

PENGARUH LEBAR PONDASI DAN JUMLAH LAPIS GEOTEKSTIL TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI MENERUS PADA PEMODELAN FISIK LERENG PASIR DENGAN SUDUT 56°

Imanuddin, Eko Andi Suryo, As'ad Munawir
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang
Jalan MT Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email: imanrafidin@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lereng dijadikan sebagai dasar tanah untuk sebuah pemukiman ataupun pembangunan yang lain tentu memiliki resiko yang berkaitan dengan keamanan bangunan tersebut, mengingat bahwa daya dukung tanah di lereng jauh lebih kecil daripada tanah datar. Maka dari itu perlu adanya perkuatan tanah pada lereng berupa geotekstil. Analisa perkuatan dilakukan pada lereng pasir dengan kepadatan relatif 74% dengan variasi perkuatan lebar pondasi sebesar 4 cm, 6 cm, dan 8 cm serta variasi jumlah lapis geotekstil sebanyak 1 lapis, 2 lapis, dan 3 lapis. Hasil yang didapatkan semakin banyak jumlah lapis geotekstil yang digunakan maka nilai daya dukung akan semakin meningkat yang dibuktikan dengan nilai $BCI_{(u)}$ sebesar 5,106.

Kata kunci: perkuatan, daya dukung, BCI

PENDAHULUAN

Semakin sulitnya mendapatkan lahan yang dapat digunakan sebagai tempat untuk melaksanakan suatu pekerjaan konstruksi bangunan rumah tinggal yang didasarkan dari permintaan para konsumen yang semakin tinggi, sehingga saat ini daerah perbukitan menjadi alternatif untuk kebutuhan tempat tinggal, padahal daerah perbukitan sangat rawan terhadap kelongsoran tanah. Pada prinsipnya perkuatan tanah adalah salah satu teknik pemecahan untuk meningkatkan daya dukung lereng. Perkuatan yang dimaksudkan dalam bahasan ini yaitu dengan menggunakan geosintetik.

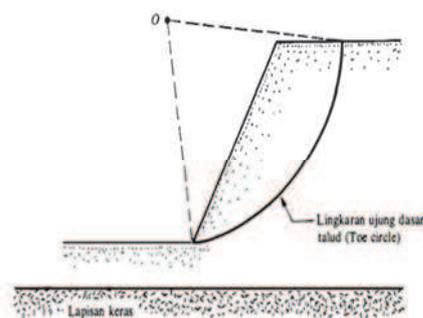
TUJUAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui perbandingan daya dukung pondasi menerus pada lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan geotekstil. Selain itu untuk mengetahui pengaruh lebar pondasi dan jumlah lapis geotekstil terhadap daya dukung lereng serta untuk mengetahui lebar pondasi dan jumlah lapis geotekstil yang maksimum pada penelitian ini.

TINJAUAN PUSTAKA

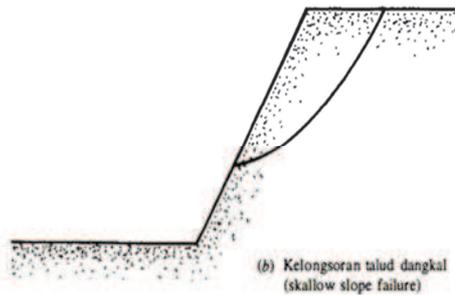
Tipe Keruntuhan Lereng

Pengamatan longsoran atau keruntuhan pada lereng yang dilakukan oleh Collin (1846) menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa kelongsoran tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Adapun tipe keruntuhan normal pada lereng adalah sebagai berikut :



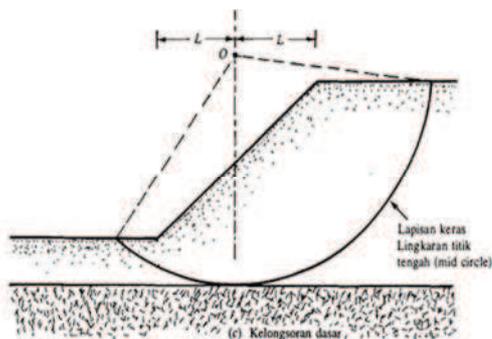
Gambar 1 Toe slide

(Sumber : Das, B.M. 1993. *Mekanika Tanah Jilid 2*)



Gambar 2 Slope slide

(Sumber : Das, B.M. 1993. *Mekanika Tanah Jilid 2*)



Gambar 3 Base Slide

(Sumber : Das, B.M. 1993. *Mekanika Tanah Jilid 2*)

Secara umum, longsor pada lereng disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Bertambahnya tegangan yang bekerja
2. Berkurangnya kuat geser material

Geotekstil

Dalam struktur yang berkaitan dengan tanah, geotekstil mempunyai 4 fungsi utama yaitu:

- a. Filtrasi dan Drainase
- b. Proteksi (*erosion control*)
- c. Separator
- d. Perkuatan (*Reinforcement*)

Pengaruh pemakaian geotekstil pada tanah antara lain :

- Dapat mempengaruhi mode runtuh, penempatan geotekstil pada tanah mempunyai efek memperkuat subgrade dan memperkecil keruntuhan.

- Geotekstil dapat menyediakan tahanan (*restrain*) dari agregat dan subgrade jika ditempatkan pada batas keduanya (*interface*). Hal ini menimbulkan peningkatan kapasitas distribusi beban yang terkadang memiliki efek sebagaimana pelat.

- Akan timbul aksi membrane ketika terjadi friksi antara subgrade dan geotekstil disekitar daerah yang dibebani cukup besar, hingga dapat berperan sebagai anker. Resultan keatas gaya tarik yang timbul tersebut mendukung beban dan mengurangi tegangan yang terjadi pada subgrade.

Teori Daya Dukung

Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya. Analisis-*analisis* daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan yang dibuat dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisisnya dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan yang bersifat plastis. Konsep ini pertama kali dikenalkan oleh Prandtl (1921), yang kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1955) dan lainnya (*Hardiyatmo, H.C., 2011:110-111*).

Bearing Capacity Improvement (BCI)

Bearing Capacity Improvement (BCI) adalah rasio perbandingan antara daya dukung tanah yang diberi perkuatan dan daya dukung tanah tanpa perkuatan. Nilai tersebut dapat didapat berdasarkan dua hal berikut ini yaitu daya dukung pada saat ultimit (BCI_u) dan daya dukung pada penurunan yang sama (BCI_s).

Daya Dukung Pondasi Dangkal di Atas Lereng Tanpa Perkuatan

Analisis daya dukung pondasi dangkal di atas lereng tanpa perkuatan dapat menggunakan dua analisis pendekatan dengan solusi Hansen dan Vesic dan metode Shields (1990)

Meyerhof

Untuk tanah pasir, Meyerhof menyatakan daya dukung pondasi menerus di atas lereng dengan persamaan:

$$q_u = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q}$$

Solusi Hansen dan Vesic

Untuk kondisi $b = 0$ pada gambar 1 (pondasi tepat berada di tepi lereng), Hansen menyatakan daya dukung batas dari pondasi menerus tersebut dengan persamaan :

$$q_u = c N_c \lambda_{c\beta} + q N_q \lambda_{q\beta} + \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma} \lambda_{\gamma\beta}$$

dimana,

N_c, N_q, N_{γ} = Faktor-faktor daya dukung Hansen

$\lambda_{c\beta}, \lambda_{q\beta}, \lambda_{\gamma\beta}$ = Faktor-faktor lereng
 $q = \gamma D_f$

Menurut Hansen :

$$\lambda_{q\beta} = \lambda_{\gamma\beta} = (1 - \tan\beta)^2$$

pada kondisi $\phi = 0$ dengan $N_c = 5,14$ dan $N_q = 1$ persamaan daya dukung menjadi sebagai berikut:

$$q_u = (5,14 - 2\beta)c + \gamma D_f (1 - \tan\beta)^2 - \gamma \beta \sin\beta (1 - \tan\beta)^2$$

Metode Gemperline (1990)

Shields bersama dengan peneliti lainnya telah mencoba melakukan penelitian terhadap faktor daya dukung $N_{\gamma q}$ untuk sebuah pondasi pada lereng yang memiliki sudut geser yang rendah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Shields ia menggunakan pemodelan *box* pasir berukuran besar dengan panjang 15 m dan lebar 2 m dan tinggi 2,2 m. Sebuah lereng dengan perbandingan H : V yaitu 2 : 1 dipilih sebagai pemodelan karena dianggap ukuran tersebut

adalah uluran standar dari sebuah lereng, lereng dibuat dengan faktor-faktor penentu yang ada. Dari percobaan tersebut Shields melaporkan prosentase daya dukung tanah datar yang ia temukan dengan menggunakan persamaan *Gemperline* untuk menghitung nilai $N_{\gamma q}$ dan menggunakan persamaan daya dukung Meyerhof untuk tanah datar.

Adapun persamaan *Gemperline* adalah sebagai berikut :

$$N_{\gamma q} = f_{\phi} \times f_{\beta} \times f_{DB} \times f_{BL} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/B, B/L}$$

Dengan :

ϕ	: sudut geser dalam tanah ($^{\circ}$)
β	: sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$)
B	: lebar pondasi (inchi)
D	: kedalaman pondasi (inchi)
L	: panjang pondasi (inchi)
b	: jarak pondasi ke puncak lereng (inchi)
f_{ϕ}	: $10^{(0,1159\phi - 2,386)}$
f_{β}	: $10^{(0,34 - 0,2 \log B)}$
$f_{D/B}$: $1 + 0,65 (D/B)$
$f_{B/L}$: $1 - 0,27 (B/L)$
$f_{D/B, B/L}$: $1 + 0,39 (D/L)$
$f_{\beta, b/B}$: $1 - 0,8 [1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$
$f_{\beta, b/D, D/B}$: $1 + 0,6 (B/L) [1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$
$f_{\beta, b/B, B/L}$: $1 + 0,33 (D/B) \tan \beta \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$

METODE PENELITIAN

Pengujian Dasar

- Uji pemeriksaan dasar pada tanah, yaitu antara lain:
- Pemeriksaan analisis saringan menurut ASTM C-136-46
- Pemeriksaan berat jenis butiran tanah mengikuti ASTM D-854-58
- Pemeriksaan kepadatan dan kadar air mengikuti ASTM D-698-70
- Pemeriksaan kekuatan geser langsung (direct shear) menurut ASTM D-3080-72
- Pengujian density yang dilakukan untuk mendapatkan nilai kepadatan relatif (Rc) model lereng mencapai 74%.

Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

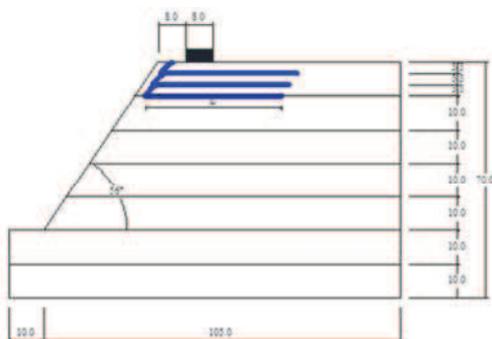
Pada penelitian ini dibuat tiga model lereng tanpa perkuatan serta 9 model lereng yang diperkuat dengan geotekstil dengan tiga variasi lebar pondasi menerus dan tiga variasi jumlah lapis geotekstil. Adapun matriks dari variasi lebar pondasi menerus dan jumlah lapis geotekstil disajikan pada tabel berikut:

Tabel 1 Variasi perlakuan pondasi

RC 74% Jarak antar geotekstil (Sv) = 3,2 cm Panjang geotekstil (L) Jarak ke tepi lereng (d/B) = 1 Kemiringan sudut (α) = 56°	n		
	1	2	3
B = 4 cm	√	√	√
B = 6 cm	√	√	√
B = 8 cm	√	√	√

Lereng dibuat dengan sudut kemiringan 56°. Dengan kepadatan relatif (Rc) dari pasir sebesar 74%, panjang geotekstil (L) yang digunakan yakni 40 cm, rasio jarak pondasi ke tepi lereng (d/B) sebesar 1, dan jarak antar lapisan geotekstil sebesar 3,2 cm. Pengulangan dilakukan dengan perlakuan yang sama apabila hasil dari pengujian benda uji terdapat penyimpangan.

Pemodelan fisik lereng tanah pasir dilakukan dengan menggunakan pondasi menerus dengan tiga variasi lebar pondasi (B) yakni 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Variasi jumlah lapisan geotekstil (n) 3 buah yakni 1 lapis, 2 lapis, dan 3 lapis.



Gambar 4 Model Lereng Percobaan

Elemen utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *box*, terbuat dari *fiber glass* dengan ukuran

panjang 1,50 m, lebar 1,0 m dan tinggi box 1,00 m. Dasar box menggunakan pelat baja tebal 1,2 cm. Box dibuat cukup kaku dengan harapan agar dapat mempertahankan kondisi regangan bidang dengan memberikan perkuatan di sekeliling bagian tengah ke empat sisi *fiber glass* dengan menggunakan pelat siku baja 40.40.4.

Metode Analisis Data

Berdasarkan hasil pengujian pembebanan, diperoleh data beban dan penurunan untuk lereng tanpa perkuatan serta beban dan penurunan untuk lereng dengan perkuatan geotekstil yang divariasikan jarak pondasi dari tepi lereng dan panjang geotekstil. Daya dukung dihitung dengan rumus berikut:

$$qu = \frac{Pu}{A}$$

Dengan:

Pu: beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

A: luasan pondasi

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan geotekstil sebagai perkuatan lereng dalam meningkatkan daya dukung dilakukan analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI)*. Nilai *BCI* diperoleh dengan rumus:

$$BCI = \frac{qu \text{ lereng dengan perkuatan}}{qu \text{ lereng tanpa perkuatan}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daya Dukung Tanah

Lereng Tanpa Perkuatan

Untuk lereng tanpa perkuatan, terdapat beberapa cara pendekatan perhitungan secara analitik yang dapat digunakan yaitu meliputi metode Hansen dan metode Gempertine. Daya dukung yang diperoleh dari kedua metode tersebut disajikan dalam Tabel berikut:

Tabel 2 Nilai daya dukung berdasar analitik dan eksperimen

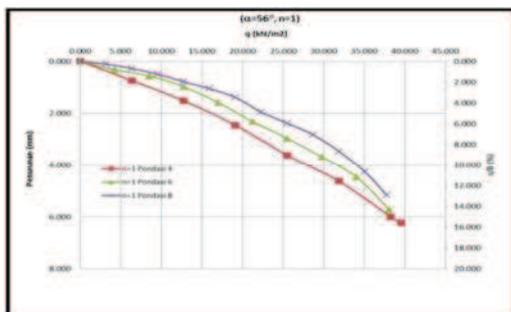
Lebar Pondasi (cm)	Metode	qu (kN/m ²)
4	Gemperline	14,067
	Hansen	6,271
6	Gemperline	19,457
	Hansen	9,407
8	Gemperline	24,492
	Hansen	12,543

Analisis Daya Dukung untuk Lereng dengan Perkuatan pada Variasi Lebar Pondasi dan Jumlah Lapis Geotekstil

Analisis daya dukung untuk lereng dengan perkuatan menghasilkan bahwa nilai daya dukung yang paling tinggi sebesar 85,969 kN/m² pada lebar pondasi 4 cm dan jumlah lapis geotekstil sebanyak 3 lapis. Berdasarkan hasil pengujian eksperimen di laboratorium didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3 Nilai daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi lebar pondasi dan jumlah lapis geotekstil

Jumlah Perkuatan	lebar pondasi (cm)	qu (kN/m ²)	qu lereng tanpa perkuatan (kN/m ²)
1	4	39.541	16.837
	6	38.095	18.367
	8	37.755	24.490
2	4	55.612	16.837
	6	54.932	18.367
3	8	53.061	24.490
	4	85.969	16.837
	6	79.082	18.367
	8	72.321	24.490



Gambar 5 Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi lebar pondasi menerus dan jumlah lapis geotekstil

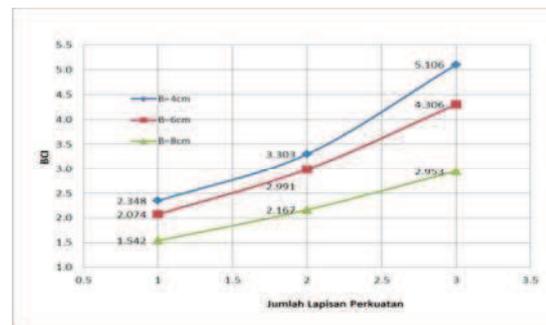
Analisis Bearing Capacity Improvement Berdasarkan Daya Dukung Ultimit (BCI_u)

Analisis (BCI_u) adalah analisis perbandingan antara beban runtuh maksimum saat diberi perkuatan geotekstil dengan beban runtuh maksimum tanpa perkuatan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai peningkatan daya dukung yang terjadi akibat adanya pemberian perkuatan geotekstil.

Hasil analisis nilai BCI_u untuk variasi jarak pondasi dan panjang geotekstil disajikan pada tabel dan grafik berikut:

Tabel 4 Nilai BCI_u untuk variasi jarak pondasi dan panjang geotekstil

lebar pondasi (cm)	Jumlah Perkuatan	qu (kN/m ²)	qu lereng tanpa perkuatan (kN/m ²)	BCI
4	1	39.541	16.837	2.348
	2	55.612		3.303
	3	85.969		5.106
6	1	38.095	18.367	2.074
	2	54.932		2.991
	3	79.082		4.306
8	1	37.755	24.490	1.542
	2	53.061		2.167
	3	72.321		2.953



Gambar 6 Grafik nilai BCI_u untuk variasi lebar pondasi dan jumlah lapis geotekstil

Diperoleh bahwa variasi lebar pondasi dan jumlah lapis geotekstil meningkatkan daya dukung lereng. Hal ini ditunjukkan dengan nilai (BCI_u) lebih besar dari 1. Adapun nilai (BCI_u) paling maksimum pada penelitian ini diperoleh saat pemasangan B=4 cm dan n=3 lapis yaitu sebesar 5,106.

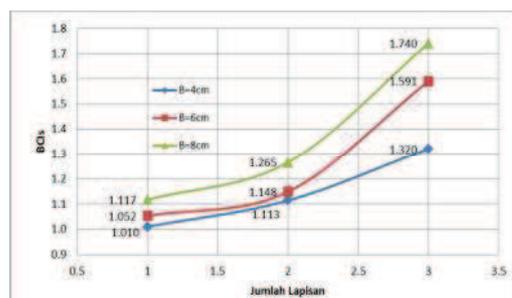
Analisis *Bearing Capacity Improvement* Berdasarkan Penurunan ($BCI_{(s)}$)

Analisis ($BCI_{(s)}$) adalah suatu analisis perbandingan antara beban runtuh saat penurunan yang sama antara daya dukung yang diberi perkuatan geotekstil dengan tanpa perkuatan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai peningkatan daya dukung yang terjadi pada penurunan yang sama akibat adanya perkuatan geotekstil.

Nilai ($BCI_{(s)}$) yang didapatkan di penelitian ini pada saat penurunan yang sama yaitu ($s/B = 2\%$) untuk variasi lebar pondasi dan jumlah lapis geotekstil disajikan pada tabel dan grafik berikut:

Tabel 5 Nilai $BCI_{(s)}$ untuk variasi jarak pondasi dan panjang geotekstil

Lebar Pondasi (cm)	Jumlah Perkuatan	q_u (kN/m^2)	q_u leang tanpa perkuatan (kN/m^2)	BCI
4	1	7.956	7.876	1.010
	2	8.770		1.113
	3	10.398		1.320
6	1	14.772	14.036	1.052
	2	16.114		1.148
	3	22.328		1.591
8	1	20.639	18.485	1.117
	2	23.288		1.265
	3	32.171		1.740



Gambar 7 Grafik nilai $BCI_{(s)}$ untuk variasi jarak pondasi dan panjang geotekstil

Berdasarkan tabel dan grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai $BCI_{(s)}$ saat $s/B: 2\%$ membuktikan bahwa lereng dengan variasi $B=8$ cm $n=3$ lapis menghasilkan daya dukung maksimal dengan nilai $BCI_{(s)}$ sebesar 1,740.

Pengaruh Panjang Perkuatan dan Jarak Pondasi dari Tepi Lereng terhadap Nilai Daya Dukung

Dari hasil yang didapatkan pada variasi lebar pondasi (B) memiliki trend line kenaikan daya dukung yang seragam. Dilihat dari daya dukung ultimit yang terjadi terdapat perubahan daya dukung yang sangat mencolok. Dimana tiap kenaikan variasi lebar pondasi maka BCI_{qu} yang dihasilkan akan semakin menurun. Hal ini dikarenakan penyebaran beban yang terjadi pada tiap kenaikan lebar pondasi meningkat. Namun jika ditinjau dari penurunan (*settlement*) yang sama saat $s/B 2\%$ ($BCI_{(s)} 2\%$), menghasilkan peningkatan daya dukung yang lebih seragam. Peningkatan terbesar terjadi ketika $B=8$ cm. Selain itu jika ditinjau dari peningkatan beban runtuh maksimal pada variasi lebar pondasi, pondasi dengan $B=8$ cm memiliki beban runtuh paling maksimal. Maka, nilai BCI paling optimum yang didapat terjadi pada saat $B=8$ cm.

Jika dilihat pada variasi jumlah lapis geotekstil (n), grafik daya dukung juga mengalami trend line kenaikan, dari hasil yang didapatkan dapat dilihat kenaikan yang seragam dari tiap penambahan jumlah lapis geotekstil. Sedangkan jika ditinjau dari penurunan yang sama pada rasio $s/B=2\%$ juga terjadi peningkatan daya dukung. Dari grafik daya dukung yang dihasilkan dapat dilihat terjadi peningkatan daya dukung yang signifikan pada lereng dengan $n=3$ lapis. Hal serupa juga didapatkan untuk perbandingan beban maksimum yang dapat diterima oleh ketiga varian jumlah lapisan geotekstil, dimana pondasi dengan variasi $n=3$ lapis mampu menahan beban runtuh paling maksimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan pengaruh variasi lebar dan jarak pondasi ke tepi lereng pada pemodelan fisik lereng pasir dengan kepadatan relatif 74 %, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Terjadi peningkatan daya dukung pondasi menerus pada lereng dengan menggunakan perkuatan geotekstil dibandingkan dengan pada lereng tanpa perkuatan.
2. Semakin lebar pondasi yang digunakan, maka semakin besar beban runtuh yang mampu ditahan oleh pondasi, akan tetapi daya dukung pondasi semakin menurun.
3. Semakin banyak jumlah lapisan geotekstil yang digunakan, maka semakin besar daya dukung yang diberikan oleh pondasi.
4. Berdasarkan analisis nilai BCI_{qu} dan BCI_s yang terjadi, maka lebar dan jumlah perkuatan yang paling maksimum adalah pada lebar pondasi sebesar delapan sentimeter dan jumlah perkuatan sebanyak tiga lapis.

DAFTAR PUSTAKA

- Altalhe, Enas B., Mohd Raihan Taha, Fathi M. Abdrabbo. 2013. Bearing Capacity of Strip Footing on Sand Slopes Reinforced with Geotextile and Soil Nails. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*. Malaysia: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Altalhe, Enas B., Mohd Raihan Taha, Numerical and Experimental Evaluation of Bearing Capacity Factor N_γ of Strip Footing on Sand Slope. *International Journal of Physical Sciences*. Malaysia: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Bowles, J. E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Christady H., Hary. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada
- Craig, R. F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1984. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1998. *Mekanika Foundation Engineering, Fourth Edition*. New York: PWS Publishing.
- DPU. 2009. *Pedoman Kontruksi Bangunan: Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan tanah dengan Geosintetik No. 003/BM/2009*.
- Hoang, C. Nguyen, Canh V. Le, VuP. Q. Nguyen, and TriP. Truong. 2012. Bearing Capacity of Footing Strip Resting on Slope Using Upper Bound Limit Analysis. *Journal of Engineering Technology and Education*. GTSD2012.
- J. Thanapalasingam. C. T. Gnanendram. 2008. Predicting The Performance of Foundation Near Reinforced Sloped Fills. *International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG)*. Australia: University of New South Wales.
- Munawir, A, Dewi M, Zaika Yulvi, MD Agoes Soehardjono. 2013. Bearing Capacity on Slope Modeling with Composite Bamboo Pile Reinforcement.

Jurnal Rekayasa Sipil.
International Journal of
Engineering and Advanced
Technology (IJEAT).

- Prasasti, Y. D. J. 2014. Pengaruh Variasi Panjang Lapisan dan Jarak Vertikal antar Geotekstil Terhadap Daya Dukung Pondasi Menerus Pada Pemodelan Lereng Pasir Kepadatan Relatif 74%. *Tugas Akhir Program Studi Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.*
- Sommers, A. N. & Viswanadham, B. V. S. 2009. Centrifuge Model Tests on The Behavior of Strip Footing on Geotextile-Reinforced Slopes. *Journal of Geotechnical Engineering.Elsevier.*
- Suroso, As'ad Munawir, dan Herlien Indrawahyuni. *Buku Ajar Teknik Pondasi.* Malang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- S.V. Anil Kumar, K. Ilamaparuthi. 2009. Respon of Footing on Sand Slopes. *Indian Geotechnical Society Chennai Chapter.* India: Anna University Chennai.
- Zaika, Yulvi & Kombino, B. A. Penggunaan Geotekstil sebagai Alternatif Perbaikan Tanah Terhadap Penurunan Pondasi Dangkal. *Jurnal Rekayasa Sipil.* Malang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.