

# PENGARUH KEPADATAN DAN VARIASI LOKASI TIANG (*PILE*) TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH PADA PEMODELAN FISIK LERENG PASIR

**Batara Bima, Widodo Suyadi, Suroso**

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan M.T. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail : batz\_arjun@yahoo.com

## ABSTRAK

Semua struktur atau bangunan pasti dibangun di atas tanah, sehingga diperlukan tanah yang mampu menahan beban struktur atau bangunan tersebut. Baik buruknya suatu tanah tergantung pada kekuatan (*strength*) dan stabilitas (*stability*). Kekuatan tanah merupakan ketidakmampulayaan suatu tanah untuk menahan geser. Dalam hal ini struktur atau bangunan tersebut tidak boleh runtuh. Sedangkan tanah erat kaitannya dengan penurunan (*settlement*), dalam hal ini struktur atau bangunan tersebut tidak boleh berpindah dan tidak mengalami penurunan yang berbeda (*different settlement*) maupun penurunan yang berlebihan serta tidak mengalami rotasi. Ada kalanya pondasi harus dibangun di permukaan lereng (*on face of slope*) atau di atas lereng (*on top of slope*). Hal tersebut dikarenakan struktur atau bangunan memang harus dibangun di daerah yang tidak rata, atau bisa juga dikarenakan keterbatasan lahan datar (*plain ground*). Masalah yang akan timbul ketika suatu pondasi harus dibangun di permukaan lereng atau di atas lereng adalah penurunan daya dukung (*bearing capacity*) tanah. Untuk mencegah terjadinya kegagalan pada pondasi maka perlu diadakan investigasi terhadap kondisi daya dukung tanah dari suatu jenis tanah. Salah satu teknik perkuatan lereng yang digunakan dengan menggunakan pile. Tujuan pemasangan pile pada bagian lereng untuk menahan pergerakan tanah yang menuju ke arah lereng guna meningkatkan kemampuan kekuatan geser lereng. Maka dari itu perlu diadakan penelitian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perkuatan pile terhadap daya dukung yang terjadi pada lereng. Dalam penelitian ini digunakan pasir yang berasal dari Lumajang dengan pasir bergradasi kasar dan pile dengan tulangan bambu komposit dengan variasi kepadatan dan lokasi penempatan perkuatan. Penelitian ini menggunakan bak uji berukuran panjang 1,50 m, lebar 1,0 m, dan panjang 1,0 m. Pembebanan dilakukan dengan memberikan beban secara bertahap sampai pemodelan mengalami keruntuhan. Dari hasil penelitian yang dilakukan bahwa perkuatan pile mampu untuk meningkatkan daya dukung secara signifikan, dengan mengetahui letak posisi perkuatan yang paling baik maka akan menghasilkan daya dukung yang optimum. Pengaruh kepadatan juga memegang peranan penting untuk meningkatkan kekuatan geser pada tanah. Analisis finite element method (*FEM*) digunakan untuk membantu mengerti perilaku tanah yang terjadi.

**Kata-kata kunci:** Perkuatan lereng, pile dengan tulangan bambu komposit, bearing capacity improvement, Finite element method (*FEM*).

## PENDAHULUAN

Beban struktur atau bangunan akan ditransferkan ke tanah di bawahnya melalui pondasi (*foundation*). Ada kalanya pondasi harus dibangun di permukaan lereng (*on face of slope*) atau di atas lereng (*on top of slope*). Hal tersebut dikarenakan struktur atau bangunan memang harus dibangun di daerah yang tidak rata, atau bisa juga dikarenakan keterbatasan lahan datar (*plain ground*). Contoh pondasi yang harus dibangun di permukaan lereng atau di atas lereng antara lain pondasi abutment jembatan, retaining

walls dan sebagainya. Masalah yang akan timbul ketika suatu pondasi harus dibangun di permukaan lereng atau di atas lereng adalah penurunan daya dukung (*bearing capacity*) tanah.

Selama beberapa tahun terakhir, studi mengenai peningkatan stabilitas (*stability*) dan daya dukung (*bearing capacity*) tanah pada lereng menjadi hal yang paling penting dalam penelitian geoteknik. Kenyataannya terdapat beberapa cara untuk meningkatkan stabilitas dan daya dukung (*bearing capacity*) tanah pada lereng. Cara-cara tersebut antara

lain dengan memodifikasi geometri permukaan tanah, perkuatan tanah, membangun *retaining walls* dan sebagainya.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa terjadi penurunan daya dukung (*bearing capacity*) tanah pada lereng, maka dilakukan penelitian lanjutan dengan memberikan perkuatan pada lereng (*slope reinforcement*) yang bertujuan untuk meningkatkan daya dukung (*bearing capacity*) tanahnya.

*Pile* telah berhasil digunakan untuk menstabilkan kelongsoran aktif lereng dan berhasil meningkatkan daya dukung (*bearing capacity*) tanah pada lereng. *Pile* sebagai salah satu alternatif perkuatan lereng banyak diterapkan karena mudah dalam pemasangannya dan tidak mengganggu keseimbangan dari lereng. Penambahan perkuatan menggunakan *pile* berfungsi sebagai sebuah penahan untuk mengurangi pergerakan tanah pada permukaan lereng. Hal ini mengakibatkan permukaan runtuhnya akan lebih panjang dan menghasilkan daya dukung yang lebih besar.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, kepadatan tanah sering diabaikan dan diasumsikan tidak memiliki pengaruh terhadap daya dukung (*bearing capacity*) tanah pada lereng. Padahal jika diberikan kepadatan optimum maka akan menghasilkan kekuatan tanah yang maksimum. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh kepadatan dan variasi lokasi *pile* pada permodelan fisik terhadap daya dukung (*bearing capacity*) tanah pada lereng, terutama lereng pasir.

Masalah yang akan dibahas pada studi ini adalah:

1. Berapa besar daya dukung tanah pada lereng tanpa perkuatan tiang (*pile*) dengan  $Dr = 74\%$  ?
2. Berapa besar daya dukung tanah pada lereng tanpa perkuatan tiang (*pile*) dengan  $Dr = 88\%$  ?

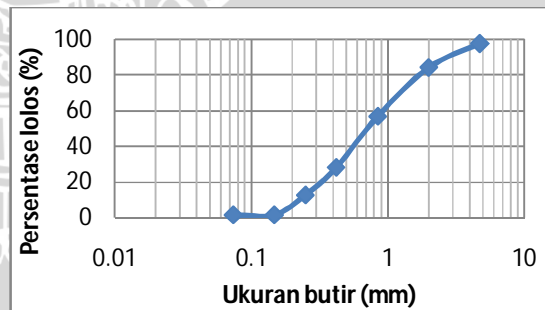
3. Berapa besar daya dukung tanah pada lereng dengan perkuatan tiang (*pile*) dengan  $Dr = 74\%$  ?
4. Berapa besar daya dukung tanah pada lereng dengan perkuatan tiang (*pile*) dengan  $Dr = 88\%$  ?
5. Bagaimana pengaruh variasi lokasi tiang (*pile*) dan kepadatan terhadap daya dukung tanah pada lereng?

### METODE PENELITIAN

Secara garis besar, penelitian ini terbagi menjadi dua tahapan.

#### A. Pengujian Dasar

Dilakukan uji dasar terlebih dahulu terhadap tanah yang akan dipakai, yaitu tanah jenis pasir dengan gradasi halus dan sedang 1:2. Distribusi ukuran tanah pasir yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1. Pengujian dasar yang dilakukan antara lain analisis saringan, berat jenis butiran tanah, uji geser langsung, kepadatan standar, pengujian untuk mencari modulus elastisitas tanah dan pengujian mencari modulus elastisitas *pile*. Hasil dari pengujian dasar ini dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 1 Grafik Pembagian Ukuran Butiran

Tabel 1 Hasil Uji Dasar Tanah Pasir

Keterangan		Nilai		Satuan
		Dr 74%	Dr 88%	
Berat Jenis	Gs	2,69		-
Berat Isi Kering	$\gamma_d$	13,2	16,1	kN/m <sup>3</sup>
Kohesi	c	0,4	0,5	kN/m <sup>2</sup>
Sudut Geser	$\Phi$	34,40	38,68	°
Modulus Elastisitas Tanah	$E_{tanah}$	311	2427	kN/m <sup>2</sup>
Modulus Elastisitas Tiang ( <i>Pile</i> )	$E_{pile}$	939,66		MPa

**B. Model Test (Box)**

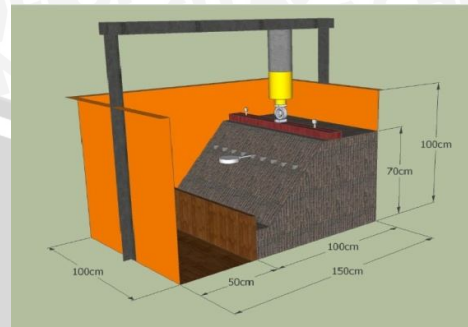
Pembebanan dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Dongkrak hidrolik dihubungkan oleh frame baja pada box uji dengan penambahan silinder beton. Untuk pembacaan pembebanan menggunakan *proving ring*, yang mempunyai kapasitas pembacaan 10 ton. Setiap pembacaan satu strip pada *proving ring* harus dikalibrasi terlebih dahulu untuk mengetahui beban yang terjadi dengan setiap satu strip sama dengan 23 Kg. Untuk mengetahui beban yang digunakan menggunakan *control stress*.

Adapun saat pembebanan menggunakan media transfer balok kayu agar pembebanan dari dongkrak hidrolik dapat merata pada permukaan model test. Ukuran balok kayu yang digunakan memiliki dimensi 10 x 5 x 100 cm. Box uji yang digunakan pada model test memiliki ukuran 150 x 100 x 100 cm. Sedangkan pada model lereng yang akan dibuat memiliki ukuran 100 x 70 x 100 cm.

Adapun langkah-langkah pengujian pada model *test* adalah sebagai berikut:

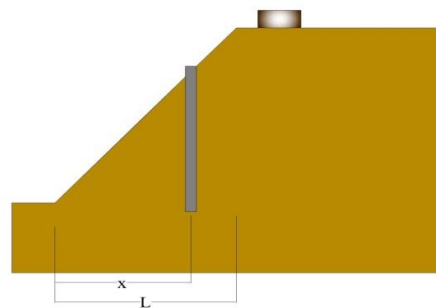
1. Mempersiapkan tanah pasir dengan gradasi halus sampai sedang.
2. Memasukkan pasir per lapisan ( tiap lapisan 10 cm ) ke dalam *box*. Tiap lapisan dipadatkan dengan cara ditumbuk dengan alat *proctor* sebanyak 660 kali.
3. Tiap lapisan diambil sampel tanahnya untuk pengujian kadar air dan pengujian kepadatan tanah dengan menggunakan *density ring*.
4. Memasukkan sebaris *pile* dengan dimensi (panjang dan diameter), jarak antar *pile*, dan pada lokasi yang telah ditentukan.
5. Membentuk lereng dengan memiliki kemiringan sudut  $50^{\circ}$ .
6. Memberikan beban pada bagian puncak lereng sepanjang lebar lereng dengan besar beban satu strip secara bertahap.
7. Melakukan pembacaan alat uji pada model test.
8. Pengamatan dilakukan sampai model test mulai mencapai keruntuhan

Model yang merupakan benda uji akan dibuat seperti pada gambar 2.



**Gambar 2** Model Lereng Pengujian

Setiap jenis penelitian yang dilakukan untuk mengetahui perilaku pengaruh perkuatan salah satu variabel konstan dengan variable yang berbeda. Variabel tetap yang digunakan adalah diameter *pile*  $D$ , jarak antar *pile*  $D_1$ , panjang *pile*  $H$ , dan jarak tepi bawah lereng ke tepi atas lereng  $L$ . Sedangkan variabel bebas merupakan posisi pile dengan jarak dari tepi bawah lereng ke pusat diameter *pile*  $x$  dapat dilihat pada gambar 3. Percobaan ini terdapat 8 buah benda uji yang akan diujikan dengan 4 variasi lokasi Sebelum melakukan langkah pengujian lereng menggunakan *pile*, terlebih dahulu dilakukan pengujian lereng tanpa perkuatan. Adapun untuk variasi perkuatan variabel data yang diuji dapat dilihat pada tabel 2.



**Gambar 3** Posisi Geometri

Tabel 2 Data Variabel Dari Model Lereng

Dr (%)	x/L	D (cm)	D <sub>1</sub> (cm)	H (cm)	α (°)
74	0,905	2,54	10	40	50
	0,690				
	0,452				
	0,214				
88	0,905	2,54	10	40	50
	0,690				
	0,452				
	0,214				

Analisis yang digunakan dalam studi ini terdiri dari:

**A. Analisis Daya Dukung Lereng tanpa Perkuatan Tiang (Pile)**

Dalam analisis daya dukung tanah pada lereng tanpa perkuatan *pile* dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

- secara analisis (metode GEO 1993, metode Hansen, metode Vesic, metode Meyerhof, dan metode Shields 1990)
- secara numerik (menggunakan program PLAXIS)
- dengan eksperimen di laboratorium

**B. Analisis Daya Dukung Lereng dengan Perkuatan Tiang (Pile)**

Dalam analisis daya dukung tanah pada lereng dengan perkuatan *pile* hanya dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- secara numerik (menggunakan program PLAXIS)
- dengan eksperimen di laboratorium

**C. Analisis Bearing Capacity Improvement (BCI)**

*Bearing Capacity Improvement* (BCI) dapat ditentukan berdasarkan dua hal, yaitu daya dukung pada saat ultimit (BCI<sub>u</sub>) dan daya dukung pada penurunan yang sama (BCI<sub>s</sub>). BCI adalah perbandingan antara daya dukung saat diberi perkuatan tiang dengan daya dukung tanpa perkuatan. Pertambahan nilai BCI menggambarkan semakin meningkatnya daya dukung lereng setelah

diberikan perkuatan. Hal ini dapat dilihat dari semakin besarnya beban yang mampu ditahan oleh lereng setelah diberikan perkuatan dibandingkan sebelum diberikan perkuatan.

$$BCI_u = \frac{q_{u(R)}}{q_u} \quad (1)$$

$$BCI_s = \frac{q(R)}{q} \quad (2)$$

dengan:

q<sub>u(R)</sub> = daya dukung ultimit dengan perkuatan

q<sub>u</sub> = daya dukung ultimit tanpa perkuatan

q(R) = daya dukung dengan perkuatan saat penurunan sebesar s

q = daya dukung tanpa perkuatan saat penurunan sebesar s

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Daya Dukung Lereng tanpa Perkuatan Tiang (Pile) pada Dr = 74%**

**A. Berdasarkan Analitik**

Hasil daya dukung yang diperoleh disajikan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3 Nilai Daya Dukung secara Analitik (Dr = 74%)

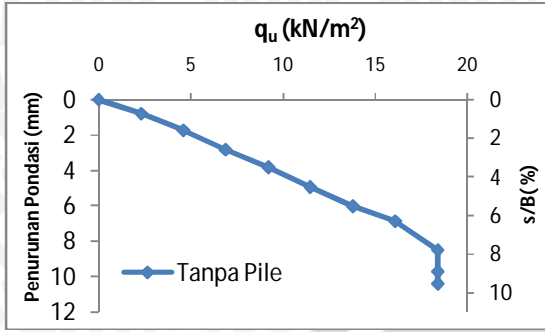
Metode Analitik	q <sub>u</sub> (gr/cm <sup>2</sup> )	q <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
GEO 1993	36,06	3,606
Hansen	27,26	2,726
Vesic	45,34	4,534
Meyerhof	24,27	2,427
Shields 1990	33,99	3,399

**B. Berdasarkan Eksperimen**

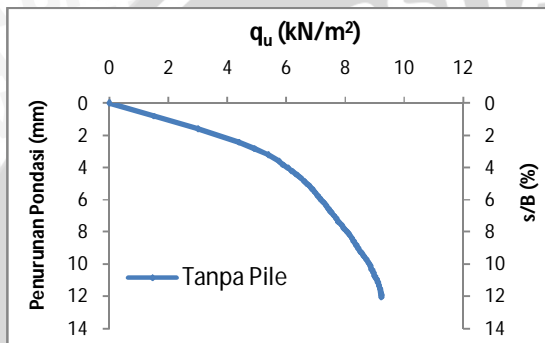
Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada lereng tanpa perkuatan sebesar 184 kg, sehingga diperoleh nilai daya dukung sebesar 18,4 kN/m<sup>2</sup>. Hasil ini terlihat dalam grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan seperti pada gambar 4.

**C. Berdasarkan Numerik (PLAXIS)**

Nilai daya dukung lereng tanpa perkuatan yang didapatkan dari metode numerik sebesar 9,222 kN/m<sup>2</sup>. Hasil ini dalam grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan seperti pada gambar



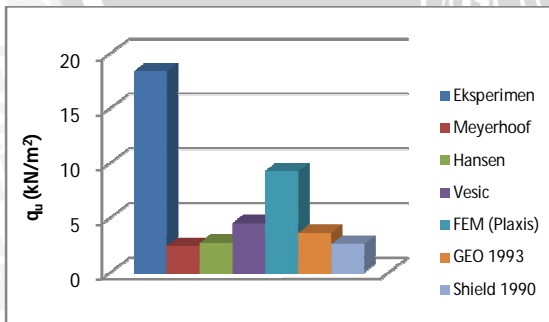
**Gambar 4** Grafik Hubungan antara Daya Dukung dengan Penurunan dan Rasio Penurunan pada Lereng tanpa Perkuatan berdasarkan Eksperimen ( $D_r = 74\%$ )



**Gambar 5** Grafik Hubungan antara Daya Dukung dengan Penurunan dan Rasio Penurunan pada Lereng tanpa Perkuatan berdasarkan Eksperimen ( $D_r = 74\%$ )

**D. Perbandingan Nilai Daya Dukung**

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng tanpa perkuatan tiang (*pile*) berdasarkan metode analitik, eksperimen dan numerik terlihat dalam gambar 6.

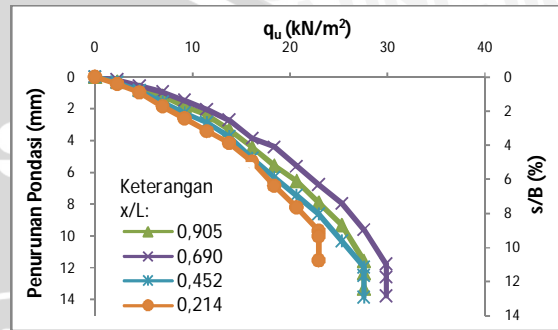


**Gambar 6** Grafik Perbandingan Nilai Daya Dukung Berbagai Metode pada Lereng tanpa Perkuatan ( $D_r = 74\%$ )

**2. Daya Dukung Lereng dengan Perkuatan Tiang (*Pile*) pada  $D_r = 74\%$**

**A. Berdasarkan Eksperimen**

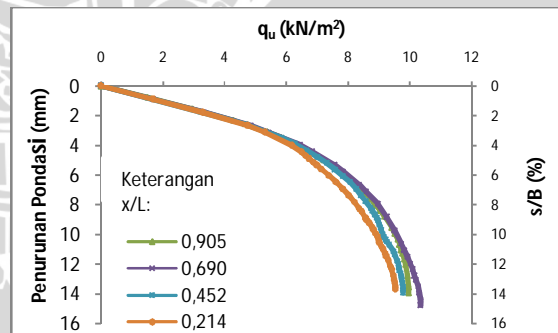
Hasil nilai daya dukung berdasarkan eksperimen ditunjukkan dalam grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan seperti pada gambar 7.



**Gambar 7** Grafik Hubungan antara Daya Dukung dengan Penurunan dan Rasio Penurunan pada Lereng dengan Perkuatan berdasarkan Eksperimen ( $D_r = 74\%$ )

**B. Berdasarkan Numerik (PLAXIS)**

Hasil nilai daya dukung berdasarkan numerik dapat dilihat dalam grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan seperti pada gambar 8.



**Gambar 8** Grafik Hubungan antara Daya Dukung dengan Penurunan dan Rasio Penurunan pada Lereng tanpa Perkuatan berdasarkan Eksperimen ( $D_r = 74\%$ )

**C. Perbandingan Nilai Daya Dukung**

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng dengan perkuatan tiang (*pile*) berdasarkan eksperimen dan metode numerik terlihat dalam tabel 4.

**Tabel 4** Perbandingan Nilai Daya Dukung Dr = 74%

x/L	q <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	
	Eksperimen	FEM
0,905	27,6	9,961
0,690	29,9	10,357
0,452	27,6	9,781
0,214	23	9,525

**3. Daya Dukung Lereng tanpa Perkuatan Tiang (Pile) pada Dr = 88%**

**A. Berdasarkan Analitik**

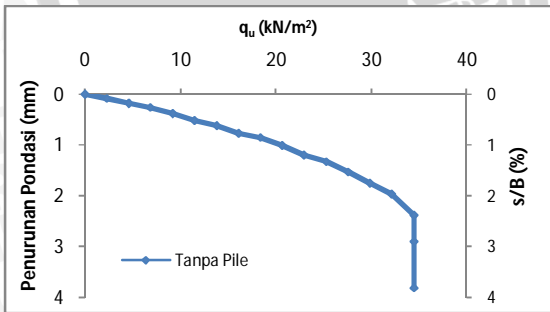
Hasil daya dukung yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 5

**Tabel 5** Nilai Daya Dukung secara Analitik (Dr = 88%)

Metode Analitik	q <sub>u</sub> (gr/cm <sup>2</sup> )	q <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
GEO 1993	87,95	8,795
Hansen	68,34	6,834
Vesic	110,59	11,059
Meyerhof	53,56	5,356
Shields 1990	129,92	12,992

**B. Berdasarkan Eksperimen**

Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada lereng tanpa perkuatan sebesar 345 kg, sehingga diperoleh nilai daya dukung sebesar 34,5 kN/m<sup>2</sup>. Hasil ini terlihat dalam grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan seperti pada gambar 9.

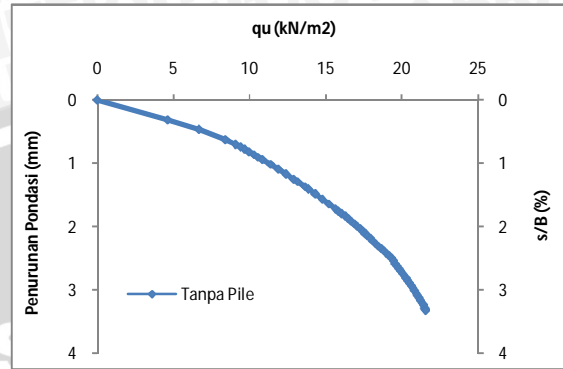


**Gambar 9** Grafik Hubungan antara Daya Dukung dengan Penurunan dan Rasio Penurunan pada Lereng tanpa Perkuatan berdasarkan Eksperimen (Dr = 88%)

**C. Berdasarkan Numerik (PLAXIS)**

Nilai daya dukung lereng tanpa perkuatan yang didapatkan dari metode numerik sebesar 21,565 kN/m<sup>2</sup>. Hasil ini dapat dilihat dalam grafik hubungan antara

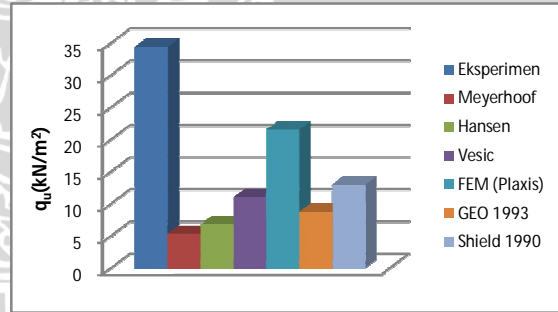
daya dukung dengan penurunan seperti pada gambar 10.



**Gambar 10** Grafik Hubungan antara Daya Dukung dengan Penurunan dan Rasio Penurunan pada Lereng tanpa Perkuatan berdasarkan Eksperimen (Dr = 88%)

**D. Perbandingan Nilai Daya Dukung**

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng tanpa perkuatan tiang (pile) berdasarkan metode analitik, eksperimen dan numerik ditunjukkan dalam gambar 11.

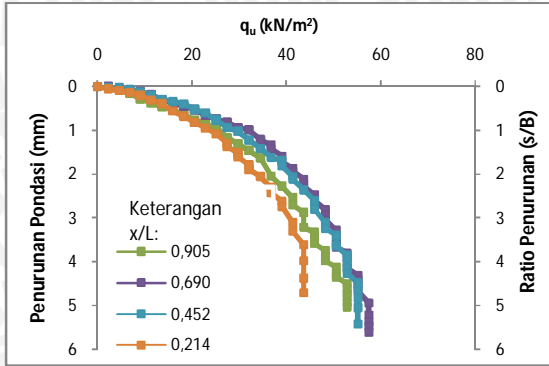


**Gambar 11** Grafik Perbandingan Nilai Daya Dukung Berbagai Metode pada Lereng tanpa Perkuatan (Dr = 88%)

**4. Daya Dukung Lereng dengan Perkuatan Tiang (Pile) pada Dr = 88%**

**A. Berdasarkan Eksperimen**

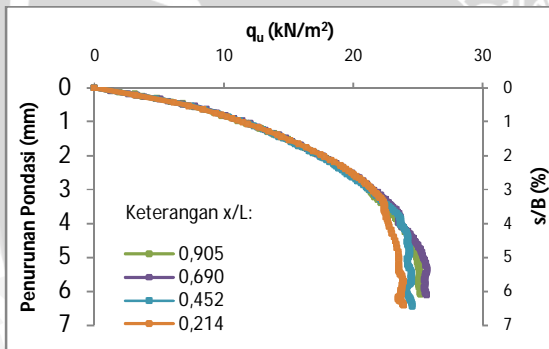
Hasil nilai daya dukung berdasarkan eksperimen ditunjukkan dalam grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan seperti pada gambar 12.



**Gambar 12** Grafik Hubungan antara Daya Dukung dengan Penurunan dan Rasio Penurunan pada Lereng dengan Perkuatan berdasarkan Eksperimen ( $Dr = 88\%$ )

**B. Berdasarkan Numerik (PLAXIS)**

Hasil nilai daya dukung berdasarkan numerik terlihat dalam grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan seperti pada gambar 13.



**Gambar 13** Grafik Hubungan antara Daya Dukung dengan Penurunan dan Rasio Penurunan pada Lereng tanpa Perkuatan berdasarkan Eksperimen ( $Dr = 88\%$ )

**C. Perbandingan Nilai Daya Dukung**

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng dengan perkuatan tiang (*pile*) berdasarkan eksperimen dan metode numerik dapat dilihat dalam tabel 6.

**Tabel 6** Perbandingan Nilai Daya  $Dr = 88\%$

x/L	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	
	Eksperimen	FEM
0,905	9,961	25,231
0,690	10,357	25,701
0,452	9,781	24,555
0,214	9,525	23,879

**5. Bearing Capacity Improvement (BCI)**

**A. BCI berdasarkan Daya Dukung Ultimit ( $BCI_u$ )**

Nilai BCI berdasarkan daya dukung ultimit ( $BCI_u$ ) untuk masing-masing kepadatan relatif dan variasi lokasi dapat dilihat pada tabel 7 dan tabel 8.

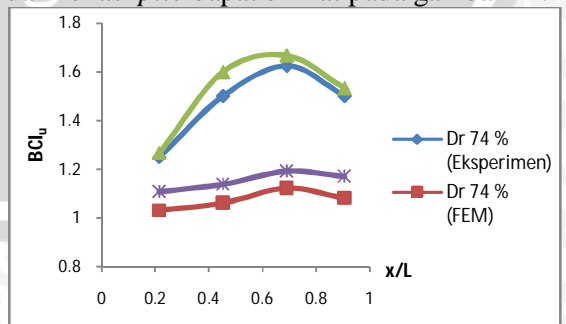
**Tabel 7** Nilai  $BCI_u$  berdasarkan Hasil Eksperimen

Dr (%)	x/L	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$BCI_u$
74	0,905	27,6	1,5
	0,69	29,9	1,625
	0,452	27,6	1,5
	0,214	23	1,25
88	0,905	52,900	1,533
	0,69	57,500	1,667
	0,452	55,200	1,600
	0,214	43,700	1,267

**Tabel 8** Nilai  $BCI_u$  berdasarkan Hasil PLAXIS

Dr (%)	x/L	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$BCI_u$
74	0,905	9,961	1,080
	0,69	10,357	1,123
	0,452	9,781	1,061
	0,214	9,525	1,033
88	0,905	25,231	1,170
	0,69	25,701	1,192
	0,452	24,555	1,139
	0,214	23,879	1,107

Peningkatan nilai  $BCI_u$  akibat pengaruh dari lokasi *pile* dapat dilihat pada gambar 14.



**Gambar 14** Grafik Perbandingan  $BCI_u$  antara Hasil Eksperimen dengan Metode Numerik

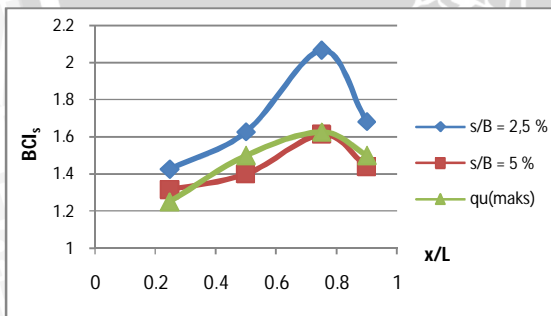
**B. BCI berdasarkan Rasio Penurunan (BCI<sub>s</sub>)**

Hasil nilai BCI<sub>s</sub> pada perkuatan lereng x/L = 0,905, x/L = 0,690, x/L = 0,452 dan x/L = 0,214 dapat dilihat pada tabel. Pada tabel 9, nilai BCI<sub>s</sub> didapatkan dari rasio penurunan (s/B) 2,5%, 5%, dan q<sub>u(maks)</sub>.

**Tabel 9** Nilai BCI<sub>s</sub> berdasarkan Hasil Eksperimen Dr = 74%

s/B (%)	x/L	q <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	BCI <sub>s</sub>
2,5	0,905	10,36	1,68
	0,690	12,74	2,07
	0,452	10,02	1,63
	0,214	8,78	1,42
5	0,905	16,55	1,44
	0,690	18,56	1,61
	0,452	16,10	1,40
	0,214	15,10	1,31
q <sub>u(maks)</sub>	0,905	27,60	1,50
	0,690	29,90	1,63
	0,452	27,60	1,50
	0,214	23,00	1,25

Peningkatan nilai BCI<sub>s</sub> akibat pengaruh dari lokasi *pile* pada variasi nilai s/B untuk Dr = 74% dapat dilihat pada gambar 15.



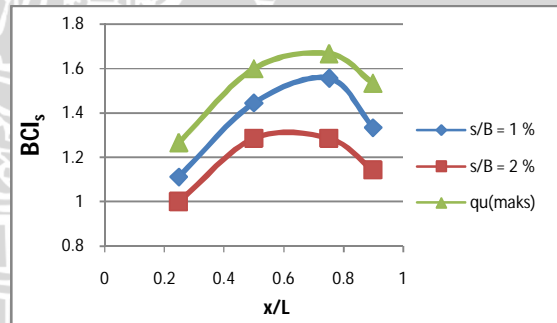
**Gambar 15** Grafik Nilai BCI<sub>s</sub> Dr = 74%

Pada Dr = 88% BCI divariasikan pada nilai s/B 1%; 2%; dan q<sub>u(maks)</sub>. Hasil BCI dengan variasi nilai s/B untuk Dr = 88% dapat dilihat pada tabel 10.

**Tabel 10** Nilai BCI<sub>s</sub> berdasarkan Hasil Eksperimen Dr = 88%

s/B (%)	x/L	q <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	BCI <sub>s</sub>
1	-	20,7	-
	0,905	27,6	1,33
	0,690	32,2	1,56
	0,452	29,9	1,44
	0,214	23	1,11
2	-	32,2	-
	0,905	36,8	1,14
	0,690	41,4	1,29
	0,452	41,4	1,29
	0,214	32,2	1,00
q <sub>u(maks)</sub>	-	34,5	-
	0,905	52,9	1,53
	0,690	57,5	1,67
	0,452	55,2	1,60
	0,214	43,7	1,27

Peningkatan nilai BCI<sub>s</sub> akibat pengaruh dari lokasi *pile* pada variasi nilai s/B untuk Dr = 88% dapat dilihat pada gambar 16.



**Gambar 16** Grafik Nilai BCI<sub>s</sub> Dr = 88%

**6. Pengaruh Kepadatan dan Lokasi Tiang (Pile) terhadap Nilai Daya Dukung**

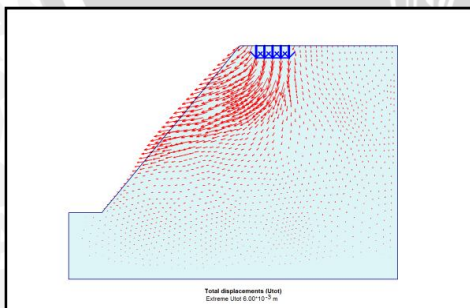
Pada saat lereng dibebani dekat di tepi lereng, tanah bergerak bebas menuju arah lereng. Pergerakan tersebut dapat dilihat pada gambar 17, hal ini mengakibatkan daya dukung yang terjadi lebih rendah daripada saat pada kondisi di tanah datar. Dengan adanya perkuatan pada lereng dengan menggunakan *pile* seperti pada gambar 18 maka fungsi *pile* itu sendiri sebagai penahan pergerakan tanah agar tidak langsung



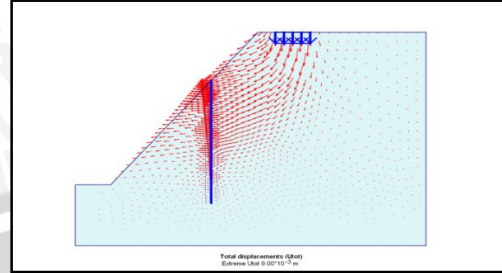
bergerak bebas menuju lereng. Pengaruh dari perkuatan *pile* itu sendiri mengakibatkan adanya kenaikan daya dukung pada lereng. Pada penelitian deformasi tanah tidak dapat dilihat, bentuk deformasi yang terjadi dapat dilihat dengan analisis FEM melalui program PLAXIS 8.2.

Faktor kepadatan juga mempengaruhi besarnya daya dukung tanah yang terjadi. Kepadatan relatif yang besar menunjukkan daya dukung pada tanah yang dihasilkan juga semakin meningkat, hal ini disebabkan semakin padat tanah tersebut maka mempunyai angka pori yang kecil dan memiliki sudut geser dalam yang besar.

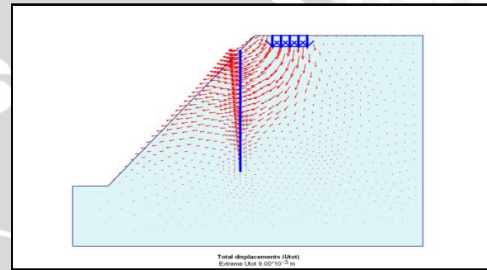
Untuk lokasi penempatan dari hasil analisis FEM dan hasil eksperimen, perkuatan lereng pada lokasi tengah atas merupakan lokasi yang menghasilkan daya dukung optimum. Dapat dilihat pada gambar 18 dan gambar 19 hal ini dikarenakan pada posisi perkuatan sebagai perbandingan diletakkan pada posisi atas dan tengah atas dengan ukuran panjang *pile* yang sama, ternyata panjang penjangkaran *pile* pada posisi tengah atas lebih dalam sehingga posisi tersebut mampu secara efektif untuk menahan pergerakan tanah ke arah lereng. Sedangkan pada posisi atas, karena *pile* menerima gaya pergerakan dari tanah yang sangat besar sementara panjang penjangkaran pada *pile* tidak cukup dalam.



Gambar 17 Vektor Perpindahan Lereng tanpa Perkuatan



Gambar 18 Vektor Perpindahan Lereng dengan Perkuatan Posisi  $x/L = 0,690$



Gambar 19 Vektor Perpindahan Lereng dengan Perkuatan Posisi  $x/L = 0,905$

## KESIMPULAN DAN SARAN

Tujuan dari penelitian ini ingin mengetahui pengaruh kepadatan dan variasi lokasi perkuatan pada lereng pada pemodelan fisik lereng pasir. Adapun dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Bahwa perkuatan lereng dengan menggunakan *pile* dapat meningkatkan daya dukung pada lereng hal ini dapat dilihat dengan menggunakan rasio BCI yang semakin meningkat jika lereng diperkuat.
2. Kepadatan memegang peranan penting pada besarnya daya dukung tanah yang terjadi, bahwa semakin padat tanah tersebut maka akan memberikan pengaruh daya dukung yang besar.
3. Perkuatan lereng menggunakan *pile* memberikan efek kenaikan faktor BCI yang lebih signifikan daripada hanya memperbaiki kepadatan tanah menjadi lebih padat.
4. Untuk pengaruh lokasi dengan besar kepadatan relatif yang sama maka posisi tengah atas merupakan posisi yang memberikan nilai BCI yang paling tinggi.

5. Dengan letak posisi perkuatan yang sama peningkatan nilai BCI tidak begitu signifikan dengan semakin meningkatnya kepadatan tanah. Dengan hasil eksperimen yang dilakukan posisi tengah merupakan posisi yang paling mempunyai pengaruh kepadatan yang paling besar terhadap meningkatnya BCI pada lereng,
6. Analisis melalui program PLAXIS 8.2 dilakukan untuk memverifikasi penelitian yang dilakukan. Hasil dari program PLAXIS 8.2 pada grafik perbandingan daya dukung dengan penurunan dan nilai BCI menunjukkan bentuk perilaku trend yang sama walaupun terdapat perbedaan pada hasil yang lebih kecil dari hasil eksperimen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amri, Farid Al.** 2011. *Pengaruh Variasi Diameter dan Lokasi Pile sebagai Perkuatan Tanah pada Pemodelan Fisik Stabilitas Lereng Tanah Pasir*. Tugas Akhir Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Sipil FT Unibraw.
- Azzam, W.R. and A. Farouk.** 2010. *Experimental and Numerical Studies of Sand Slopes Loaded with Skirted Strip Footing*. Egypt: Lecturer, Soil Mechanics and Foundation Engineering, Faculty of Engineering, Tanta University.
- Bahloul, Khaled M. M.** *Behavior of Strip Footing Resting on Randomly Fiber Reinforced Sand Cushion Underlaid by a Layer of Soft Clay and Adjacent to a Slope*. Technical University of Engineering, Bucharest, Rumania.
- Bowles, Joseph E.** 1968. *Foundation Analysis and Design*. New York: Mc Graw-Hill Book Company International Student Edition.
- Castelli, F. and Lentini, V.** 2010. *Bearing Capacity of Shallow Foundations on Slopes: Experimental Analysis on Reduced Scale Models*. Department of Civil and Geoenvironmental Engineering Faculty of Engineering, University of Catania, Catania, Italy.
- Das, Braja M.** 1984. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Esmaili, D. and Hataf, N.** 2008. *Experimental and Numerical Investigation of Ultimate Load Capacity of Shell Foundation on Reinforced and Unreinforced Sand*. Department of Civil Engineering, Shiraz University, Iran.
- Haripal, P. K. dkk.** 2008. *Behavior of Surface Strip Footing on Geogrid Reinforced Sand Bed*. Department of Civil Engineering, National Institute of Technology, Rourkela.
- Huang, Ching-Chuan and Kang, Wen-Wei.** 2008. *The Effect of a Setback on The Bearing Capacity of a Surface Footing Near a Slope*. Department of Civil Engineering, National Cheng Kung University Tainan, Taiwan.
- Ip, Kai Wing.** 2005. *Bearing Capacity for Foundation Near Slope*. Department of Building, Civil and Environment Engineering, Concordia University, Canada.
- Marandi, S. M. dkk.** 2008. *Numerical Investigation Into the Behavior of Circular Pad Shallow Foundations Supported by Geogrid Reinforced Sand*. Civil Engineering Department, Bahonar University, Kerman, Iran.
- Meyerhof, G.G.** 1957. *The Ultimate Bearing Capacity of Foundations on Slopes*. London: The Proceedings of the Fourth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- Mostafa A. El Sawwaf.** 2004. *Strip Footing Behaviour on Pile and Sheet Pile-Stabilized Sand Slope*. Alexandria: Alexandria Engineering Journal Vol. 43 (2004) No 1, 41-54.
- Shin, E. C. and Das, B. M.** 2000. *Experimental Study of Bearing Capacity of a Strip Foundation on Geogrid Reinforced Sand*. Geosynthetics International.
- Thanapalasingam, J. and Gnanendran, C. T.** 2008. *Predicting the Performace of Foundations Near Reinforced Sloped Fills*. Civil and Mechanical Engineering, University of New South Wales at ADFA, Canberra, Australia.
- Zahmatkesh, A. and Choobbasti, A. J.** 2010. *Investigation of Bearing Capacity and Settlement of Strip Footing on Clay Reinforced with Stone Columns*. Department of Civil Engineering, Babol University of Technology, Babol, Iran.