

# **ANALISIS LERENG DENGAN PERKUATAN PONDASI TIANG**

**Nama : Donald HHL  
NRP : 0321083**

**Pembimbing : Ibrahim Surya, Ir., M.Eng**

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA  
BANDUNG**

---

## **ABSTRAK**

Akibat kondisi dan struktur dari suatu lereng ,masalah keruntuhan menjadi masalah yang paling mengkhawatirkan yang timbul akibat penggunaan lereng. Untuk itu ada berbagai macam cara dan metoda yang dibuat oleh para ahli untuk menghilangkan atau mengurangi kemungkinan keruntuhan suatu lereng. Mulai dari metoda memperkuat lereng secara kimiawi sampai memberikan elemen perkuatan yang dimasukkan ke dalam lereng.

Metoda perkuatan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah perkuatan menggunakan pondasi tiang. Jadi pondasi tiang disini digunakan sebagai elemen perkuatan bukan sebagai penyalur beban dari struktur atas ke tanah.

Data tanah yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah data tanah yang berasal dari Cipularang. Tanah tersebut disimulasikan dengan beberapa macam kemiringan yang paling sering dijumpai dalam kondisi di lapangan. Pondasi tiang yang akan digunakan sebagai perkuatan diletakkan pada daerah lereng tersebut sebanyak satu barisan.

Tingkat kemungkinan suatu lereng runtuh dideskripsikan sebagai faktor keamanan suatu lereng. Jadi dalam tugas akhir ini analisis dilakukan dengan mencari nilai faktor keamanan dari suatu lereng dan memahami nilai-nilai faktor keamanan yang didapat. Dalam mencari nilai faktor keamanan ini digunakan metoda elemen hingga dalam bentuk penggunaan program Plaxis 7.11 dan menggunakan metoda hasil dari penelitian di lapangan dalam bentuk persamaan yang dibuat oleh S.Hassiotis, J.L. Chameau, M. Gunaratne.

Dari kedua metoda tersebut dapat dilihat akibat dari penggunaan pondasi tiang sebagai elemen perkuatan pada suatu lereng. Dari hasil analisis didapat beberapa kesimpulan seperti bahwa faktor jarak antara tiang dan posisi pondasi tiang pada suatu lereng mempengaruhi hasil faktor keamanan dan salah satu kesimpulan yang cukup tidak diduga sebelumnya adalah posisi yang salah dari penempatan pondasi tiang pada lereng akan memperlemah kestabilan dari lereng tersebut. Dengan adanya tugas akhir ini diharapkan adanya suatu masukan yang baru mengenai perkuatan dengan pondasi tiang sebagai elemen perkuatan pada suatu lereng.

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR</b> .....	i
<b>SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB 2 . TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Keruntuhan Lereng.....	5
2.2 Konsep Angka Keamanan.....	7
2.3 Jenis Perkuatan Lereng .....	8
2.4 Prinsip Kerja Perkuatan Lereng .....	13
2.5 Tinjauan Umum Pondasi Tiang .....	15
2.6 Prinsip Kerja Pondasi Tiang Sebagai Perkuatan Lereng.....	18

2.6.1	Mekanisme Transfer Perkuatan Fleksibel.....	21
2.6.2	Mekanisme Transfer Perkuatan Kaku.....	21
2.7	Penggunaan Metoda Limit Equilibrium dan Metoda Elemen Hingga dalam Mencari Kestabilan Lereng .....	22
2.8	Kestabilan Lereng dengan Pondasi Tiang Metoda Limit Equilibrium .....	24
2.9	Kestabilan Lereng dengan Pondasi Tiang Metoda Elemen Hingga	30

### **BAB 3. TINJAUAN PROGRAM KOMPUTER PLAXIS VERSI 7.11**

3.1	Kemampuan dan Fasilitas yang Dimiliki.....	41
3.2	Definisi Umum Mengenai Tegangan dan Regangan .....	43
3.3	Regangan Elastis .....	46
3.4	Regangan Plastis .....	47
3.5	Model Mohr-Coulomb .....	47
3.6	Kalkulasi Angka Keamanan.....	51

### **BAB 4. STUDI KASUS PERKUATAN LERENG**

4.1	Deskripsi .....	53
4.2	Lereng dan Pondasi Tiang.....	54
4.3	Penghitungan Faktor Keamanan dengan Plaxis 7.11 .....	56
4.3.1	Penghitungan Faktor Keamanan Lereng tanpa Pondasi Tiang	57
4.3.2	Penghitungan Faktor Keamanan Lereng dengan Pondasi Tiang .....	61

4.4	Penghitungan Faktor Keamanan dengan Prosedur Massa .....	84
4.4.1	Penghitungan Faktor Keamanan Lereng tanpa Pondasi Tiang	84
4.4.1.1	Lereng dengan Kemiringan 1:1.....	87
4.4.1.2	Lereng dengan Kemiringan 1:1.5.....	90
4.4.1.3	Lereng dengan Kemiringan 1:2.....	93
4.4.2	Penghitungan Faktor Keamanan Lereng dengan Pondasi Tiang .....	96
4.5	Perbandingan Faktor Keamanan Hasil Plaxis 7.11 dan Metoda Prosedur Massa .....	131
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan .....	133
5.2	Saran.....	135
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		137
<b>LAMPIRAN .....</b>		138

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- $A$  = Luas penampang pondasi tiang
- $c$  = kohesi
- $c_a$  = kohesi (persamaan prosedur massa)
- $c_d$  = kohesi yang terbentuk
- $\text{CEO}$  = sudut yang dibentuk antar  $F_t$  dan garis dari titik tengah lingkaran
- $D_1$  = jarak antara titik tengah pondasi tiang
- $D_2$  = jarak antara bagian dalam pondasi tiang
- $E$  = modulus elastisitas
- $E_c$  = modulus elastisitas beton
- $f_c'$  = kuat tekan beton
- $F_c$  = faktor keamanan akibat kohesi tanah
- $F_p$  =  $F_t/D_1$
- $F_t$  = Gaya yang diberikan oleh pondasi tiang
- $F_\theta$  = Faktor keamanan menurut  $\theta$
- $H$  = ketinggian lereng
- $i$  = sudut kemiringan lereng
- $I$  = momen inersia pondasi tiang
- $kN$  = kilo Newton
- $m$  = meter
- $mm$  = milimeter
- $N$  = Newton
- $q$  = tegangan yang diberikan oleh pondasi tiang

- $r$  = jari-jari lingkaran  
 $t$  = ton  
 $t/m$  = ton per meter  
 $t/m^2$  = ton per meter persegi  
 $t/m^3$  = ton per meter kubik  
 $u$  = sudut antara W dan garis yang menuju titik tengah lingkaran  
 $u_x$  = perpindahan arah x  
 $u_y$  = perpindahan arah y  
 $v$  = sudut antara W dan lingkaran  $r \sin \Phi$   
 $w$  = berat  
 $x$  = panjang ujung ke ujung lingkaran bidang runtuh  
 $y$  = sudut yang membagi lingkaran bidang runtuh sama besar  
 $z$  = kedalaman, m  
 $\eta$  = rasio jarak ujung keruntuhan dari tumit lereng terhadap tinggi lereng  
 $\gamma$  = berat volume tanah  
 $\gamma_{dry}$  = berat volume tanah kering  
 $\gamma_{wet}$  = berat volume basah dari tanah  
 $\gamma'$  = berat volume efektif tanah, setelah dikurangi dengan  $\gamma_w$   
 $\sigma$  = tegangan normal tanah  
 $\tau$  = tegangan geser tanah  
 $\nu$  = rasio *poisson*  
 $\phi$  = sudut geser dalam tanah

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Perkuatan <i>Strip</i> .....	9
Gambar 2.2 Perkuatan <i>Grid</i> .....	10
Gambar 2.3 Perkuatan Geotekstil .....	11
Gambar 2.4 Perkuatan <i>Rod</i> .....	12
Gambar 2.5 Perkuatan <i>Cellular</i> .....	12
Gambar 2.6 Transfer Friksi antara Tanah dan Perkuatan .....	13
Gambar 2.7 Friksi dan Tegangan Normal sepanjang dl .....	14
Gambar 2.8 Transfer Beban Melalui Perlawanan Pasif .....	15
Gambar 2.9 Perkuatan Lereng dengan Pondasi Tiang Diameter Besar .....	19
Gambar 2.10 Perkuatan Lereng dengan Inklusi Fleksibel .....	19
Gambar 2.11 Perkuatan Lereng dengan <i>Micropile</i> .....	20
Gambar 2.12 Interaksi Tanah dan Perkuatan dengan Struktur Fleksibel.....	21
Gambar 2.13 Interaksi Tanah dan Perkuatan dengan Struktur Kaku .....	22
Gambar 2.14 Tanah Berdeformasi Plastis di Sekitar Pondasi Tiang .....	21
Gambar 2.15 Gaya pada Lereng .....	27
Gambar 2.16 Gaya pada Lereng dengan Perkuatan.....	29
Gambar 2.17 Elemen Segitiga .....	34
Gambar 2.18 Elemen beam tiga titik nodal dan lima titik nodal .....	35
Gambar 2.19 Elemen <i>Interface</i> dengan Titik Nodal dan Titik Tegangan .....	35
Gambar 2.20 <i>Boundary Condition</i> pada Mesh .....	39
Gambar 2.21 Bentuk Elemen Hingga Pondasi Tiang pada Lereng .....	40

Gambar 3.1	Koordinat tiga dimensi dan konvensi tanda.....	44
Gambar 3.2	Bidang Tegangan Prinsipal .....	45
Gambar 3.3	Permukaan <i>Yield</i> Mohr-Coulomb .....	48
Gambar 3.4	Definisi $E_0$ dan $E_{50}$ untuk <i>drained triaxial test</i> standar .....	49
Gambar 3.5	Lingkaran tegangan saat <i>yield</i> .....	51
Gambar 4.1	Tampak Melintang Lereng dengan Kemiringan 1:1 .....	55
Gambar 4.2	Tampak Melintang Lereng dengan Kemiringan 1:1.5 .....	55
Gambar 4.3	Tampak Melintang Lereng dengan Kemiringan 1:2 .....	55
Gambar 4.4	Input <i>Data</i> Tanah Plaxis 7.11.....	57
Gambar 4.5	Mesh Lereng .....	58
Gambar 4.6	Mesh Keruntuhan Lereng.....	58
Gambar 4.7	Nilai Faktor Keamanan Lereng .....	58
Gambar 4.8	Mesh Lereng .....	59
Gambar 4.9	Mesh Keruntuhan Lereng .....	59
Gambar 4.10	Nilai Faktor Keamanan Lereng.....	59
Gambar 4.11	Mesh Lereng .....	60
Gambar 4.12	Mesh Keruntuhan Lereng.....	60
Gambar 4.13	Nilai Faktor Keamanan Lereng.....	60
Gambar 4.14	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	62
Gambar 4.15	Mesh Lereng .....	63
Gambar 4.16	Mesh Keruntuhan Lereng .....	63
Gambar 4.17	Nilai Faktor Keamanan Lereng.....	63
Gambar 4.18	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	64
Gambar 4.19	Mesh Lereng .....	64



Gambar 4.20	Mesh Keruntuhan Lereng .....	65
Gambar 4.21	Nilai Faktor Keamanan Lereng.....	65
Gambar 4.22	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	66
Gambar 4.23	Mesh Lereng .....	66
Gambar 4.24	Mesh Keruntuhan Lereng .....	67
Gambar 4.25	Nilai Faktor Keamanan Lereng.....	67
Gambar 4.26	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	68
Gambar 4.27	Mesh Lereng .....	68
Gambar 4.28	Mesh Keruntuhan Lereng .....	68
Gambar 4.29	Nilai Faktor Keamanan Lereng.....	69
Gambar 4.30	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	69
Gambar 4.31	Mesh Lereng .....	70
Gambar 4.32	Mesh Keruntuhan Lereng .....	70
Gambar 4.33	Nilai Faktor Keamanan Lereng.....	70
Gambar 4.34	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	71
Gambar 4.35	Mesh Lereng .....	71
Gambar 4.36	Mesh Keruntuhan Lereng .....	72
Gambar 4.37	Nilai Faktor Keamanan Lereng.....	72
Gambar 4.38	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	73
Gambar 4.39	Mesh Lereng .....	73
Gambar 4.40	Mesh Keruntuhan Lereng .....	73
Gambar 4.41	Nilai Faktor Keamanan Lereng.....	74
Gambar 4.42	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	74
Gambar 4.43	Mesh Lereng .....	75

Gambar 4.44	Mesh Keruntuhan Lereng .....	75
Gambar 4.45	Nilai Faktor Keamanan Lereng.....	75
Gambar 4.46	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	76
Gambar 4.47	Mesh Lereng .....	76
Gambar 4.48	Mesh Keruntuhan Lereng .....	77
Gambar 4.49	Nilai Faktor Keamanan Lereng .....	77
Gambar 4.50	Posisi Koordinat dari Pondasi Tiang.....	78
Gambar 4.51	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	79
Gambar 4.52	Mesh Lereng .....	79
Gambar 4.53	Mesh Keruntuhan Lereng .....	80
Gambar 4.54	Nilai Faktor Keamanan Lereng .....	80
Gambar 4.55	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	81
Gambar 4.56	Mesh Lereng .....	81
Gambar 4.57	Mesh Keruntuhan Lereng .....	81
Gambar 4.58	Nilai Faktor Keamanan Lereng .....	82
Gambar 4.59	Posisi Pondasi Tiang pada Lereng .....	82
Gambar 4.60	Mesh Lereng .....	83
Gambar 4.61	Mesh Keruntuhan Lereng.....	83
Gambar 4.62	Nilai Faktor Keamanan Lereng .....	83
Gambar 4.63	Posisi Titik o dan Jari Jari r.....	84
Gambar 4.64	Posisi Titik Berat Bidang Runtuh .....	85
Gambar 4.65	Posisi Cd .....	85
Gambar 4.66	Lingkaran $r \sin \Phi$ dan Sudut $v$ .....	86
Gambar 4.67	Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	87

Gambar 4.68	Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	88
Gambar 4.69	Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	89
Gambar 4.70	Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	90
Gambar 4.71	Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	91
Gambar 4.72	Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	92
Gambar 4.73	Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	93
Gambar 4.74	Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	94
Gambar 4.75	Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	95
Gambar 4.76	Tegangan $q$ .....	96
Gambar 4.77	Resultan $F_t$ dan $W$ .....	97
Gambar 4.78	Perpotongan $F_t$ dan $W$ .....	97
Gambar 4.79	Posisi Sudut $u$ dan $v$ .....	98
Gambar 4.80	Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	99
Gambar 4.81	Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	100
Gambar 4.82	Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	101
Gambar 4.83	Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	103
Gambar 4.84	Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	104
Gambar 4.85	Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	105
Gambar 4.86	Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	107
Gambar 4.87	Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	108
Gambar 4.88	Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	109
Gambar 4.89	Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	110
Gambar 4.90	Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	112
Gambar 4.91	Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	113

Gambar 4.92 Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	114
Gambar 4.93 Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	115
Gambar 4.94 Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	117
Gambar 4.95 Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	118
Gambar 4.96 Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	119
Gambar 4.97 Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	120
Gambar 4.98 Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	122
Gambar 4.99 Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	123
Gambar 4.100 Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	124
Gambar 4.101 Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	125
Gambar 4.102 Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	126
Gambar 4.103 Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	127
Gambar 4.104 Bidang Keruntuhan Lereng Pertama.....	128
Gambar 4.105 Bidang Keruntuhan Lereng Kedua .....	129
Gambar 4.106 Bidang Keruntuhan Lereng Ketiga .....	130

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 4.1 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	62
Tabel 4.2 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	64
Tabel 4.3 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	66
Tabel 4.4 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	68
Tabel 4.5 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	69
Tabel 4.6 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	71
Tabel 4.7 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	73
Tabel 4.8 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	74
Tabel 4.9 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	76
Tabel 4.10 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	79
Tabel 4.11 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	81
Tabel 4.12 Tabel Koordinat dan Faktor Keamanan .....	82
Tabel 4.13 Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Pertama .....	87
Tabel 4.14 Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Kedua .....	88
Tabel 4.15 Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Ketiga .....	89
Tabel 4.16 Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Pertama .....	90
Tabel 4.17 Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Kedua .....	91
Tabel 4.18 Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Ketiga .....	92
Tabel 4.19 Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Pertama .....	93
Tabel 4.20 Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Kedua .....	94

Tabel 4.21	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Ketiga.....	95
Tabel 4.22	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Pertama .....	100
Tabel 4.23	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Kedua.....	101
Tabel 4.24	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Ketiga.....	102
Tabel 4.25	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Pertama .....	103
Tabel 4.26	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Kedua.....	105
Tabel 4.27	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Ketiga.....	106
Tabel 4.28	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Pertama .....	107
Tabel 4.29	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Kedua.....	109
Tabel 4.30	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Ketiga.....	110
Tabel 4.31	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Pertama .....	111
Tabel 4.32	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Kedua.....	112
Tabel 4.33	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Ketiga.....	114
Tabel 4.34	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Pertama .....	115
Tabel 4.35	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Kedua.....	116
Tabel 4.36	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Ketiga.....	117
Tabel 4.37	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Pertama .....	119
Tabel 4.38	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Kedua.....	120
Tabel 4.39	Tabel Penggunaan Rumus untuk Lereng Ketiga.....	121
Tabel 4.40	Perbandingan FK Plaxis 7.11 dan Prosedur Massa.....	131
Tabel 4.41	Perbandingan FK Plaxis 7.11 dan Prosedur Massa.....	131
Tabel 4.42	Perbandingan FK Plaxis 7.11 dan Prosedur Massa.....	131
Tabel 4.43	Perbandingan FK Plaxis 7.11 dan Prosedur Massa.....	131
Tabel 4.44	Perbandingan FK Plaxis 7.11 dan Prosedur Massa.....	132

# DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1 Data Boring Log dan Hasil Uji Laboratorium .....	139