

**PENGARUH KEMIRINGAN LERENG DAN JARAK PONDASI KE TEPI
LERENG TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI PADA PEMODELAN
FISIK LERENG PASIR DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTILE**

MAKALAH JURNAL

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



DISUSUN OLEH :
AULIYAH RIZKY SUHASMORO
105060107111015

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2014

PENGARUH KEMIRINGAN LERENG DAN JARAK PONDASI KE TEPI LERENG TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI PADA PEMODELAN FISIKA LERENG PASIR DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL

Auliyah Rizky Suhasmoro, As'ad Munawir, Arief Rachmansyah

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia

Email : auliyahrizkys@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan bangunan di atas suatu lereng sangat riskan dan beresiko terjadi kelongsoran karena komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan massa tanah. Penelitian ini dilakukan dengan membuat model lereng tanah pasir tanpa perkuatan serta lereng tanah pasir menggunakan perkuatan geotekstil dengan RC 74%. Kemiringan sudut lereng yang digunakan di sesuaikan dengan variasi yang ditentukan dengan penempatan pondasi menerus diatas lereng yang memiliki beberapa variasi rasio jarak pondasi ke tepi lereng. Perkuatan yang digunakan berupa geotekstil jenis woven yang terbuat dari bahan *polypropylene silt*. Dari data hasil penelitian yang dilakukan diperoleh hasil, semakin besar kemiringan lereng maka daya dukung yang dihasilkan semakin kecil. Sedangkan untuk variasi rasio jarak pondasi ke tepi lereng, semakin jauh jarak pondasi ke puncak lereng, maka daya dukung yang dihasilkan semakin besar. Peningkatan daya dukung ultimit yang paling maksimal terjadi pada saat kemiringan lereng 46° dan rasio jarak pondasi ke tepi lereng ($d/B=3$) yaitu sebesar 3,220

Kata kunci : daya dukung pondasi menerus, lereng tanah pasir, perkuatan geotekstil, variasi kemiringan lereng, variasi jarak pondasi ke tepi lereng

PENDAHULUAN

Dewasa ini dunia konstruksi di Indonesia berkembang sangat pesat, salah satu contohnya adalah bidang konstruksi dalam pembangunan tempat tinggal penduduk. Dengan jumlah penduduk di Indonesia yang semakin tidak terkendali ini menuntut pembangunan tempat tinggal harus dapat dibangun tidak hanya pada lokasi tanah yang baik dan yang mempunyai daya dukung tinggi, mengingat keterbatasan lahan yang ada. Salah satu contohnya adalah pembangunan tempat tinggal di atas suatu lereng. Padahal suatu bangunan pasti membutuhkan struktur tanah yang kuat untuk menopang beban bangunan tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah inovasi guna meningkatkan daya

dukung tanah lereng secara signifikan. Salah satunya dengan cara memperkuat tanah lereng dengan menggunakan geotekstil. Geotekstil dapat berfungsi untuk memberikan tambahan kekuatan pada tanah guna menopang kuat tarik yang terjadi akibat beban yang diterima oleh tanah sehingga tidak mengalami keruntuhan. Dalam penggunaan geotekstil perlu diperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya kelongsoran. Faktor yang paling krusial yang berpengaruh terhadap rentannya kelongsoran adalah kemiringan sudut dari lereng tersebut. Jarak pondasi ke tepi lereng juga akan mempengaruhi terhadap kestabilan lereng. Oleh karena itu dilakukan sebuah penelitian guna mencari parameter kemiringan lereng dan jarak pondasi ke tepi lereng yang

menghasilkan daya dukung paling maksimum pada sebuah lereng dengan perkuatan geotekstil, sehingga kelongsoran dapat sedikit dihindari.

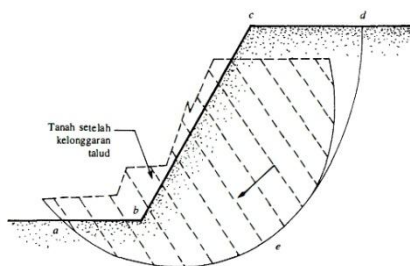
TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mekanisme peningkatan daya dukung pondasi di atas lereng pada lereng tanpa perkuatan dengan setelah diberi perkuatan geotekstil. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh variasi kemiringan lereng dan jarak pondasi ke tepi lereng pada peningkatan daya dukung pondasi di atas lereng. Serta kondisi mana yang menghasilkan keadaan daya dukung paling maksimum.

TINJAUAN PUSTAKA

Keruntuhan pada lereng

Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang memiliki kemiringan terhadap bidang horizontal, karena tidak datarnya permukaan serta karena faktor berat sendiri dari tanah dan gaya gravitasi, menyebabkan tanah cenderung bergerak kebawah dan bisa mengakibatkan longsor seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Kelongsoran Lereng
(Sumber : Das, B.M. 1993. *Mekanika Tanah Jilid 2*)

Menurut pengamatan yang dilakukan oleh Collin (1846) kelongsoran tanah sering terjadi dengan bentuk lengkung. Bentuk tersebut dibagi menjadi tiga macam yaitu, kelongsoran ujung kaki lereng yang

terjadi ketika tanah di atas dan di bawah lereng bersifat homogen, Yang kedua adalah kelongsoran lereng terjadi karna sudut lereng terlalu besar. Dan yang terakhir kelongsoran dasar terjadi karena sudut lereng yang kecil dan tanah di bagian bawah terlalu halus.

Anilisi Daya Dukung Pondasi Dangkal di Atas Lereng Tanpa Perkuatan

Analisis daya dukung (*bearing capacity*) mempelajari tentang kemampuan tanah mendukung beban pondasi diatansnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser unutm melawan tahanan geser yang dikerehkan tanah disepanjang bidang gesernya. Analisis tanah dilakukan secara pendekatan dan dianggap sebgai bahan yang plastis (Prandtl, 1921).

Solusi Meyerhof - Gemperline

Pada teori ini persamaan memperhatikan faktor bentuk pondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah di atas dasar pondasi. Adapun daya dukung batas dari pondasi dinyatakan pada persamaan berikut;

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

Untuk tanah pasir, Meyerhof menyatakan daya dukung dengan persamaan berikut;

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

dimana;

q_u = daya dukung (kN/m^2)

B = Lebar pondasi (cm)

$N_{\gamma q}, N_{cq}$ = Faktor daya dukung

γ = Berat isi tanah (gr/cm^3)

c = kohesi (kN/m^2)

Gemperline (Shield, 1997)

menghitung $N_{\gamma q}$ dengan Persamaaan berikut:

$$N\gamma q = f_{\phi} \times f_{\beta} \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{Df/B, B/L} \times f_{\alpha, b/B} \times f_{\alpha, b/Df, Df/B} \times f_{\alpha, b/B, B/L}$$

dimana;

ϕ = sudut geser dalam tanah ($^{\circ}$)
 α = sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$)
 B = lebar pondasi (inchi)
 Df = kedalam pondasi (inchi)
 L = panjang pondasi (inchi)
 d = jarak pondasi ke puncak lereng (inchi)

$$f_{\phi} = 10^{(0,1159\phi - 2,386)}$$

$$f_{\beta} = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)}$$

$$f_{Df/B} = 1 + 0,65 (Df/B)$$

$$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L)$$

$$f_{Df/B, B/L} = 1 + 0,39 (Df/L)$$

$$f_{\alpha, b/B} = 1 - 0,8 \left[1 - (1 - \tan \alpha)^2 \right] \left\{ \frac{2}{2 + (b/B)^2 \tan \alpha} \right\}$$

$$f_{\alpha, b/Df, Df/B} = 1 + 0,6 (B/L) \left[1 - (1 - \tan \alpha)^2 \right] \left\{ \frac{2}{2 + (b/B)^2 \tan \alpha} \right\}$$

$$f_{\alpha, b/B, B/L} = 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \left\{ \frac{2}{2 + (b/B)^2 \tan \alpha} \right\}$$

Solusi Hansen dan Vesic

Untuk kondisi $b = 0$, Hansen menyatakan daya dukung batas dari pondasi menerus tersebut pada persamaan berikut;

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

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

dimana;

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

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

$q_u = \gamma$. D_f = daya dukung (kN/m^2)

Bearing Capacity Improvement (BCI)

Bearing Capacity Improvement (BCI) adalah suatu perbandingan rasio yang menjelaskan perbandingan antara daya dukung tanah saat diberi perkuatan dengan daya dukung tanah tanpa diberi perkuatan. Perbandingan rasio dapat dilihat pada persamaan berikut;

$$BCI = \frac{q}{q_0}$$

Dimana;

BCI = *Improvement Bearing Capacity*

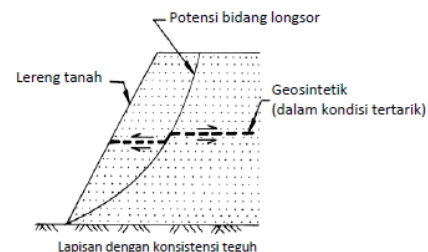
q = daya dukung dengan perkuatan

q_0 = daya dukung tanpa perkuatan

(dalam hal ini perkuatan yang dipergunakan adalah geotekstil)

Perkuatan Geotekstil

Lereng tanah yang diperkuat umumnya terdiri dari timbunan padat yang digabungkan dengan perkuatan geosintetik yang disusun ke arah horisontal. Ketika tanah dan geosintetik digabungkan, material komposit (tanah yang diperkuat) tersebut menghasilkan kekuatan tekan dan tarik tinggi sehingga dapat menahan gaya yang bekerja dan deformasi. Pada tahapan tersebut, geosintetik berlaku sebagai bagian tahanan tarik yang digabungkan ke tanah/timbunan dan menjaga stabilitas massa tanah. Mekanisme kerja geotekstil pada tanah dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut;



Gambar 2 Dasar Mekanisme Perkuatan Lereng Tanah dengan Geosintetik
 (Sumber : DPU. 2009. *Pedoman Konstruksi Bangunan: Perencanaan dan Pelaksanaan Pekuatan tanah dengan Geosintetik No. 003/BM/2009*)

Pada penelitian ini dipilih geosintetik sebagai perkuatan karena memiliki kelebihan daripada tipe geosintetik yang lain. Geotekstil merupakan bahan geosintetik yang paling banyak digunakan. Bentuknya seperti tekstil pada umumnya, tetapi terdiri dari serat-serat sintetis sehingga selain lentur, juga tidak ada masalah penyusutan seperti pada material dari

serat alam seperti wol, katun ataupun sutera. Terdiri dari tiga jenis yaitu woven (teranyam), non woven (tidak teranyam), dan knitted (rajutan). Geotekstil memiliki fungsi sebagai separator, perkuatan, filter drainase dan proteksi.

METODE PENELITIAN

Pengujian Dasar

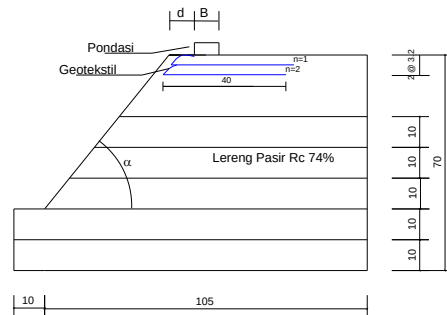
Dalam penelitian ini dipergunakan tanah pasir dengan pemadatan relative (Rc) 74%. Dilakukan uji pemeriksaan dasar pada tanah, yaitu antara lain:

- Pemeriksaan analisis saringan menurut ASTM C-136-46
- Pemeriksaan berat jenis butiran tanah mengikuti ASTM D-854-58
- Kepadatan standart (*Compaction*) mengikuti ASTM D-698-70
- Pemeriksaan kekuatan geser langsung (*Direct Shear*) menurut ASTM D-3080-72
- Pengujian kepadatan dengan alat uji *sand cone*

Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Pada penelitian ini dibuat 9 sampel untuk lereng tanpa perkuatan dan 9 sampel untuk lereng dengan menggunakan perkuatan. Terdapat 3 variabel untuk kemiringan lereng antara lain 46°, 51°, dan 56°. Selain itu juga terdapat 3 variabel untuk jarak pondasi ke tepi lereng dengan rasio d/B antara lain 1, 2, 3. Variabel tersebut dinyatakan sebagai variabel bebas.

Pondasi digunakan dengan lebar 4 cm. Untuk sampel lereng dengan perkuatan geotekstil, menggunakan jumlah perkuatan sebanyak satu lapis (n=1), dengan jarak antar geotekstil (sv) sebesar 3,2 cm dan panjang geotekstil sebesar (L) 40 cm. Model test lereng dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Model Lereng Penelitian

Pemodelan lereng dilakukan pada sebuah box berukuran panjang 1,50 m, lebar 1,0 m, dan tinggi 1,0. Dasar dan sisi box berupa pelat baja dengan tebal 1,2 mm, kecuali sisi depan box menggunakan bahan fiber glass. Box dibuat kaku agar dapat mempertahankan kondisi regangan.

Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada 9 variasi lereng tanpa perkuatan dan 9 variasi lereng dengan perkuatan. Dengan variabel berupa variasi lebar pondasi dan variasi kemiringan lereng. Variasi perlakuan pemodelan lereng dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Varasi Lereng tanpa Perkuatan

RC 74% Lebar Pondasi (B) = 4 cm Jumlah Lapisan (n) = 1	D		
	d/B = 1	d/B = 2	d/B = 3
$\alpha = 46^\circ$	√	√	√
$\alpha = 51^\circ$	√	√	√
$\alpha = 56^\circ$	√	√	√

Setelah dilakukan uji pembebanan pada sampel, diperoleh hasil beban runtuh maksimum dan penurunan yang terjadi. Lalu dihitung besar daya dukung batas pada tiap sampel dengan persamaan sebagai berikut;

$$q_u = \frac{P_u}{A}$$

dimana;

P_u = beban runtuh maksimum (kg)

A = luasan pondasi (cm²)

Kemudian dilakukan analisis peningkatan daya dukung atau *bearing*

capacity improvement (BCI) seperti dijelaskan pada tinjauan pustaka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daya Dukung Tanah Pasir dengan Rc 74% untuk Lereng Tanpa Perkuatan

Analisis daya dukung tanah tanpa perkuatan dilakukan dengan metode analitik serta metode eksperimen. Metode analitik diperoleh dengan menggunakan solusi Meyerhof-Gemperline serta solusi Hansen. Sedangkan untuk metode eksperimen diperoleh dengan melakukan percobaan terhadap sampel dengan jumlah yang telah ditetapkan. Hasil dari semua analisis ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Nilai daya dukung Pondasi pada lereng tanpa perkuatan antara analitik dan eksperimen lereng tanpa perkuatan

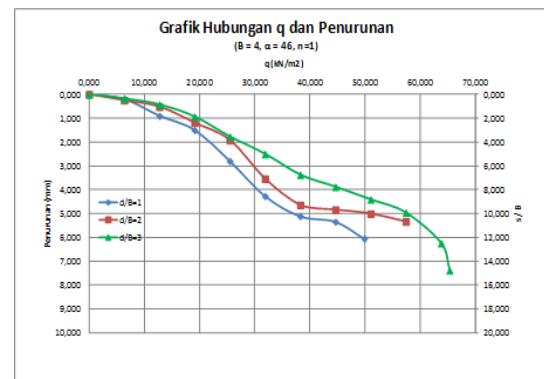
No	Variabel Tetap	Variabel Bebas	Metode Meyerhof-Gemperline (kN/m ²)	Metode Hansen (kN/m ²)	Eksperimen (kN/m ²)
1	B=4cm	$\alpha = 46^\circ$; d/B = 1	14,710	6,392	19,643
2		$\alpha = 46^\circ$; d/B = 2	14,717	6,407	19,898
3		$\alpha = 46^\circ$; d/B = 3	14,728	6,421	20,281
4		$\alpha = 51^\circ$; d/B = 1	14,676	6,387	18,622
5		$\alpha = 51^\circ$; d/B = 2	14,684	6,403	19,005
6		$\alpha = 51^\circ$; d/B = 3	14,697	6,419	19,338
7		$\alpha = 56^\circ$; d/B = 1	14,642	6,383	16,837
8		$\alpha = 56^\circ$; d/B = 2	14,651	6,4	17,092
9		$\alpha = 56^\circ$; d/B = 3	14,666	6,418	17,985

Analisis daya Dukung untuk lereng dengan Perkuatan pada Variasi Lebar Pondasi dan Kemiringan Lereng

Pada analisis daya dukung dengan perkuatan diperoleh hasil paling maksimum saat kemiringan lereng 46° dengan rasio jarak pondasi ke tepi lereng (d/B=3). Hasil dari percobaan di laboratorium di tampilkan pada **Tabel 3** dan **Gambar 4**.

Tabel 3 Nilai daya dukung dan penurunan saat kemiringan lereng 46° dengan variasi rasio jarak pondasi ke tepi lereng.

Sudut Kemiringan Lereng	d/B	Penurunan (mm)	qu (kN/m ²)
46°	1	6,055	49,872
	2	5,345	57,398
	3	7,390	65,306



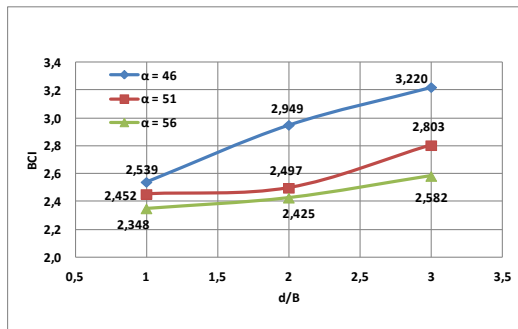
Gambar 4 Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng menggunakan perkuatan saat kemiringan lereng 46° dengan rasio jarak pondasi ke tepi lereng.

Analisis Bearing Capacity Improvement Berdasarkan Daya Dukung Batas (BCIu)

Hasil analisis nilai BCIu paling maksimum terjadi pada kemiringan lereng 46° dan rasio jarak pondasi ke tepi lereng (d/B=3) dengan nilai 3,220. Hasil dari analisis dapat dilihat pada **Tabel 4** dan **Gambar 5**

Tabel 4 Nilai BCIu untuk variasi rasio jarak pondasi ke tepi lereng

KEMIRINGAN LERENG	D/B	qu (kN/m ²)	qu lereng tanpa perkuatan (kN/m ²)	BCI
46	1	49,872	19,643	2,539
	2	58,673	19,898	2,949
	3	65,306	20,281	3,220
51	1	45,663	18,622	2,452
	2	47,449	19,005	2,497
	3	54,337	19,388	2,803
56	1	39,541	16,837	2,348
	2	41,454	17,092	2,425
	3	46,429	17,985	2,582



Gambar 5 Grafik perbandingan peningkatan BCIu antar lereng dengan perkuatan pada variasi rasio jarak pondasi ke tepi lereng.

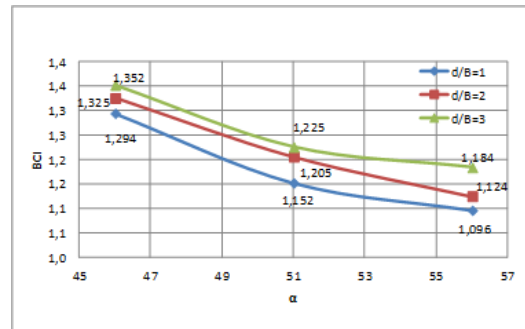
Dapat dilihat juga pada hasil percobaan bahwa terjadi peningkatan daya dukung lereng ketika sebelum diberi perkuatan dengan setelah diberi perkuatan berupa geotekstil. Hal ini ditunjukkan dengan nilai BCIu yang lebih dari 1.

Analisis Bearing Capacity Improvement Berdasarkan Penurunan saat s/B (rasio penurunan) 4% (BCIs)

Hasil analisis nilai BCIs paling maksimum terjadi pada saat kemiringan lereng 46° dan rasio jarak pondasi ke tepi lereng (d/B=3) dengan nilai 1,352. Hasil dari analisis dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Gambar 6**

Tabel 5 Nilai BCIs untuk variasi rasio jarak pondasi ke tepi lereng (d/B)

KEMIRINGAN LERENG	D/B	qu (kN/m ²)	qu lereng tanpa perkuatan (kN/m ²)	BCI (s)
46	1	19.622	15.159	1.294
	2	22.921	17.293	1.325
	3	24.052	17.786	1.352
51	1	16.258	14.118	1.152
	2	18.990	15.756	1.205
	3	19.983	16.308	1.225
56	1	15.139	13.818	1.096
	2	16.509	14.682	1.124
	3	18.024	15.229	1.184



Gambar 6 Grafik perbandingan peningkatan BCIs antar lereng dengan perkuatan pada variasi rasio jarak pondasi ke tepi lereng pada saat s/B=4%

Pengaruh Kemiringan Lereng dan Rasio Jarak Pondasi ke Tepi Lereng terhadap Nilai Daya Dukung

Pada eksperimen yang telah dilakukan dengan membuat pemodelan fisik lereng Rc 74%, diperoleh hasil bahwa terjadi peningkatan daya dukung ketika sebelum diberi perkuatan geotekstil dan setelah diberi perkuatan geotekstil. Hal ini ditunjukkan pada nilai BCI yang lebih besar dari satu (>1).

Data hasil eksperimen pada variasi kemiringan lereng menunjukkan bahwa semakin besar sudut maka daya dukung yang dihasilkan semakin kecil. Dan daya dukung maksimum terjadi pada saat kemiringan lereng 46°.

Pada variasi rasio jarak pondasi ke tepi lereng, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa semakin jauh jarak pondasi dari puncak lereng maka daya dukung yang dihasilkan semakin besar. Dan daya dukung maksimum terjadi pada saat rasio jarak pondasi ke tepi lereng (d/B=3).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, 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 besar kemiringan lereng, maka daya dukung yang dihasilkan akan semakin menurun
3. Semakin jauh jarak pondasi dari puncak lereng, maka daya dukung yang dihasilkan akan semakin besar.
4. Berdasarkan analisis nilai BC_I yang terjadi, variasi yang memberikan nilai daya dukung paling optimum terjadi pada saat $\alpha = 46^\circ$ dan $d/B=3$.
5. Berdasarkan analisis nilai BC_I yang terjadi, variasi yang memberikan nilai daya dukung paling optimum terjadi pada saat $\alpha = 46^\circ$ dan $d/B=3$.

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.
- 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.
- Shields D.H., Scott J.D., Bauer G.E., Deschenes J.H. and Barsvary A.K. (1977). *Bearing Capacity of Foundation near Slopes*, Proc. 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo, Japan, 2: 715-720.
- 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.