



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS KESTABILAN LERENG TAMBANG TERBUKANIKEL
DENGAN PARAMETER *GEOLOGICAL STRENGTH INDEX* (GSI),
ROCK MASS RATING (RMR), DAN *SLOPE MASS RATING* (SMR)
DI PT.ANEKA TAMBANG (ANTAM) *SITE* PAKAL, KECAMATAN
MABA, KABUPATEN HALMAHERA TIMUR, PROVINSI MALUKU**

TUGAS AKHIR

**GALANG VIRGIAWAN
21100112120011**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI**

**SEMARANG
DESEMBER 2016**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS KESTABILAN LERENG TAMBANG TERBUKA NIKEL
DENGAN PARAMETER *GEOLOGICAL STRENGTH INDEX* (GSI),
ROCK MASS RATING (RMR), DAN *SLOPE MASS RATING* (SMR)
DI PT.ANEKA TAMBANG (ANTAM) *SITE* PAKAL , KECAMATAN
MABA, KABUPATEN HALMAHERA TIMUR, PROVINSI MALUKU
UTARA**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Pendidikan Sarjana Program S-1 Pada Fakultas Teknik
Departemen Teknik Geologi
Universitas Diponegoro

Oleh :
Galang Virgiawan
21100112120011

Telah disetujui dan disahkan pada
Hari / Tanggal : 21 Desember 2016

Dosen Pembimbing I

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



Najib, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19771020 200501 1 001



Ir. Prakosa Rachwibowo, M.S.
NIP. 195203091983031001

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Geologi



Najib, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19771020 200501 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

NAMA : Galang Virgiawan
NIM : 21100112120011
Jurusan/Departemen : Teknik Geologi
Judul Skripsi : Analisis Kestabilan lereng tambang terbuka nikel dengan parameter Geological Strength Index (GSI), Rock Mass Rating (RMR), dan Slope Mass Rating (SMR) di PT.Aneka Tambang (ANTAM) site Pakal , Kecamatan Maba, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 (S-1) pada Jurusan/Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing I : Najib, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19771020 200501 1 001

Pembimbing II : Ir. Prakosa Rachwibowo, M.S.
NIP. 195203091983031001

Penguji : Ir. Wahyu Krisna Hidajat, MT.
NIP. 195909091987031001

Semarang, 21 Desember 2016
Ketua Departemen Teknik Geologi,



Najib, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19771020 200501 1 001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

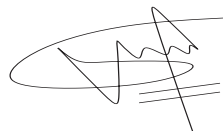
Nama : Galang Virgiawan
NIM : 21100112120011
Jurusan/Departemen : Teknik Geologi
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

” Analisis Kestabilan Lereng Tambang Terbuka Nikel dengan Parameter Geological Strength Index (GSI), Rock Mass Rating (RMR), dan Slope Mass Rating (SMR) di PT.Aneka Tambang (Antam) Site Pakal , Kecamatan Maba, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara ”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan, dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 21 Desember 2016
Yang menyatakan



(Galang Virgiawan)

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

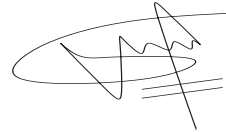
Dengan ini saya Galang Virgiawan menyatakan bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini adalah asli karya saya sendiri dan Tugas Akhir ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S-1) dari Universitas Diponegoro maupun perguruan tinggi yang lain.

Semua informasi yang dimuat dalam Tugas Akhir ini yang berasal dari karya orang lain baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua isi dari Tugas Akhir sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

NAMA : Galang Virgiawan

NIM : 21100112120011

Tanda Tangan :



Tanggal : 21 Desember 2016

HALAMAN PERSEMBAHAN

Ilmu itu lebih baik daripada harta. Ilmu menjaga engkau dan engkau menjaga harta. Ilmu itu penghukum (hakim) dan harta terhukum. Harta itu kurang apabila dibelanjakan tapi ilmu bertambah bila dibelanjakan.

-Khalifah Ali bin Abi Talib-

Allah-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi. perintah Allah Berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasanya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu, dan Sesungguhnya Allah ilmu-Nya benar-benar meliputi segala sesuatu.

[QS. At-Thalaq:12]

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat

[QS. Al-Mujadalah : 11]

There are only two ways to live your life. One is as though nothing is a miracle. The other is as though everything is a miracle.

[Albert Einstein]

Life is what happens to us while we are making other plans.

[Allen Saunders]

Everything you can imagine is real.

[Pablo Picasso]

Hidup itu bagaikan lereng , jika kita ingin maju kita harus bisa seperti gaya penahan , jika tidak maka kita akan runtuh akibat gaya pendorong.

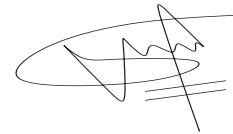
-Galang Virgiawan, 2016-

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga Laporan Tugas Akhir ini bisa disusun, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat :

1. Ibuku Suwarni dan Ayahku Sri raharjo yang selalu memberikan kasih sayang yang tiada taranya, semangat dan doa serta bantuan moral dan material dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Najib selaku Ketua Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro dan juga selaku Dosen Pembimbing 1 yang selalu sabar memberikan arahan dan bimbingan yang sangat bermanfaat dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.
3. Bapak Prakosa Rachwibowo selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir yang selalu sabar memberikan arahan dan bimbingan yang sangat bermanfaat dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Wahyu Krisna Hidajat selaku Dosen wali dan Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan arahan yang sangat bermanfaat.
5. Pak Yulius, Mas Jamal, Mas Adhi, Mas Gerry, Mas Fathar, Mas Jiyad dan mas Eko Aditya selaku pembimbing dan rekan dari PT.ANTAM UBPN Maluku Utara. yang sudah sabar memberikan arahan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
6. Kepada seluruh teman-teman Teknik Geologi Universitas Diponegoro khususnya angkatan 2012 yang selalu memberikan keceriaan dan semangat
7. Semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran penyusunan Tugas Akhir ini.

Semarang, 21 Desember 2016
Penulis,



KATA PENGANTAR

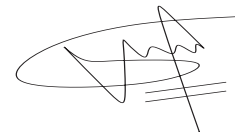
Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Kestabilan Lereng Tambang Terbuka Nikel dengan Parameter *Geological Strength Index (GSI)*, *Rock Mass Rating (RMR)*, dan *Slope Mass Rating (SMR)* di PT.Aneka Tambang (Antam) Site Pakal , Kecamatan Maba, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara**” yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.

Dalam Laporan Tugas Akhir ini, penulis berusaha memberikan gambaran atau kondisi mengenai lereng tambang nikel yang ada pada lapangan PT.ANTAM di Pulau Pakal, Kecamatan Maba, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara. Peningkatan produksi bijih nikel yang tinggi, maka diperlukan perencanaan dan realisasi penambangan yang baik tanpa mengesampingkan keamanan dalam penambangannya. Lebih lanjut lagi, kegiatan penambangan tersebut melibatkan pemotongan lereng tambang agar sesuai dengan rencana penambangan sebelumnya. Namun perlu dipahami bahwa dengan adanya pemotongan lereng, batuan cenderung menjadi kurang stabil atau dengan kata lain potensi keruntuhan lereng batuan semakin meningkat Untuk memastikan kestabilan lereng tambang tersebut maka diperlukan kajian tentang kestabilan lereng tambang, sehingga dapat diketahui faktor keamanan dan sudut lereng tambang yang aman dalam penambangan

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Namun, penulis tetap berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Semarang, 21 Desember 2016

Penulis



ABSTRAK

Unit Bisnis Pertambangan (UBP) Nikel Maluku Utara. PT.ANTAM (persero) Tbk, adalah pemegang izin usaha pertambangan dengan salah satu lokasi penambangan berada di Pulau Pakal, Buli, Kecamatan Maba, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara. PT.ANTAM Tbk UBP Nikel Maluku Utara pada tahun 2012 memiliki target produksi bijih nikel tinggi, maka diperlukan perencanaan dan realisasi penambangan yang baik tanpa mengesampingkan keamanan dalam penambangannya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai sifat fisik dan mekanik batuan serta faktor keamanan untuk lereng yang ada di tambang.

Untuk mendapatkan suatu nilai faktor keamanan minimum dari suatu analisis stabilitas lereng memerlukan suatu proses *trial* dan *error*. Pada penelitian ini adalah membandingkan antara parameter uji laboratorium dengan parameter yang ada di lapangan. Parameter yang digunakan di laboratorium adalah dari data *Undisturbed Sample* (UDS), sedangkan dari data lapangan menggunakan parameter *Geological Strengt Index* (GSI), *Mass index* (Mi), *Simple mean Test*, dan faktor gangguan alat.

Dari hasil analisis didapatkan bahwa nilai faktor keamanan lapangan lebih kecil daripada yang digunakan di laboratorium. Nilai perbandingan antara faktor keamanan dengan parameter laboratorium dan parameter uji lapangan bahwa pada lereng Pioner 1 FK laboratorium=1,616 dan FK lapangan=1,156, Pioner 2 FK laboratorium = 1,501 dan FK lapangan= 1,456, Pioner 3 FK laboratorium = 1,394 dan FK lapangan= 1,394, Pioner 4 FK laboratorium = 1,431 dan FK lapangan= 1,388, Pioner 5 FK laboratorium = 1,525 dan FK lapangan= 1,359, Subaim 1 FK laboratorium = 1,450 dan FK lapangan= 1,429, Subaim 2 FK laboratorium = 1,237 dan FK lapangan= 0,963, Subaim 3 FK laboratorium= 1,243 dan FK lapangan= 1,113, Subaim 4 FK laboratorium = 1,363 dan FK lapangan= 1,362, Subaim 5 FK laboratorium = 1,382 dan FK lapangan= 1,198, Grizzly 1 FK lab= 4,233 dan FK lapangan= 3,777, Grizzly 2 FK laboratorium = 4,420 dan FK lapangan= 4,050, Grizzly 3 FK laboratorium = 4,573 dan FK lapangan= 4,033. Dari hasil analisis terdapat lereng yang tidak aman. Maka rekomendasi dari ketiga lokasi lereng dengan masing masing zona untuk limonite yaitu sudut *single slope* harus $\leq 35^{\circ}$, untuk zona untuk Saprolite yaitu sudut *single slope* harus $\leq 55^{\circ}$, dan untuk zona untuk *Bedrock* yaitu sudut *single slope* harus $\leq 65^{\circ}$

Kata Kunci : Longsor, GSI, Faktor keamanan

ABSTRACT

Nickel Mining Business Unit in North Maluku. PT.ANTAM (Persero) Tbk, the holder of a mining permit with one of the mining site located on the island of Pakal, Buli, District Maba, East Halmahera, North Maluku province. PT.ANTAM Tbk Nickel Unit North Maluku in 2012 had a higher nickel ore production target, will require planning and realization of good mining without neglecting safety in mining.

The purpose of this study was to determine the physical and mechanical properties of rocks as well as the safety factor for the existing slope mined.

To obtain a minimum value of the safety factor of the slope stability analysis requires a process of trial and error. In this study to compare the laboratorium test parameters with the parameters that exist in the field. The parameters used in the laboratorium is of the data undisturbed Sample (UDS), while from field data using parameters Geological strengt Index (GSI), Mass index (Mi), Simple Test mean, and the irritation factor. Because the analysis process long enough.

From the above results it can be concluded that the value of the safety factor is smaller parameters used in the field than the one used in the lab. Value comparisons between the safety factor with the parameters of lab and test parameters field that slopes Pioner 1 FK laboratorium = 1.616 and FK field = 1.156, Pioner 2 FK laboratorium = 1.501 and FK field = 1.456, Pioner 3 FK laboratorium = 1.394 and FK field = 1.394, Pioner 4 FK and FK laboratorium = 1.431 pitch = 1.388, Pioner 5 FK FK laboratorium = 1,525 and field = 1.359, Subaim 1 FK and FK laboratorium = 1.450 pitch = 1.429, Subaim 2 FK and FK laboratorium = 1.237 pitch = 0.963, Subaim 3 FK laboratorium = 1.243 and FK field = 1.113, Subaim 4 FK laboratorium = 1.363 and FK field = 1.362, Subaim 5 FK laboratorium = 1.382 and FK field = 1.198, Grizzly 1 FK laboratorium = 4.233 and FK field = 3.777, Grizzly 2 FK laboratorium = 4.420 and FK field = 4.050, Grizzly 3 FK laboratorium = 4.573 FK laboratorium = 4.033. With the value of three locations on the slopes with each zone for a single slope angle limonite which must be $\leq 35^{\circ}$, for the zone to Saprolite ie single slope angle should be $\leq 55^{\circ}$, and for the zone to Bedrock ie single slope angle should be $\leq 65^{\circ}$.

Keywords: Mass wasting, GSI, Safety Factor

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
UCAPAN TERIMAKASIH	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR FOTO	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan penelitian	2
1.3 Rumusan masalah.....	2
1.4 Batasan masalah	2
1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah	4
1.6 Manfaat penelitian	5
1.7 Kerangka pikir penelitian	6
1.8 waktu penelitian	7
1.9 penelitian terdahulu	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Fisiografi Regional	9
2.2 Statigrafi Regional.....	10
2.3 Struktur Geologi Regional	14
2.4 Definisi dan Klasifikasi Gerkan Tanah	15
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Ketidakstabilan lereng	23
2.6 Klasifikasi Geomekanik Batuan	28
2.6.1 <i>Rock Mass Rating</i> (RMR)	28
2.6.2 <i>Geological Strength Index</i> (GSI).....	30
2.6.3 <i>Simple Mean Test</i>	32
2.7 Hubungan antara RMR dan SMR	32
2.8 Profil Nikel Laterit	33
2.9 Faktor Keamanan Lereng	34
2.10 Berbagai Cara Analisis Kestabilan Lereng	36
2.11 Metode <i>Morgenstern-Price</i>	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1 Metodologi penelitian.....	41
3.2 Metode penelitian	41

3.2.1 Tahapan pendahuluan.....	41
3.2.2 Tahapan penelitian dan Laboratorium.....	41
3.2.3 Tahapan analisis	42
3.2.4 Tahapan penyusunan laporan	42
3.3 Peralatan dan perlengkapan	43
3.4 Hipotesis	44
3.5 Diagram Alir.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 . Kajian Kestabilan Lereng Dengan Klasifikasi GSI, RMR dan SMR Daerah Penelitian	46
4.1.1 <i>Geological Strength Index</i> (GSI)	46
4.1.2 <i>Rock Mass Rating</i> (RMR).....	48
4.1.3 <i>Slope Mass Rating</i> (SMR)	50
4.2 . Profil Nekel Laterit berdasarkan parameter GSI , RMR dan SMR.....	51
4.2.1 Zone limonit (Lereng <i>Pioner</i> dan Subaim).....	51
4.2.2 Zone Saprolit (Lereng <i>Pioner</i> dan Subaim).....	52
4.2.3 Zone Saprolit (Lereng <i>Grizzly</i>)	53
4.2.4 Zone Bedrock (Lereng <i>Grizzly</i>)	54
4.3 Kajian Kestabilan Lereng dengan Analisis stereografis.....	55
4.3.1 Lereng <i>Pioner</i>	56
4.3.2 Lereng Subaim	57
4.3.3 Lereng <i>Grizzly</i>	58
4.4 Kajian Kestabilan Lereng dengan slope/w di lereng <i>Pioner</i>	59
4.4.1 Kajian Lereng <i>Pioner</i>	60
4.4.2 Hasil Keseluruhan Lereng <i>Pioner</i>	71
4.5 Kajian Kestabilan Lereng dengan slope/w di lereng Subaim.....	72
4.5.1 Kajian Lereng Subaim.....	73
4.5.2 Hasil Keseluruhan Lereng Subaim.....	84
4.6 Kajian Kestabilan Lereng dengan slope/w di lereng <i>Grizzly</i>	85
4.6.1 Kajian Lereng <i>Grizzly</i>	85
4.6.2 Hasil Keseluruhan Lereng <i>Grizzly</i>	93
4.7 Hasil perbandingan.....	93
4.8 Rekomendasi	94
BAB V PENUTUP	102
5.1 Kesimpulan	102
5.2 Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta indeks lokasi penelitian	4
Gambar 1.2 Lokasi daerah pemetaan dan penelitian	4
Gambar 1.3 kerangka pikir penelitian.....	6
Gambar 2.1 Peta geografis pulau Halmahera (Apandi dan Sudana, 1980).....	9
Gambar 2.2 Peta Geologi Lembar Ternate Maluku Utara (T.Apandian dan Sudana,1980)	13
Gambar 2.3 Gambar Tektonik Indonesia Timur (Wicaksono,2010).	15
Gambar 2.4 Tubuh longsor	22
Gambar 2.5 Longsor ditambang batubara (Zakaria, 2009)	23
Gambar 2.6. Sketsa lereng dan gaya yang bekerja.....	35
Gambar 2.7. Sketsa gaya yang bekerja (t dan S) pada satu sayatan.....	36
Gambar 2.8. Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan (Metode Morgenstern-Price).....	39
Gambar 3.1 Diagram alir.....	45
Gambar 4.1. Peta geologi Pakal dan hubungan kekar dengan arah gaya utama Struktur geologi	56
Gambar 4.2. Hubungan Jenjang Gali, Pola Kekar dalam Blok <i>Pioner</i> Pada Stereonet	57
Gambar 4.3. Hubungan Jenjang Gali, Pola Kekar dalam Blok Subaim Pada Stereonet.	58
Gambar 4.4. Hubungan Jenjang Gali, Pola Kekar dalam Blok <i>Grizzly</i> Pada Stereonet.	59
Gambar 4.5. Lokasi lereng dan sayatan yang akan dianalisis menggunakan software Surpac.....	59
Gambar 4.6. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 1 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Pioner</i> 1.....	61
Gambar 4.7. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 1 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Pioner</i> 1(Roclab).....	62
Gambar 4.8. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 2 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Pioner</i> 2.....	63
Gambar 4.9. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 2 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Pioner</i> 2 (Roclab).	64
Gambar 4.10. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 3 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Pioner</i> 3.....	65
Gambar 4.11. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 3 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Pioner</i> 3 (Roclab).....	66
Gambar 4.12. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 4 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Pioner</i> 4.....	67
Gambar 4.13. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 4 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Pioner</i> 4 (Roclab).....	68
Gambar 4.14. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 5 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Pioner</i> 5.....	69

Gambar 4.15. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner 5</i> dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Pioner 5</i> (Roclab).....	70
Gambar 4.16. Lokasi lereng dan sayatan subaim yang akan dianalisis menggunakan software Surpac	72
Gambar 4.17. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 1 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di Subaim 1	74
Gambar 4.18. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 1 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di Subaim 1 (Roclab).....	75
Gambar 4.19. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 2 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di Subaim 2	76
Gambar 4.20. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 2 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di Subaim 2 (Roclab).....	77
Gambar 4.21. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 3 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di Subaim 3.....	78
Gambar 4.22. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 3 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di Subaim 3 (Roclab).....	79
Gambar 4.23. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 4 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di Subaim 4.....	80
Gambar 4.24. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 4 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di Subaim 4 (Roclab).....	81
Gambar 4.25. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 5 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di Subaim 5	82
Gambar 4.26. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 5 dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di Subaim 5 (Roclab).....	83
Gambar 4.27. Lokasi lereng dan sayatan <i>Grizzly</i> yang akan dianalisis menggunakan software Surpac	85
Gambar 4.28. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Grizzly 1</i> dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Grizzly 1</i>	87
Gambar 4.29. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Grizzly 1</i> dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Grizzly 1</i> (Roclab).....	88
Gambar 4.30. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Grizzly 2</i> dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Grizzly 2</i>	89
Gambar 4.31. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Grizzly 2</i> dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Grizzly 2</i> (Roclab).....	90
Gambar 4.32. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Grizzly 3</i> dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Grizzly 3</i>	91
Gambar 4.33. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Grizzly 3</i> dengan litologi kombinasi limonit dan saprolit di <i>Grizzly 3</i> (roclab).....	92

DAFTAR FOTO

- Foto.1. Kenampakan struktur geologi dan *surface condition* pada zona limonit yang termasuk kedalam kategori *disintegrated* dan *very poor* (Lokasi lereng *Pioner*)..... 51
- Foto.2. Kenampakan struktur geologi dan *surface condition* pada zona saprolit yang termasuk kedalam kategori *blocky/disturbed* dan *fair-poor* (Lokasi lereng *Pioner*)..... 52
- Foto.3. Kenampakan struktur geologi dan *surface condition* pada zona saprolit yang termasuk kedalam kategori *blocky/disturbed* dan *fair-poor* (Lokasi lereng *Grizzly*) 53
- Foto.4. Kenampakan struktur geologi dan *surface condition* pada Bedrock yang termasuk kategori *very blocky* dan *fair* (Lokasi lereng *Grizzly*) 54

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Waktu penelitian	7
Tabel 1.2. Penelitian terdahulu.....	7
Tabel 2.1. Klasifikasi longsor oleh Stewart Sharpe (1938, dalam Hansen, 1984).....	16
Tabel 2.2. Klasifikasi longsor (<i>Landslide</i>) oleh Coates (1938, dalam Hansen, 1984).....	18
Tabel.2.3 Klasifikasi longsor (landslide) oleh Varnes (1978, dalam M.J. Hansen, 1984) yang digunakan oleh Higway Reseach Board Landslide Comitte (1978, dalam Sudarsono & Pangular, 1986).....	19
Tabel.2.4 Laju kecepatan gerakan tanah (Hansen, 1984)	20
Tabel 2.5. Klasifikasi geomekanik massa batuan (Bieniawski, 1989).....	29
Tabel 2.6. Klasifikasi kelas massa batuan (Bieniawski, 1989).....	30
Tabel.2.7. Klasifikasi <i>Geological Strength Index</i> (GSI) (Hoek, dkk, 1998).....	30
Tabel.2.8. Nilai <i>Simple Means Test</i> (Burnet, 1975, dalam Hoek, 2007 modifikaasi)	32
Tabel.2.9. Nilai SMR dan RMR (Hall ,1985, dalam Djakamihardja & Soebowo, 1996).....	33
Tabel 3.1.Peralatan dan perlengkapan	42
Tabel.4.1. Klasifikasi <i>Geological Strength Index</i> (GSI) (Hoek, dkk, 1998).....	48
Tabel.4.2. Tabel hubungan GSI dan RMR daerah penelitian	49
Tabel 4.3. Tabel kelas massa batuan berdasarkan bobot total.	50
Tabel 4.4. Tabel hubungan RMR dengan SMR(Laubscher, 1975).....	50
Tabel.4.5 Nilai GSI, RMR, <i>friction angle</i> dan <i>slope mass rating</i> (SMR) di lokasi pengamatan Pulau Pakal	55
Tabel 4.6 Nilai Properti Material Pioner.....	60
Tabel 4.7 Nilai Properti Material <i>Pioner 1</i> (roclab).....	62
Tabel 4.8 Nilai Properti Material <i>Pioner 2</i> (roclab).....	64
Tabel 4.9 Nilai Properti Material <i>Pioner 3</i> (roclab).....	66
Tabel 4.10 Nilai Properti Material <i>Pioner 4</i> (roclab).....	68
Tabel 4.11 Nilai Properti Material <i>Pioner 5</i> (roclab).....	70
Tabel 4.12 Nilai FK untuk lereng <i>Pioner</i>	71
Tabel 4.13 Nilai Properti Material Subaim	73
Tabel 4.14 Nilai Properti Material Subaim 1(Roclab)	75
Tabel 4.15 Nilai Properti Material Subaim 2(Roclab)	77
Tabel 4.16 Nilai Properti Material Subaim 3(Roclab)	79
Tabel 4.17 Nilai Properti Material Subaim 4(Roclab)	81
Tabel 4.18 Nilai Properti Material Subaim 5(Roclab)	83
Tabel 4.19 Nilai FK untuk lereng Subaim	84
Tabel 4.20 Nilai Properti Material <i>Grizzly</i>	86
Tabel 4.21 Nilai Properti Material <i>Grizzly 1</i> (Roclab).....	88
Tabel 4.22 Nilai Properti Material <i>Grizzly 2</i> (Roclab).....	90
Tabel 4.23 Nilai Properti Material <i>Grizzly 3</i> (Roclab).....	92
Tabel 4.24 Nilai FK untuk lereng <i>Grizzly</i>	93

Tabel 4.25 Nilai <i>Slope Mass Rating</i> dibandingkan dengan <i>single slope</i> aktual.	94
Tabel 4.26 Nilai FK aktual <i>Pioner</i> pada uji laboratorium dan lapangan	95
Tabel 4.27 Nilai FK aktual <i>Pioner</i> setelah direkomendasikan dengan SMR	96
Tabel 4.28 Nilai <i>Slope Mass Rating</i> dibandingkan dengan <i>single slope</i> aktual.	97
Tabel 4.29 Nilai FK aktual pada uji laboratorium dan Roclab	98
Tabel 4.30 Nilai FK aktual Subaim setelah direkomendasikan dengan SMR ...	99
Tabel 4.31 Nilai FK aktual <i>Grizzly</i> pada uji laboratorium dan lapangan.....	100
Tabel 4.32 Nilai FK aktual <i>Grizzly</i> setelah direkomendasikan dengan SMR....	101

DAFTAR LAMPIRAN

Foto 1 Geometri lereng <i>Pioner</i> 1 dengan batas limonit dan saprolit	105
Foto 2 Geometri lereng <i>Pioner</i> 2 dengan batas limonit dan saprolit	105
Foto 3 Geometri lereng <i>Pioner</i> 3. dengan batas limonit dan saprolit	106
Foto 4 Geometri lereng <i>Pioner</i> 4 dengan batas limonit dan saprolit	106
Foto 5 Geometri lereng <i>Pioner</i> 5 dengan batas limonit dan saprolit	107
Foto 6 Geometri lereng Subaim 1 dengan batas limonit dan saprolit.....	107
Foto 7 Geometri lereng Subaim 2 dengan batas limonit dan saprolit.....	108
Foto 8 Geometri lereng Subaim 3 dengan batas limonit dan saprolit.....	108
Foto 9. Geometri lereng Subaim 4. dengan batas limonit dan saprolit.....	109
Foto 10 Geometri lereng Subaim 5 dengan batas limonit dan saprolit.....	109
Foto 11. Geometri lereng <i>Grizzly</i> 1 dengan batas saprolit dan <i>Bedrock</i>	110
Foto 12 Geometri lereng <i>Grizzly</i> 2 dengan batas saprolit dan <i>Bedrock</i>	110
Foto 13. Geometri lereng <i>Grizzly</i> 3 dengan batas saprolit dan <i>Bedrock</i>	112
Gambar 1 Geometri lereng <i>Pioner</i> 1	112
Gambar 2 Geometri lereng <i>Pioner</i> 2.....	113
Gambar 3 Geometri lereng <i>Pioner</i> 3.....	114
Gambar 4 Geometri lereng <i>Pioner</i> 4.....	114
Gambar 5 Geometri lereng <i>Pioner</i> 5.....	115
Gambar 6 Geometri lereng Subaim 1	115
Gambar 7 Geometri lereng Subaim 2	116
Gambar 8 Geometri lereng Subaim 3	116
Gambar 9. Geometri lereng Subaim 4.	117
Gambar 10 Geometri lereng Subaim 5	117
Gambar 11. Geometri lereng <i>Grizzly</i> 1.....	118
Gambar 12 Geometri lereng <i>Grizzly</i> 2.....	118
Gambar 13. Geometri lereng <i>Grizzly</i> 3.....	119
Gambar 14. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 1.....	121
Gambar 15. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 1 (Roclab).....	121
Gambar 16. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 2.....	122
Gambar 17. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 2 (Roclab).....	122
Gambar 18. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 3.....	123
Gambar 19. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 3 (Roclab).....	123
Gambar 20. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 4.....	124
Gambar 21. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 4 (Roclab).....	124
Gambar 21. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 5.....	125
Gambar 22. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Pioner</i> 5 (Roclab).....	125
Gambar 23. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 1.....	126
Gambar 24. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 1 (Roclab).....	126
Gambar 25. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 2.....	127
Gambar 26. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 2 (Roclab).....	127
Gambar 27. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 3.....	128
Gambar 28. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 3 (Roclab).....	128

Gambar 29. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 4.....	129
Gambar 30. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 4 (Roclab).....	129
Gambar 31. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 5.....	130
Gambar 32. Hasil simulasi kestabilan lereng Subaim 5 (Roclab).....	130
Gambar 35. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Grizzly</i> 2..	131
Gambar 36. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Grizzly</i> 2(Roclab)..	131
Gambar 37. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Grizzly</i> 3	132
Gambar 38. Hasil simulasi kestabilan lereng <i>Grizzly</i> 3(Roclab)	132