

**ANALISIS PERILAKU LONGSOR LERENG
TAMBANG TERBUKA BATUBARA BERDASARKAN
DATA MONITORING RADAR**

TESIS

Oleh:

**RACHMAT HM
212130023**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2015**

**ANALISIS PERILAKU LONGSOR LERENG
TAMBANG TERBUKA BATUBARA BERDASARKAN
DATA MONITORING RADAR**

TESIS

**Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Magister Teknik dari
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta**

Oleh:

**RACHMAT HM
212130023**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2015**

**ANALISIS PERILAKU LONGSOR LERENG
TAMBANG TERBUKA BATUBARA BERDASARKAN
DATA MONITORING RADAR**

Oleh:

**RACHMAT HM
212130023**



Disetujui untuk

Program Studi Magister Teknik Pertambangan

Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Tanggal : 27 November 2015

Pembimbing I

Pembimbing II

(Dr. Ir. Singgih Saptono, MT.)

(Ir. Bagus Wiyono, MT.)

Dipersembahkan kepada Anak laki-laki kebanggaan Adam Abyan Rachmat dan Emmellie Kosasih (istri Tercinta), Ibunda dan Ayahanda Tercinta serta seluruh keluarga

RINGKASAN

Penurunan harga batubara secara global dalam dua tahun terakhir ini mendorong setiap perusahaan untuk melakukan langkah-langkah strategis dalam menghadapi tantangan ini. Beberapa perusahaan melakukan optimasi design dan melakukan penambangan di area-area yang memiliki resiko geoteknik yang tinggi. Pemantauan lereng secara *real time* dilakukan untuk memberikan informasi pergerakan yang akurat dari area tambang yang dioptimasi.

Penelitian yang dilakukan meliputi analisis karakteristik perilaku lereng yang tidak longsor, perilaku longsor lereng dan kecepatan maksimum dari longsor pada batuan berbeda yang terpantau oleh *slope stability radar*. Penelitian ini diharapkan dapat membantu memberikan *early warning* sistem sebelum terjadinya longsor berdasarkan perubahan perilaku lereng di tambang terbuka batubara dan membantu ahli geoteknik untuk mengetahui karakteristik *velocity* dari longsor massa batuan pada batuan berbeda yang pernah terjadi sehingga nilai tersebut dapat menjadi acuan dalam penentuan *threshold* (ambang batas) alarm.

Secara umum perilaku lereng yang stabil adalah linear dan regresif, sedangkan perilaku longsor lereng yang diidentifikasi dari daerah penelitian adalah perilaku regresif, linear, progresif dan longsor yang merupakan tahapan sebelum longsor serta tahapan setelah longsor yaitu tahapan pemulihan sebagian dengan perilaku linear dan regresif dan tahapan pemulihan penuh (*stabil*). Hasil ini sesuai dengan penelitian Broadbent dan Zavodni (1982) dan Mercer (2006). Berdasarkan analisis statistik dari longsor yang terjadi ditentukan ambang batas alarm *velocity* pada *Low Wall* PT.Wahana adalah 20 mm/jam dan 30 mm/jam pada *High Wall* sedangkan ambang batas *inverse velocity* adalah 0,04 jam/mm. Ambang batas *velocity* pada *Low Wall* PT.TSA adalah 10 mm/jam dan 40 mm/jam pada *High Wall* sedangkan ambang batas *inverse velocity* adalah 0,1 jam/mm pada *Low Wall* dan 0,25 jam/mm pada *High Wall*. Ambang batas *velocity* pada *Low Wall* PT.Arutmin adalah 10 mm/jam sedangkan ambang batas *inverse velocity* adalah 0,1 jam/mm.

Hasil analisis hubungan antara *inverse velocity* dan *warning time* memperlihatkan variasi dari masing-masing tipe batuan. Variasi yang ada dalam mekanisme longsor dan faktor yang mempengaruhi longsor lereng menjadi penyebab utama perbedaan perilaku dan karakteristik longsor lereng yang terjadi di daerah penelitian dimana tingkat ambang batas (*threshold*) deformasi dapat bervariasi dalam lereng dan tambang yang sama.

ABSTRACT

The declining of coal prices in the past two years encourages each company to undertake strategic steps to dealing with this challenge. Some companies perform design optimization and allow mining in high risk area. Monitoring of the slopes in real time is important to provide accurate information about the movement of the area optimisation.

The research was conducted on the analysis of behaviour characteristics of stable slopes, failure behaviour and maximum velocity of failures in different rock that monitored by slope stability radar. This research is expected to provide an early warning system prior the occurrence of failure based on slope behaviour change in coal mining and to help geotechnical engineer to determine the characteristics of the rock mass velocity of failures in different rocks that have occurred so that the value can be a reference in determining the alarm threshold.

In general, the behaviour of a stable slope are linear and regressive, whereas the behaviour of failure slopes identified from this research were regressive, linear, progressive and failure as well as the recovery phase after a failure that stage partial recovery and a full recovery phase (stabilization). These results were consistent with research by Broadbent and Zavodni (1982) and Mercer (2006).

Based on statistics analysis, velocity alarm threshold for *Low Wall* PT.Wahana is 20 mm/hr and 30 mm/hr for High Wall, inverse velocity alarm threshold is 0,04 hr/mm. Velocity Alarm threshold for Low Wall PT.TSA is 10 mm/hr and 40 mm/hr for High Wall, inverse velocity alarm threshold is 0,1 hr/mm for Low Wall and 0,25 hr/mm for High Wall. Velocity alarm threshold for Low Wall PT.Arutmin is 10 mm/hr, threshold inverse velocity is 0,1 hr/mm.

Analysis of the relationship between inverse velocity of failure and warning time show the variations of each type of rock. Variation in failure mechanism and factors that influence slope failures are the major cause of differences in the behaviour and characteristics of the slope failure where the threshold can vary in the same slope and mine.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayahNya sehingga Penyusunan Tesis dengan ”*Analisis Perilaku Longsor Lereng Tambang Terbuka Batubara berdasarkan Data Monitoring Radar*” ini dapat diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan di PT. Wahana Baratama Mining, PT. Arutmin Asam-Asam yang berlokasi di Provinsi Kalimantan Selatan dan PT. TSA di Provinsi Kalimantan Timur yang dimulai September 2014 sampai Juni tahun 2015.

Atas selesainya penyusunan tesis ini, diucapkan terima kasih kepada:

1. PT. GroundProbe Indonesia atas dukungan yang diberikan berupa '*studi support*', Bapak Rick Russ, Albert Cabrejo, Rahmad Matondang, seluruh tim global geotechnical support services dan karyawan GroundProbe Indonesia.
2. Tim geoteknik PT. Wahana Baratama Mining (Arfa Manaf), PT. Teguh Sinar Abadi (Rahmad Udjang) dan PT. Arutmin Indonesia (Endang Wawan, Teten Risyana, Jioni Frans).
3. Bapak Dr. Ir. Barlian Dwinagara, MT, Ketua Program Studi Magister Teknik Pertambangan FTM UPN 'Veteran' Yogyakarta
4. Bapak Dr.Ir.Singgih Saptono, MT dan Ir. Bagus Wiyono,MT selaku dosen pembimbing dan penguji.
5. Bapak Dr.Ir. Waterman Sulistyana, MT dan Ir. R. Haryanto, MT selaku dosen penguji.
6. Seluruh karyawan program studi Magister Teknik Pertambangan UPN Veteran Yogyakarta.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis.

Akhirnya, semoga Tesis ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pada umumnya dan khususnya ilmu pertambangan.

Yogyakarta, November 2015

Penulis

(Rachmat HM)

DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB	
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Hipotesa	4
1.6. Metode Penelitian	4
1.7. Sistematika Tesis	6
II TINJAUAN UMUM	8
2.1. Kesampaian dan Lokasi Penelitian	8
2.2. Geologi Regional Daerah Penelitian.....	11
2.3. Sistem Penambangan Daerah Penelitian.....	17
2.4. Kondisi Geologi Teknik Daerah Penelitian	18
III TINJAUAN PUSTAKA	21
3.1. Definisi Perilaku Batuan	21
3.2. Model dan Mekanisme Longsor Tambang Batubara.....	21
3.3. Perilaku Perpindahan Lereng Pada Batuan yang Berbeda	23
3.4. Prediksi Waktu Longsor Dengan Metode Inverse Velocity.....	31
3.5. Slope Stability Radar	34
3.5. Manajemen Resiko Longsor di Tambang Terbuka.....	36
IV HASIL PENELITIAN	41
4.1. Longsor di PT. Wahana Baratama Mining	42
4.1.1 Low Wall PT. Wahana.....	42
4.1.1 High Wall PT. Wahana.....	45

	halaman
4.2. Longsor di PT. Teguh Sinar Abadi	45
4.2.1 Low Wall PT. TSA	45
4.2.1 High Wall PT. TSA	49
4.3. Longsor di PT. Arutmin Indonesia	52
4.4. Analisis Resiko	56
V PEMBAHASAN	59
5.1. Perilaku Deformasi Lereng Yang Tidak Longsor.....	59
5.2. Perilaku Longsor Lereng	60
5.3. Karakteristik <i>Velocity</i> Dan <i>Inverse Velocity</i> Dari Longsor Untuk Penentuan Ambang Batas (<i>Threshold</i>) Alarm	66
5.4. Analisis Hubungan <i>Inverse Velocity</i> Longsor dengan <i>Warning Time</i> Pada Batuan Yang Berbeda	75
5.5. Manajemen Resiko Geoteknik	81
VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
6.1. Kesimpulan	89
6.2. Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	5
2.1 Lokasi Daerah Penelitian.....	8
2.2 Peta Lokasi PT. Wahana dan PT. TSA.....	10
2.3 Peta Lokasi PT. Arutmin Asam-Asam	10
2.4 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian	16
2.5 Diagram Alir Penambangan Batubara.....	15
3.1 Contoh Longsor Bidang di Tambang Batubara	22
3.2 Total Perpindahan Versus Waktu	24
3.3 Model Deformasi Berdasarkan Waktu dan Kejadian	26
3.4 Model Deformasi Berdasarkan Waktu dan Kejadian Setelah Longsor dan Perilaku Setelah Penambangan	26
3.5 Kumulatif <i>Rate</i> dari Kecepatan Perpindahan Ditentukan Dari Monitoring Longsor di Tambang Batubara New Vaal	28
3.6 Kalkulasi <i>Velocity</i> dan <i>Inverse Velocity</i>	31
3.7 Metode <i>Inverse Velocity</i> Untuk Prediksi Waktu Longsor	32
3.8 Prediksi Waktu Longsor Oleh Rose dan Hungr	33
3.9 Pengukuran Deformasi Radar dengan Interferometri.....	35
3.10 Gambar Deformasi dan Grafik Dari Radar.....	36
3.11 Proses Manajemen Resiko Geoteknik	37
3.12 Skema Manajemen Longsor	40
3.13 Manajemen Bahaya Longsor Menggunakan SSR	40
4.1 Ilustrasi Grafik Linear, Progresif dan Longsor.....	41
4.2 Ilustrasi Grafik Transgresif, Progresif dan Longsor	41
4.3 Tipikal Gambar Deformasi Radar dengan Foto.....	42
4.4 Kecepatan Maksimum Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Wahana	44
4.5 <i>Inverse Velocity</i> Minimum Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Wahana.....	44
4.6 Kecepatan Maksimum Longsor di <i>High Wall</i> PT. Wahana	46

Gambar	halaman
4.7 <i>Inverse Velocity</i> Minimum Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Wahana.....	46
4.8 Kecepatan Maksimum Longsor di <i>Low Wall</i> PT. TSA	48
4.9 <i>Inverse Velocity</i> Minimum Longsor di <i>Low Wall</i> PT. TSA	49
4.10 Kecepatan Longsor di <i>High Wall</i> PT. TSA Pada Batulumpur	50
4.11 Kecepatan Longsor di <i>High Wall</i> PT. TSA Pada Batupasir	51
4.12 <i>Inverse Velocity</i> di <i>High Wall</i> PT. TSA Pada Batulumpur.....	51
4.13 <i>Inverse Velocity</i> di <i>High Wall</i> PT. TSA Pada Batupasir	52
4.14 Kecepatan Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Arutmin Pada Batulumpur .	54
4.15 Kecepatan Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Arutmin pada Batupasir	54
4.16 <i>Inverse Velocity</i> di <i>High Wall</i> PT. Arutmin pada Batulumpur.....	55
4.17 <i>Inverse Velocity</i> di <i>High Wall</i> PT. Arutmin pada Batupasir.....	55
4.18 Luas Area Longsor dan Waktu Terjadi di PT. Wahana.....	56
4.19 Frekuensi Terjadinya Longsor di PT. Wahana	56
4.20 Luas Area Longsor dan Waktu Terjadi di PT. TSA	57
4.21 Frekuensi Terjadinya Longsor di PT. TSA	57
4.22 Luas Area Longsor dan Waktu Terjadi di PT. Arutmin	58
4.23 Frekuensi Terjadinya Longsor di PT. Arutmin	58
5.1 Contoh Grafik Regresif Tidak Longsor.....	60
5.2 Contoh Grafik Linear Tidak Longsor	60
5.3 Perilaku Lereng Sebelum dan Setelah longsor di <i>Low Wall</i> PT. Wahana	60
5.4 Perilaku Lereng Sebelum dan Setelah Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Wahana	61
5.5 Perilaku Lereng Sebelum dan Setelah longsor di <i>High Wall</i> PT. Wahana	62
5.6 Perilaku Lereng Sebelum dan Setelah Longsor di <i>Low Wall</i> PT. TSA Tipe <i>Buckling</i>	63
5.7 Perilaku Lereng Sebelum dan Setelah Longsor di <i>Low Wall</i> PT. TSA Tipe Semi Busur	63

Gambar	halaman
5.8 Perilaku Lereng Sebelum dan Setelah Longsor di <i>High Wall</i> PT. TSA	64
5.9 Perilaku Lereng Sebelum dan Setelah Longsor di <i>High Wall</i> PT. TSA	64
5.10 Perilaku Lereng Sebelum dan Setelah Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Arutmin	66
5.11 Perilaku Lereng Sebelum dan Setelah Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Arutmin	66
5.12 Ilustrasi <i>Velocity Alarm</i>	67
5.13 Ilustrasi <i>Inverse Velocity Alarm</i>	67
5.14 Histogram <i>Velocity</i> Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Wahana.....	68
5.15 Histogram <i>Velocity</i> Longsor di <i>High Wall</i> PT. Wahana.....	68
5.16 Histogram <i>Inverse Velocity</i> Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Wahana....	68
5.17 Histogram <i>Inverse Velocity</i> Longsor di <i>High Wall</i> PT. Wahana...	68
5.18 Ambang Batas <i>Velocity Alarm</i> di <i>Low Wall</i> PT. Wahana	69
5.19 Ambang Batas <i>Inverse Velocity Alarm</i> di <i>Low Wall</i> PT. Wahana	69
5.20 Ambang Batas <i>Velocity Alarm</i> di <i>High Wall</i> PT. Wahana.....	69
5.21 Ambang Batas <i>Inverse Velocity Alarm</i> di <i>High Wall</i> PT. Wahana	69
5.22 Histogram <i>Velocity</i> Longsor di <i>Low Wall</i> PT. TSA	70
5.23 Histogram <i>Velocity</i> Longsor di <i>High Wall</i> PT. TSA	70
5.24 Histogram <i>Inverse Velocity</i> Longsor di <i>Low Wall</i> PT. TSA	71
5.25 Histogram <i>Inverse Velocity</i> Longsor di <i>High Wall</i> PT. TSA	71
5.26 Ambang Batas <i>Velocity Alarm</i> di <i>Low Wall</i> PT. TSA.....	71
5.27 Ambang Batas <i>Inverse Velocity Alarm</i> di <i>Low Wall</i> PT. TSA.....	71
5.28 Ambang Batas <i>Velocity Alarm</i> di <i>High Wall</i> PT. TSA	72
5.29 Ambang Batas <i>Inverse Velocity Alarm</i> di <i>High Wall</i> PT. TSA.....	72
5.30 Histogram <i>Velocity</i> Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Arutmin	73
5.31 Histogram <i>Inverse Velocity</i> Longsor di <i>Low Wall</i> PT. Arutmin ...	73
5.32 Ambang Batas <i>Velocity Alarm</i> di <i>Low Wall</i> PT. Arutmin.....	73

Gambar	halaman
5.33 Ambang Batas <i>Inverse Velocity</i> Alarm di <i>Low Wall</i> PT. Arutmin	73
5.34 <i>Velocity</i> dan <i>Inverse Velocity</i> di Freeport Indonesia	74
5.35 Karakteristik <i>Velocity</i> dan <i>Inverse Velocity Low Wall</i>	75
5.36 Karakteristik <i>Velocity</i> dan <i>Inverse Velocity High Wall</i>	75
5.37 Hubungan <i>Inverse Velocity</i> Dengan <i>Warning Time</i> Pada Longsor di <i>Low Wall</i> PT.Wahana	77
5.38 Trend Persamaan <i>Inverse Velocity</i> Dengan <i>Warning Time</i> Pada Longsor di <i>Low Wall</i> PT.Wahana Pada Batulumpur	77
5.39 Trend Persamaan <i>Inverse Velocity</i> Dengan <i>Warning Time</i> Pada Longsor di <i>Low Wall</i> PT.Wahana Pada Batupasir.....	78
5.40 Hubungan <i>Inverse Velocity</i> dengan <i>Warning Time</i> Pada Longsor di <i>High Wall</i> PT.Wahana	78
5.41 Trend Persamaan <i>Inverse Velocity</i> Dengan <i>Warning Time</i> Pada Longsor di <i>High Wall</i> PT.Wahana Pada Batulumpur	79
5.42 Hubungan <i>Inverse Velocity</i> dengan <i>Warning Time</i> Pada Longsor di <i>Low Wall</i> PT.TSA	80
5.43 Hubungan <i>Inverse Velocity</i> dengan <i>Warning Time</i> Pada Longsor di <i>High Wall</i> PT.TSA	80
5.44 Trend Persamaan <i>Inverse Velocity</i> Dengan <i>Warning Time</i> Pada Longsor di <i>High Wall</i> PT.TSA Pada Batupasir	81
5.45 Trend Persamaan <i>Inverse Velocity</i> Dengan <i>Warning Time</i> Pada Longsor di <i>High Wall</i> PT.TSA Pada Batulumpur.....	81
5.46 Hubungan <i>Inverse Velocity</i> dengan <i>Warning Time</i> Pada Longsor di <i>Low Wall</i> PT.Arutmin	82
5.47 Flow Chart Manajemen Resiko Geoteknik.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
3.1 Klasifikasi Kekuatan Batuan Berdasarkan Nilai UCS.....	23
3.2 Klasifikasi Pergerakan Lereng.....	27
3.3 Klasifikasi Longsor Berdasarkan <i>Velocity</i>	27
3.4 Persentil data HW dan LW Dengan <i>Time Window</i> Berbeda	30
3.5 Konsekuensi Untuk Pekerja Tambang.....	37
3.6 Kemungkinan Terjadinya Kejadian.....	38
3.7 Matriks Penilaian Resiko Secara Kualitatif.....	38
4.1 Perilaku Longsor Lereng di <i>Low Wall</i> PT. Wahana	43
4.2 Perilaku Longsor Lereng di <i>High Wall</i> PT. Wahana	45
4.3 Perilaku Longsor Lereng di <i>Low Wall</i> PT. TSA	47
4.4 Perilaku Longsor Lereng di <i>High Wall</i> PT. TSA	49
4.5 Perilaku Longsor Lereng di <i>Low Wall</i> PT. Arutmin	53
5.1 Nilai Ambang Batas (<i>Threshold</i>) PT. Wahana	70
5.2 Nilai Ambang Batas (<i>Threshold</i>) PT. TSA.....	72
5.3 Nilai Ambang Batas (<i>Threshold</i>) PT. Arutmin	74
5.4 Matriks Penilaian Resiko	84
5.5 Analisis Resiko Longsor PT.Wahana	85
5.6 Analisis Resiko Longsor PT.TSA	85
5.7 Analisis Resiko Longsor PT.Arutmin	86
5.8 Respon <i>Plan</i> Manajemen Resiko Geoteknik	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
A Data Analisis Longsor <i>Low Wall</i> PT. Wahana Baratama Mining .	94
B Data Analisis Longsor <i>High Wall</i> PT. Wahana Baratama Mining	95
C Data Analisis Longsor <i>Low Wall</i> PT. Teguh Sinar Abadi.....	96
D Data Analisis Longsor <i>High Wall</i> PT. Teguh Sinar Abadi.....	99
E Data Analisis Longsor <i>Low Wall</i> PT. Arutmin Indonesia	100