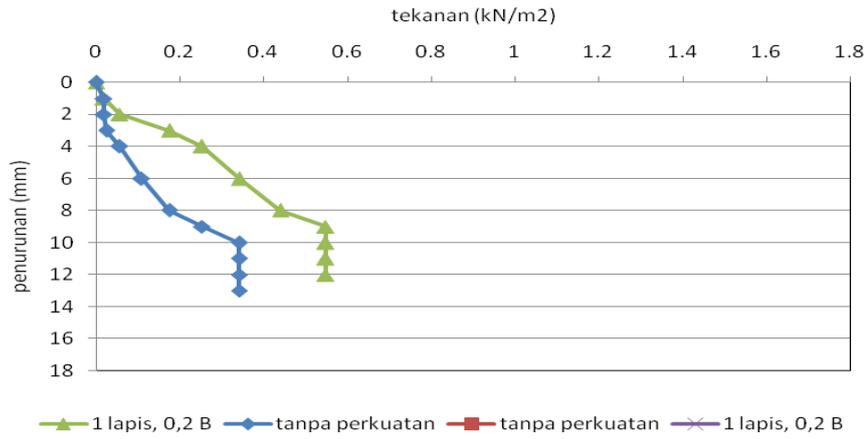


GAMBAR 1. Bagan alir tahapan penelitian

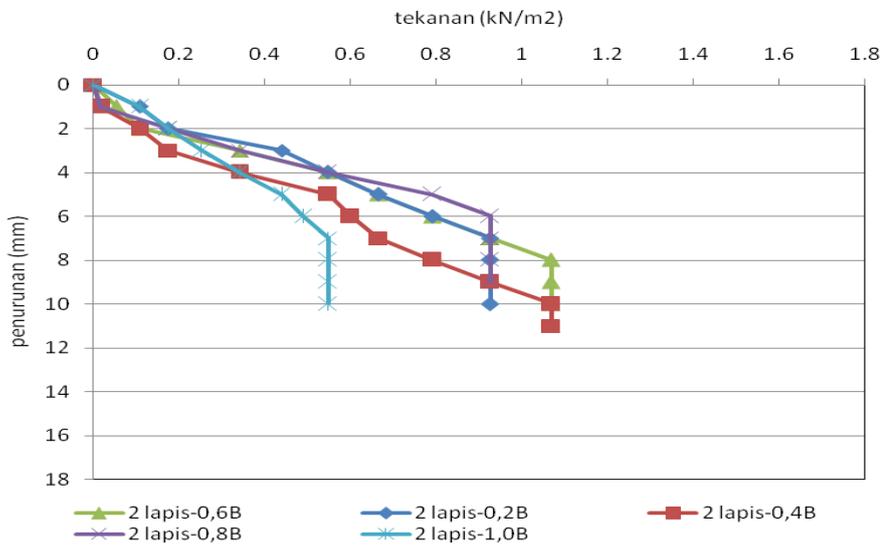


- Keterangan :
- | | | |
|------------------------------|----------------------------|-------------------|
| [1] Rangka | [5] Penolok ukur beban | [9] Kotak model |
| [2] Motor penggerak elektrik | [6] Penolok ukur penurunan | [10] Geosintetik |
| [3] Piston penggerak | [7] Piston beban | [11] Rangka beban |
| [4] Proving ring beban | [8] Pelat perata | |

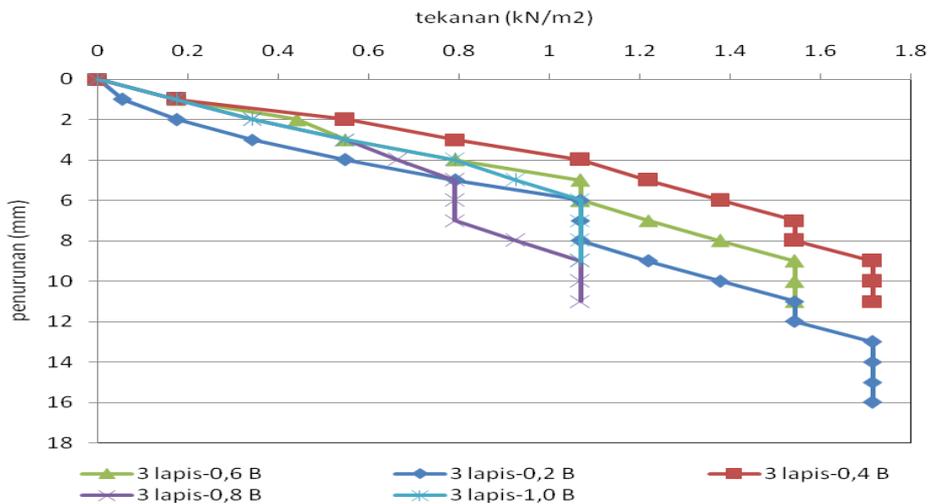
GAMBAR 2. Skema alat uji beban di laboratorium



(a) Tanah tanpa perkuatan dan yang diperkuat geosintetik 1 lapis



(b) Tanah yang diperkuat geosintetik 2 lapis dengan jarak yang bervariasi



(c) Tanah yang diperkuat geosintetik 3 lapis dengan jarak yang bervariasi

GAMBAR 3. Hubungan antara tekanan dan penurunan vertikal

Pengaruh Jumlah Geosintetik terhadap Kuat Dukung Tanah Dasar

Besarnya tekanan maksimum (σ_{maks}) untuk berbagai kondisi yang diuji disajikan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa secara umum geosintetik yang dipasang dapat meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak. Secara teori konsep dari geosintetik sebagai perkuatan tanah adalah memanfaatkan kuat tarik dari geosintetik yang mampu memberikan perlawanan tarik yang tinggi melalui gesekan (*friction*) dan lekatan (*cohesion*) antara geosintetik dengan tanah untuk melawan gaya-gaya yang menyebabkan keruntuhan. Disamping itu geosintetik mampu memaksa bidang runtuh bergerak keluar, sehingga meninggikan tahanan geser tanah (Hardiyatmo, 2008).

Besarnya peningkatan daya dukung bervariasi tergantung pada jumlah geosintetik yang dipasang. Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa tanah dengan perkuatan geosintetik sebanyak 3 lapisan mampu menerima tekanan maksimum yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanah tanpa perkuatan. Tanah yang diperkuat dengan geosintetik sebanyak 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis berturut-turut akan mengalami peningkatan kekuatan sebesar 60,57%, 213,00% dan 402,64% dari kekuatan tanah tanpa perkuatan.

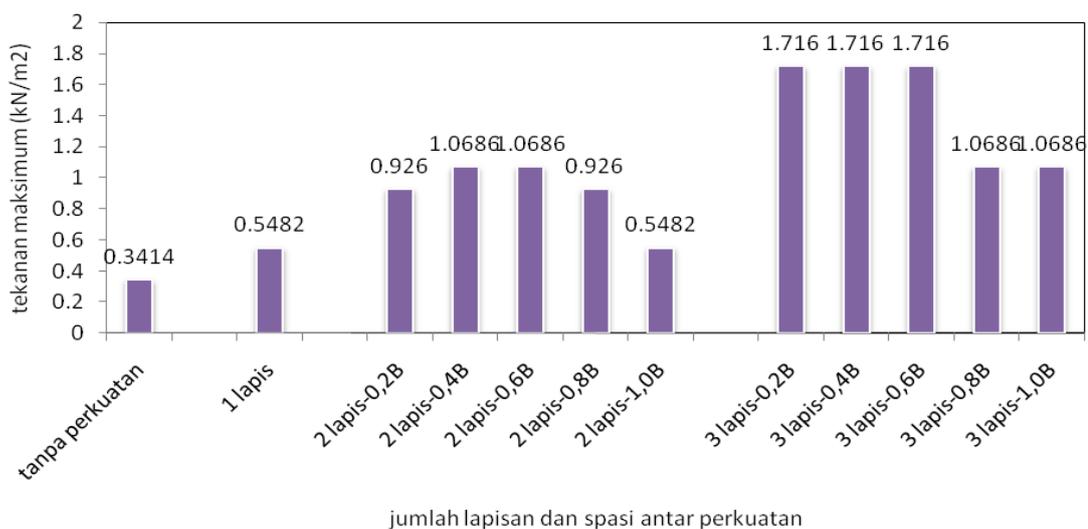
Pengaruh Spasi Geosintetik terhadap Kuat Dukung Tanah Dasar

Hubungan antara spasi geosintetik dan kuat dukung maksimum tanah dasar dapat dilihat pada Gambar 5. Menurut Hardiyatmo (2008) ketika beban bekerja di atas tanah lunak, geosintetik akan terdeformasi yang menyebabkan kekuatan tariknya termobilisasi. Gaya tarik yang termobilisasi tersebut akan meningkatkan daya dukung tanah.

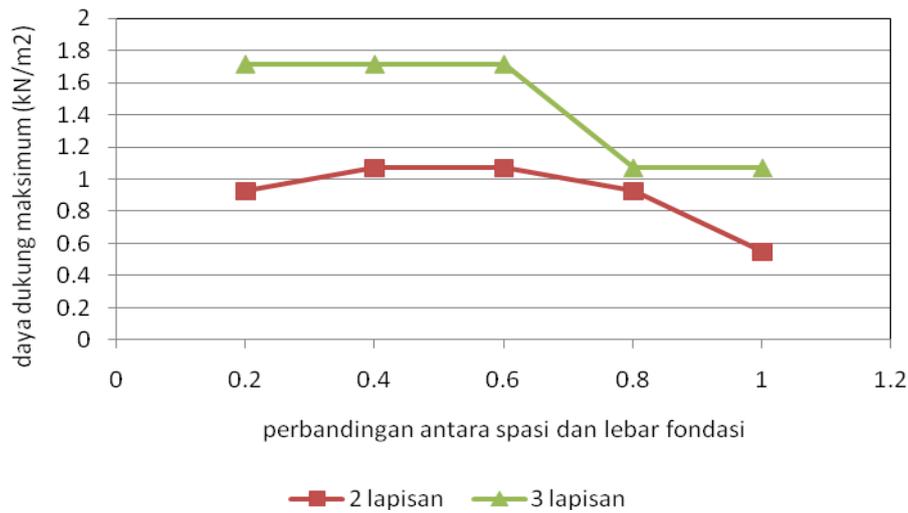
Dari Gambar 5 terlihat bahwa geosintetik yang dipasang dengan jarak/spasi sebesar 0,4B dan 0,6B memberikan peningkatan kekuatan terbesar, yaitu sebesar 402,64%. Geosintetik yang dipasang pada spasi lebih dari 0,6B menghasilkan peningkatan kekuatan yang semakin berkurang persentasinya.

Penurunan Pada Nilai Tekanan Tertentu

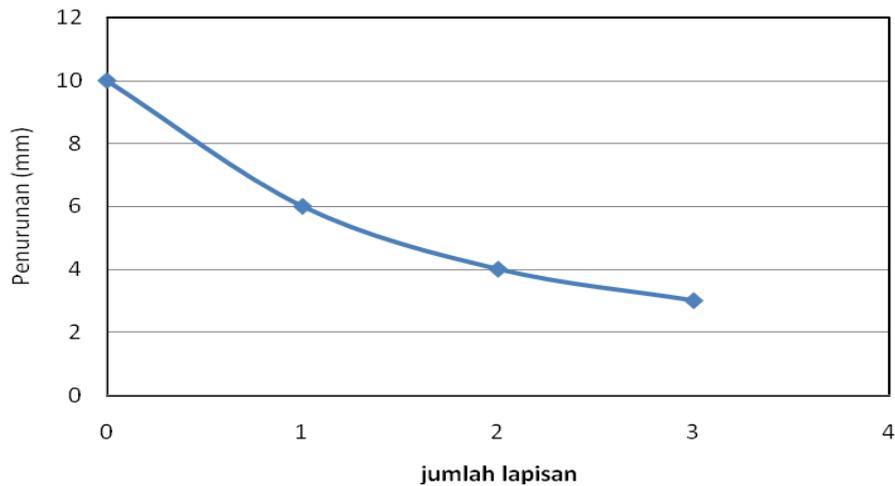
Besarnya penurunan pada tekanan tertentu untuk berbagai variasi perkuatan yang diuji pada tanah lempung lunak diberikan pada Gambar 6. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa pada pemberian tekanan sebesar 0,3414 kN/m², tanah asli mengalami penurunan 10 mm. Setelah diperkuat dengan geosintetik terjadi pengurangan penurunan sebesar 40 % (untuk 1 lapisan), 60% (untuk 2 lapisan), dan 70 % (untuk 3 lapisan) dibandingkan penurunan pada tanah tanpa perkuatan.



GAMBAR 4. Tekanan maksimum berbagai variasi perkuatan



GAMBAR 5. Pengaruh spasi antar perkuatan terhadap daya dukung tanah maksimum



GAMBAR 6. Penurunan tanah pada tekanan sebesar 0,3414 kN/m²

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan pembahasan maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Tanah yang diperkuat dengan geosintetik sebanyak 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis berturut-turut akan mengalami peningkatan kekuatan sebesar 60,57%, 213,00% dan 402,64% dari kekuatan tanah tanpa perkuatan.
2. Tanah yang diperkuat dengan geosintetik sebanyak 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis berturut-turut akan mengalami pengurangan penurunan sebesar 40 %,

60% dan 70 % dari penurunan pada tanah tanpa perkuatan.

3. Geosintetik yang dipasang dengan jarak/spasi sebesar 0,4B dan 0,6B memberikan peningkatan kekuatan terbesar, yaitu sebesar 402,64%. Geosintetik yang dipasang pada spasi lebih dari 0,6B menghasilkan peningkatan kekuatan yang semakin berkurang persentasinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada UMY yang telah memberikan bantuan dana melalui Penelitian Strategis, serta Triadi

Saputra dan Cahya Suryadi yang telah banyak membantu selama penelitian di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Alihudien, A., Kuswardani dan Rizal, N. S. (2012). Pengaruh Ukuran, Kedalaman dan Spasi Perkuatan Geotekstil terhadap Daya Dukung Pondasi Telapak di Atas Tanah Lempung dengan Konsistensi Medium, *Prosiding Seminar Nasional VIII-2012 Teknik Sipil ITS Surabaya*.
- Hardiyatmo, H. C. (2008). *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya*, cetakan pertama, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Nugroho, S. A. (2011). Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 18 No. 1, April 2011: 31-40.
- Nugroho, S. A., Nizam, K. & Yusa, M. (2010). Perilaku Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal di Atas Tanah Lunak yang Diperkuat Geogrid, *Jurnal Media Teknik Sipil*, Volume X, Januari 2010 : 22-27.
- Nugroho, S. A. & Rachman, A. (2009). Pengaruh Perkuatan Geotekstil terhadap Daya Dukung Gambut pada Bangunan Ringan dengan Pondasi Dangkal Telapak, *Jurnal Sains dan Teknologi* Vol. 8 No. 2, September 2009 : 70-76.
- Suryolelono, K. B. (2000). *Geosintetik Geoteknik*, cetakan pertama, Yogyakarta: Percetakan dan Penerbitan NAFIRI.

PENULIS:

Anita Widianti✉

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Bantul 55183, Yogyakarta.

✉Email: anita_widianti2@yahoo.co.id