

KATA PENGANTAR

Terima kasih Tuhan Yesus Kristus karena anugerah dan kasih yang diberikan oleh-Mu, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Kepadatan dan Variasi Lokasi Tiang (*Pile*) terhadap Daya Dukung Tanah pada Pemodelan Fisik Lereng Pasir”.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik, selain itu juga untuk menambah pengetahuan khususnya dalam bidang Geoteknik.

Pada kesempatan ini saya menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Sugeng P. Budio, MS dan Ir. Siti Nurlina, MT selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan yang membantu kelancaran skripsi ini.
2. Ir. As’ad Munawir, MT, dan Ir. Suroso, Dipl, HE, M. Eng sebagai dosen pembimbing atas segala arahan dan bimbingan yang telah diberikan.
3. Dr. Ir. Arief Rachmansyah, Ir. Widodo Suyadi, M.Eng, Dr. Eng. Yulvi Zaika, MT, Ir. Harimurti, MT dan Ir. Herlien Indrawahyuni sebagai dosen Geoteknik yang telah memberikan saran dan masukan pada skripsi ini.
4. Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS sebagai Kepala Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan.
5. Bapak Sugeng dan Mas Dino sebagai pihak Laboratorium yang sangat membantu yang telah meminjamkan alat – alat penelitian.
6. Gita, Dita, Fatim, Mas Faried, Nanda, Emon, Mahendra

Dengan segala keterbatasan kemampuan tentunya skripsi ini jauh dari sempurna. Karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan skripsi ini. Dan semoga skripsi ini membawa manfaat bagi kita semua.

Malang, Februari 2012

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI..... ii

DAFTAR TABEL..... vi

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR LAMPIRAN..... x

LEMBAR ORISINILITAS xi

RINGKASAN xiii

BAB I PENDAHULUAN 1

 1.1 Latar Belakang 1

 1.2 Identifikasi Masalah 3

 1.3 Batasan Masalah..... 3

 1.4 Rumusan Masalah 4

 1.5 Tujuan Penelitian..... 4

 1.6 Manfaat Penelitian..... 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 6

 2.1 Tanah 6

 2.1.1 Pengertian Tanah 6

 2.1.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified* (U.S.C.S)..... 6

 2.2 Lereng (*Slope*)..... 8

 2.2.1 Pengertian Lereng 8

 2.2.2 Pemodelan Fisik Lereng..... 8

 2.3 Pondasi (*Foundation*) 8

 2.3.1 Pengertian dan Jenis Pondasi 8

 2.3.2 Pola Keruntuhan Pondasi 9

 2.4 Daya Dukung Tanah (*Bearing Capacity*) 11

 2.5 Daya Dukung pada Tanah Datar 11

 2.6 Daya Dukung Tanah pada Lereng Tanpa Perkuatan..... 14

 2.6.1 Metode Hansen 14

 2.6.2 Metode Vesic..... 17

 2.6.3 Metode GEO (1993) 17

 2.6.4 Metode Meyerhoof 19

 2.6.5 Metode Shields (1990) 22

2.7 Analisis Daya Dukung Tanah pada Lereng dengan Perkuatan <i>Pile</i>	24
2.8 Analisis <i>Bearing Capacity Improvement</i> (BCI)	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	28
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian	28
3.3 Pengumpulan Data	29
3.4 Metode Penelitian	29
3.4.1 Uji Dasar	29
3.4.2 Persiapan Benda Uji	30
3.4.3 Model <i>Test</i>	30
3.4.4 Pengujian Pembebanan	33
3.5 Rancangan Percobaan	34
3.6 Variabel Penelitian	34
3.7 Analisis Data	35
3.7.1 Lereng Tanpa Perkuatan <i>Pile</i>	35
3.7.2 Lereng dengan Perkuatan <i>Pile</i>	35
3.8 Bagan Alir Tahapan Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Analisis Bahan	37
4.1.1 Analisis Pemeriksaan Saringan	37
4.1.2 Analisis Pemeriksaan Berat Jenis	38
4.1.3 Analisis Pemeriksaan Kepadatan Tanah	38
4.1.3.1 Kepadatan Tanah dengan Uji Standar <i>Proctor</i>	38
4.1.3.2 Kepadatan Tanah pada Uji Model	39
4.1.4 Pengujian <i>Direct Shear</i>	39
4.1.5 Analisis Pengujian Modulus Elastisitas Tanah	42
4.1.6 Analisis Pengujian Modulus Elastisitas <i>Pile</i>	44
4.1.7 Pengujian Model	44
4.2 Hasil Pengujian	45
4.2.1 Lereng Tanpa Perkuatan	45
4.2.1.1 Lereng Tanpa Perkuatan untuk Kepadatan Relatif (D_r) = 74%	45
4.2.1.2 Lereng Tanpa Perkuatan untuk Kepadatan Relatif (D_r) = 88%	46

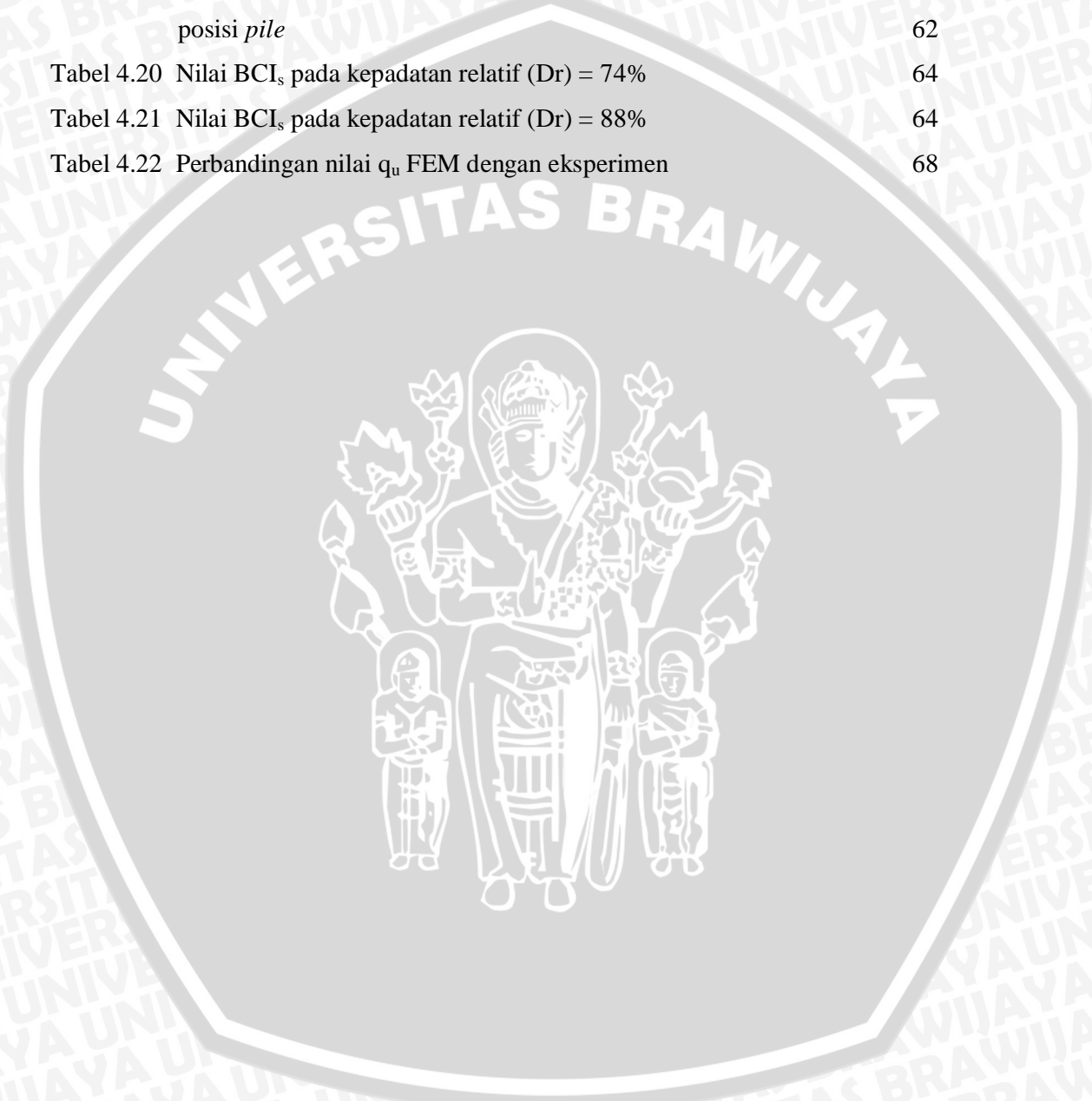
4.2.2 Lereng dengan Perkuatan	47
4.2.2.1 Lereng dengan Perkuatan untuk Kepadatan Relatif (Dr) terhadap Lokasi Pile.....	47
4.2.2.2 Lereng dengan Perkuatan untuk Variasi Lokasi terhadap Kepadatan Relatif (Dr)	50
4.2.3 Hasil Pengujian Kepadatan dan Kadar Air	51
4.2.3.1 Hasil Pengujian Kepadatan dan Kadar Air untuk Variasi Kepadatan Relatif (Dr) terhadap Lokasi <i>Pile</i>	51
4.2.3.2 Hasil Pengujian Kepadatan dan Kadar Air untuk Variasi Lokasi <i>Pile</i> terhadap Kepadatan Relatif (Dr)	52
4.2.4 Analisis Daya Dukung Lereng dengan Analisis Numerik	52
4.3 Analisis Daya Dukung Lereng	53
4.3.1 Analisis Daya Dukung Lereng Tanpa Perkuatan untuk Kepadatan Relatif (Dr) = 74%	53
4.3.1.1 Analisis Daya Dukung dengan Analitik.....	53
4.3.1.2 Analisis Daya Dukung Hasil Ekperimen.....	54
4.3.1.3 Analisis Daya Dukung dengan FEM	54
4.3.2 Analisis Daya Dukung Lereng Tanpa Perkuatan untuk Kepadatan Relatif (Dr) = 88%	55
4.3.2.1 Analisis Daya Dukung dengan Analitik.....	55
4.3.2.2 Analisis Daya Dukung Hasil Ekperimen.....	55
4.3.2.3 Analisis Daya Dukung dengan FEM	56
4.3.3 Analisis Daya Dukung Lereng dengan Perkuatan untuk Kepadatan Relatif (Dr) = 74%	56
4.3.3.1 Analisis Daya Dukung dengan Perkuatan Hasil Eksperimen.....	56
4.3.3.2 Analisis Daya Dukung dengan Perkuatan Hasil FEM.....	57
4.3.4 Analisis Daya Dukung Lereng dengan Perkuatan untuk Kepadatan Relatif (Dr) = 88%	58
4.3.4.1 Analisis Daya Dukung dengan Perkuatan Hasil Eksperimen.....	58
4.3.4.2 Analisis Daya Dukung dengan Perkuatan Hasil FEM.....	59
4.3.5 Perbandingan Daya Dukung Lereng Tanpa Perkuatan dengan Analitik, Eksperimen, dan FEM.....	60

4.3.5.1 Kepadatan Relatif (Dr) = 74%	60
4.3.5.2 Kepadatan Relatif (Dr) = 88%	61
4.3.6 Analisis BCI (<i>Bearing Capacity Improvement</i>)	62
4.3.6.1 Perbandingan BCI_u antara Hasil FEM dengan Eksperimen	62
4.3.6.2 Perbandingan BCI_s untuk Kepadatan Relatif (Dr) = 74% ...	63
4.3.6.3 Perbandingan BCI_s untuk Kepadatan Relatif (Dr) = 88% ...	64
4.3.7 Perbandingan Daya Dukung dengan Penurunan antara FEM dan Eksperimen	65
4.3.7.1 Kepadatan Relatif (Dr) = 74%	65
4.3.7.1 Kepadatan Relatif (Dr) = 88%	66
4.3.8 Pengaruh Kepadatan dan Variasi Lokasi <i>Pile</i> terhadap Daya Dukung	66
4.3.9 Simulasi Nilai Modulus Tanah (E) Pada Plaxis untuk Pendekatan dengan Hasil Eksperimen	68
BAB V PENUTUP	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	75

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Sistem klasifikasi <i>Unified</i> (U.S.C.S)	7
Tabel 2.2	Faktor daya dukung Hansen dan Vesic	15
Tabel 2.3	Faktor daya dukung GEO (1993)	18
Tabel 2.4	Tabel Nilai N_{cq}	21
Tabel 2.5	Tabel Nilai $N_{\gamma q}$	22
Tabel 3.1	Data variabel dari model lereng	34
Tabel 4.1	Data hasil pengujian berat jenis	38
Tabel 4.2	Nilai – nilai sudut dilatasi	42
Tabel 4.3	Nilai – nilai sudut geser dalam	42
Tabel 4.4	Nilai – nilai modulus elastisitas tanah	43
Tabel 4.5	Beban dan penurunan lereng tanpa perkuatan pada kepadatan relatif (D_r) = 74%	45
Tabel 4.6	Beban dan penurunan lereng tanpa perkuatan pada kepadatan relatif (D_r) = 88%	46
Tabel 4.7	Nilai x/L untuk setiap lokasi perkuatan	47
Tabel 4.8	Beban maksimum untuk setiap variasi kepadatan relatif (D_r) terhadap lokasi <i>pile</i>	50
Tabel 4.9	Beban maksimum untuk setiap variasi lokasi <i>pile</i> terhadap kepadatan relatif (D_r)	50
Tabel 4.10	Nilai berat isi kering tanah dan kadar air untuk variasi kepadatan relatif (D_r) terhadap lokasi <i>pile</i>	51
Tabel 4.11	Nilai berat isi kering tanah dan kadar air untuk variasi lokasi <i>pile</i> terhadap kepadatan relatif (D_r)	52
Tabel 4.12	Parameter material yang digunakan pada analisis numerik	52
Tabel 4.13	Nilai perhitungan ekuivalen EA dan EI	53
Tabel 4.14	Nilai daya dukung lereng dengan persamaan analitik untuk kepadatan relatif (D_r) = 74%	53
Tabel 4.15	Nilai daya dukung lereng dengan persamaan analitik untuk kepadatan relatif (D_r) = 88%	55
Tabel 4.16	Nilai daya dukung lereng tanpa perkuatan pada kepadatan relatif (D_r) = 74%	60

Tabel 4.17 Nilai daya dukung lereng tanpa perkuatan pada kepadatan relatif (D_r) = 88%	61
Tabel 4.18 Nilai BCI_u eksperimen untuk setiap kepadatan relatif (D_r) dengan posisi <i>pile</i>	62
Tabel 4.19 Nilai BCI_u FEM untuk setiap kepadatan relatif (D_r) dengan posisi <i>pile</i>	62
Tabel 4.20 Nilai BCI_s pada kepadatan relatif (D_r) = 74%	64
Tabel 4.21 Nilai BCI_s pada kepadatan relatif (D_r) = 88%	64
Tabel 4.22 Perbandingan nilai q_u FEM dengan eksperimen	68



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	<i>General shear failure</i>	9
Gambar 2.2	<i>Local shear failure</i>	10
Gambar 2.3	<i>Punching shear failure</i>	10
Gambar 2.4	Zona geser berdasarkan Teori Terzaghi	11
Gambar 2.5	Kurva penurunan terhadap beban	13
Gambar 2.6	Prosedur interpolasi linier untuk menentukan daya dukung ultimit pondasi dangkal di dekat lereng	16
Gambar 2.7	Pola keruntuhan pondasi di atas lereng	19
Gambar 2.8	Grafik nilai N_{cq}	20
Gambar 2.9	Grafik nilai N_{vq}	20
Gambar 2.10	Grafik persentase faktor lereng dengan kemiringan 2:1	24
Gambar 2.11	Grafik persentase daya dukung tanah datar untuk lereng dengan kemiringan 1,5 : 1	24
Gambar 2.12	Transformasi nilai EI dan EA <i>pile</i> dan tanah	26
Gambar 3.1	Model lereng percobaan	31
Gambar 3.2	Model lereng dengan <i>pile</i> di tengah dan sudut 50°	31
Gambar 3.3	Model lereng tampak atas	32
Gambar 3.4	Detail <i>pile</i>	32
Gambar 3.5	Model susunan pembebanan	33
Gambar 4.1	Grafik pembagian ukuran butiran	37
Gambar 4.2	Hubungan antara berat isi kering dengan kadar air	39
Gambar 4.3	Grafik hubungan tegangan geser maksimum dengan tegangan normal maksimum pada lapisan 3 ($Dr = 74$)	40
Gambar 4.4	Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser pada lapisan 3 ($Dr = 74\%$)	41
Gambar 4.5	Grafik hubungan perpindahan vertikal dengan perpindahan horizontal lapisan 3 pada beban 0,4 kg ($Dr = 74\%$)	41
Gambar 4.6	Grafik berat isi kering tanah dengan jumlah tumbukan	44
Gambar 4.7	Model geometri lereng	45
Gambar 4.8	Posisi nilai x dan L	47
Gambar 4.9a	Lereng dengan posisi <i>pile</i> di atas lereng	48

Gambar 4.9b	Lereng dengan posisi <i>pile</i> di tengah atas lereng	48
Gambar 4.9c	Lereng dengan posisi <i>pile</i> di tengah lereng	49
Gambar 4.9d	Lereng dengan posisi <i>pile</i> di bawah lereng	49
Gambar 4.10	Grafik perbandingan q_u dengan penurunan dan rasio penurunan	54
Gambar 4.11	Grafik perbandingan q_u dengan penurunan dan rasio penurunan	54
Gambar 4.12	Grafik perbandingan q_u dengan penurunan dan rasio penurunan	55
Gambar 4.13	Grafik perbandingan q_u dengan penurunan dan rasio penurunan	56
Gambar 4.14	Grafik perbandingan q_u dengan penurunan dan rasio penurunan	57
Gambar 4.15	Grafik perbandingan q_u dengan penurunan dan rasio penurunan	58
Gambar 4.16	Grafik perbandingan q_u dengan penurunan dan rasio penurunan	59
Gambar 4.17	Grafik perbandingan q_u dengan penurunan dan rasio penurunan	59
Gambar 4.18	Perbandingan nilai daya dukung tanpa perkuatan	60
Gambar 4.19	Perbandingan nilai daya dukung tanpa perkuatan	61
Gambar 4.20	Perbandingan nilai BCI_u FEM dengan eksperimen	63
Gambar 4.21	Grafik BCI_s untuk setiap rasio penurunan	64
Gambar 4.22	Grafik BCI_s untuk setiap rasio penurunan	65
Gambar 4.23	Perbandingan daya dukung dengan penurunan antara FEM dan eksperimen pada kepadatan relatif (D_r) = 74%	65
Gambar 4.24	Perbandingan daya dukung dengan penurunan antara FEM dan eksperimen pada kepadatan relatif (D_r) = 88%	66
Gambar 4.25	Perpindahan vektor untuk lereng tanpa perkuatan	67
Gambar 4.26	Perpindahan vektor untuk lereng dengan perkuatan <i>pile</i> pada posisi tengah atas	67
Gambar 4.27	Perpindahan vektor untuk lereng dengan perkuatan <i>pile</i> pada posisi atas	68
Gambar 4.28	Perbandingan daya dukung antara FEM dan eksperimen pada kepadatan relatif (D_r) = 74%	69
Gambar 4.29	Perbandingan daya dukung antara FEM dan eksperimen pada kepadatan relatif (D_r) = 88%	69

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data Hasil Pengujian Analisis Saringan	75
Lampiran 2	Data Hasil Kalibrasi Labu Ukur	76
Lampiran 3	Data Hasil Pengujian Kepadatan Standar <i>Proctor Test</i>	78
Lampiran 4	Data Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i>	80
Lampiran 5	Data Hasil Nilai Modulus Elastisitas (E) Tanah dengan <i>Loading Test</i>	114
Lampiran 6	Data Pengujian Elastisitas Bahan <i>Pile</i>	116
Lampiran 7	Data Hasil Trial Error Jumlah Tumbukan	118
Lampiran 8	Perhitungan Daya Dukung dengan Analitik pada Lereng Tanpa Perkuatan	122
Lampiran 9	Data Kadar Air (<i>Water Content</i>) tiap Lapisan	142
Lampiran 10	Data Kepadatan (<i>Density</i>) tiap Lapisan	144
Lampiran 11	Data Beban, Penurunan, dan Nilai Daya Dukung berdasarkan Eksperimen	149
Lampiran 12	Perhitungan Transformasi EA dan EI	158
Lampiran 13	Data Beban, Penurunan, dan Nilai Daya Dukung berdasarkan Analisis FEM	160
Lampiran 14	Gambar Deformasi pada Lereng dengan Analisis FEM	180

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya, di dalam naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70)



Malang, Maret 2012

Mahasiswa,

Nama : Batara Bima

NIM : 0710610033

Jurusan : TEKNIK SIPIL



Almost 4,5 years in malang to reach my future to become civil enggineering. Many memories, challenge, difficulties until I've done my study and process my character building. Thank you my Lord Jesus Christ, When I fall you raise me, when I lost my hope , weary you strength me you gave best people in arround me. I can do all things through christ who strengthens me (Philp 4 :13). Only by your grace not because my strength.

I would special thanks to my parents, rini, my lil' brother chris, Aruan's family, Pangaribuan's family, lodimeda kini. Thank you so much for support, pray, and love. I love you all. You're part of the most important in my life.

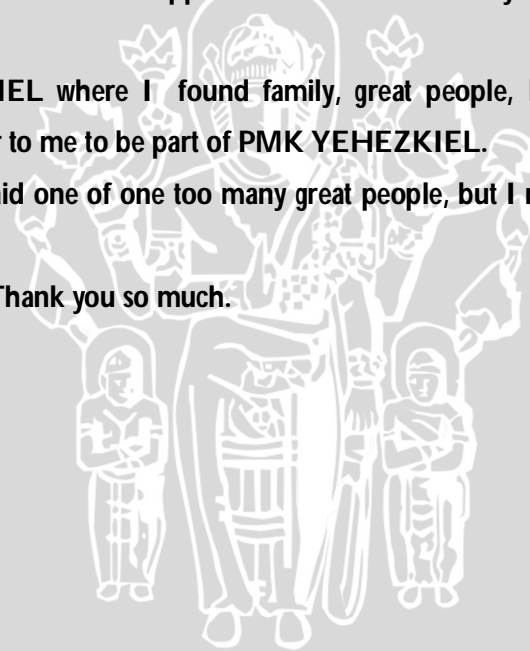
Thank you Om suroyo's family for your kindness and you received me to be your family especially to be your son.

My friend's Dodi, robert, aris, robie, you're not only just my best friend but you're my brother thank u so much for all support. I'll miss u dude Many memories with all of you, hahahah.....

PMK YEHEZKIEL where I found family, great people, I can learned many thing in here this honour to me to be part of PMK YEHEZKIEL.

Sorry if I can't said one of one too many great people, but I remember all of you Thank you so much.

With sincerely, Thank you so much.



RINGKASAN

Batara Bima, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Februari 2012, *Pengaruh Kepadatan dan Variasi Lokasi Tiang (Pile) Terhadap Daya Dukung Tanah Pada Pemodelan Fisik Lereng Pasir*, Dosen Pembimbing : Ir. Widodo Suyadi, M.Eng dan Ir. Suroso, Dipl.He, M.eng.

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 ketidakmampulayanan 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).