PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN II)
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 12 Juli 2020
ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

ANALISA KESTABILAN LERENG BERDASARKAN PROBABILITAS KELONGSORAN PADA TAMBANG PIROFILIT DI PT GUNUNG BALE, KABUPATEN MALANG, PROVINSI JAWA TIMUR

[1] Fadel Haritsa Putra Santosa, [1] Yudho Dwi Galih Cahyono

[1] Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Alamat: Jl. Arif Rahman Hakim No. 100 Surabaya

e-mail: haritsafadel@gmail.com

ABSTRAK

PT Gunung Bale merupakan perusahan yang bergerak dibidang pertambangan pirofilit dengan menerapkan metode tambang terbuka. Karena adanya kegiatan penambangan tersebut diperlukan analisis kemantapan lereng agar kegiatan penambangan berjalan seefisien mungkin. Pada area *pit* perlu adanya perencanaan lereng yang aman sesuai dengan nilai probabilitas kelongsoran. Metode yang digunakan dalam menentukan dan menganalisa permasalahan adalah metode kesetimbangan batas yang dibantu dengan metode komputerisasi untuk mentukan pemodelan lereng. Pada hasil analisis rencana lereng overall slope PT. Gunung Bale dengan tinggi jenjang 10 meter, sudut overall slope 23^0 didapatakan nilai FK 1.287 dan nilai PK 0.000%. Hasil rekomendasi *design* geometri lereng *single slope* material HRD dengan tinggi 12 meter, sudut 75^0 didapatkan nilai FK 1.415. Sedangkan nilai FK *single slope* materia BXB dengan tinggi 12 meter, sudut 75^0 sebesar 1.352. Nilai PK *single slope* untuk materia HRD dengan tinggi 12 meter, sudut 75^0 sebesar 0.000%. Sedangkan nilai PK *single slope* untuk materia BXB dengan tinggi 12 meter, sudut 75^0 sebesar 0.000%. Nilai FK *overall slope* dengan tinggi jenjang 12 meter, lebar berm 5 meter dan sudut *overall slope* 28^0 sebesar 1.027. Nilai PK *overall slope* dengan tinggi jenjang 12 meter, lebar berm 5 meter dan sudut *overall slope* 28^0 sebesar 4.8%. Berdasarkan ambang batas nilai FK dan PK lereng tambang terbuka (SRK,2010) untuk jenis lereng *overall slope* untuk dampak longsoran medium nilai PK (max) ialah 5-10%.

Kata kunci: faktor keamanan lereng, pit, probabilitas kelongsoran

ABSTRACT

Gunung Bale Ltd. is a company engaged in pyrophilic mining by applying open pit method. In this company, there are mining activities which need slope stability analysis to make the activities in this company can run as efficiently as possible. In pit area needs safe slope planning based on the value of landslide probability. The method used to decide and analyze the problem in this study was boundary equilibrium method helped by computerize method to decide slope model. On the result of overall slope planning analysis of Gunung Bale Ltd. with a height 10 meters, the angle of overall slope was 230, it would obtain FK value of 1,877 and PK value of 0,000%. Geometry design recommendation result of single slop and the material was HRD with a height 12 meters and the angle was 750, the value obtained was FK 1.415.The value of FK single slope and the material was BXB with 12 meters height and the angle was 750 obtained 1.352. The value of PK single slope to HRD material and the height was 12 meters, 750 angles was 0,000%. Then, the value of PK single slope for BXB material with height 12 meters, 750 angle was 0,000%. The value of FK overall slope with 12 meters height, and the width was 5 meters, and the angel of overall slope was 280, they obtained 1.027. The value of PK overall slope with 12 meters height, the 5 meters width, and 280 overall slope angels was 4.8%. Based on the threshold value of FK and PK open pit slopes (SRK, 2010) for the overall slope type to medium landslide impact had PK value max) 5-10%.

Keywords:slope safety factors, pit, slides probability

PENDAHULUAN

PT Gunung Bale merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan pirofilit yang teretak di Desa Argotirto, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang. Dengan dilakukan aktivitas penambangan dengan menggunakan metode tambang terbuka (*open pit*) sehingga membentuk jenjang. Jenjang yang dibentuk oleh kegiatan penambangan sangat sering mengalami longsor akibat kegiatan penambangan itu sendiri, seperti kegiatan pemuatan, pengangkutan dan penimbunan demi mengejar target produksi.

Struktur batuan sangat berpengaruh pada *properties* batuan, baik yang berada dibawah maupun di sekelilingnya. Konsep analisis dengan pendekatan probabiitas kelongsoran menjadi solusi untuk mengatasi kurang telitinya mode deterministik. *PK* lereng ditentukan dari adanya variasi nilai parameter masukan yang selanjutnya akan menghasilkan variasi nilai *FK* lereng. Beberapa *properties* batuan yang

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

menunjukan tingginya variasi data adalah hasil uji kuat geser.

Tujuan dari penelitian ini antara lain, mendapatkan geometri lereng *pit* yang aman dan ekonomis sesuai dengan faktor keamanan lereng berdasarkan probabilitas kelongsoran.

TINJAUAN UMUM

1. Lokasi
   Secara Administratif PT. Gunung Bale teretak pada 112^0 40' 43,89" sampai dengan 112^0 40' 55,7" Bujur Timur dan 8^0 19' 38,67" sampai dengan 8^0 19' 29,01" Lintang Selatan. Pada bagian Utara berbatasan dengan Jombang, Mojokerto dan Pasuruan. Pada bagian Seatan berbatasan dengan Samudra Indonesia. Pada bagian Barat berbatasan dengan Blitar dan Kediri. Sementara pada bagian Timur berbatasan dengan Lumajang dan Proboinggo (lampiran A1).
2. Iklim dan Curah Hujan
   Kondisi topografi pegunungan dan perbukitan berbatasan langsung dengan pantai selatan menjadikan wilayah Kabupaten Malang sebagai daerah sejuk.

Tabel 1: Iklim dan Curah Hujan Kabupaten Malang

Tahun	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan	Suhu Udara °C			Kelembaban Udara (%)
			Min	Max	Rata-rata	
2017	215.4	167	18.6	29.2	23.9	87
2016	285.8	321	20.7	31.3	26	86
2015	162.8	124	19.6	29.6	24.6	82
2014	269.1	182	20.5	30.6	25.6	84.3
2013	183	197	20.9	27.8	24.4	82.5
2012	212.5	187	20.5	31.6	26.1	84.4
2011	184.6	177	19.9	28.4	24.2	82.3
2010	539.5	253	20.9	28.6	24.75	85
2009	256.9	188	19.6	29.2	24.4	83.5
2008	205.5	218	20.7	31.2	25.95	83.9
Jumlah	**2,515.10**	**2014**	**201.9**	**297.5**	**249.7**	**840.9**
Rata-rata	**251.5**	**201.4**	**20.2**	**29.8**	**25**	**84.1**

3. Keadaan Geologi, Stratigrafi, dan Geomorfologi
   A. Keadaan Geologi
      Pada awal lingkungan pengendapan di daerah penelitian merupakan dataran atau laut dangkal. Kemudian terjadi kegiatan magmatik yang menghasilkan endapan gunung api yang tersusun oleh andesit, basalt dan breksi vulkanik. (lampiran A2).
   B. Stratigafi
      Secara regional daerah penelitian termasuk kedalam stratigrafi Pegunungan Selatan Jawa Timur (lampiran A3).
   C. Morfologi
      Secara umum keadaan morfologi daerah Sumbermanjing Wetan adalah dataran tinggi yang merupakan daerah pegunungan dengan elevasi ± 60 sampai dengan elevasi ± 630 mdpl dengan beda tinngi ± 570m, kemiringan lereng antara 30^0 - 70^0. Satuan perbukitan struktural bergelombang sedan hingga kuat, structural berkaitan dengan kekar dan patahan (lampiran A4).

KAJIAN PUSTAKA

1. Pirofilit
   Pirofilit adalah batuan aluminium silika dengan rumus kimia Al_2O_3 $4SiO_2$ H_2O. Pirofilit terbentuk pada zona ubahan argilik lanjut pada temperature tinggi (250 ^{0} C) dan PH asam. Di Indonesia pirofilit terbentuknya berkaitan erat dengan sebaran formasi andesit tua yang berumur Oligo-Miosen, memiliki control struktur dan intensitas ubahan hidrotermal yang kuat atau terbentuk sebagai hasil ubahan hidrotermal batuan gunung api.
2. Kesetimbangan Batas
   Metode ini dapat dinyatakan dengan persamaan-persamaan keseimbangan dari satu atau beberapa blok yang diasumsikan tidak terderformasi, dan mengurangi gaya-gaya yang tidak diketahui (reaksi dari bagian stabil massa batuan atau gaya antara blok), khususnya gaya geser yang bekerja pada permukaan longsoran yang dipilih sebelumnya. Dalam metode ini, lereng dibagi dalam beberapa irisan dengan pusat gaya dipilih sebelumnya. Dalam metode ini, lereng dibagi dalam bebrapa irisan dengan pusat gaya di titik tertentu, kemudian menganalisa gaya yang berkerja pada lereng, saat terjadi longsoran dan setiap bagian pada kondisi keseimbangan statis.
3. Kriteria Keruntuhan Mohr Coulomb
   Teori Mohr menganggap bahwa untuk suatu keadaan tegangan $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$, (*intermediate stress*) tidak mempengaruhi *failure* batuan dan kuat tarik tidak sama dengan kuat tekan. Teori ini didasarkan pada hipotesis bahwa tegangan normal dan tegangan geser yang bekerja pada permukaan *rupture* memainkan peranan pada proses *failure* batuan.
4. Probabilitas
   Probabilitas adalah suatu cara untuk menentukan nilai faktor keamanan suatu sistem rekayasa dengan memperlakukan nilai masukan sebagai variabel acak, dengan demikian nilai faktor keamanan sebagai rasio antara gaya penahan dan gaya penggerak merupakan juga variabel acak. Pada proses ini nilai parameter masukan dan faktor keamanan akan dikarakterisasi distribusi nilai masing-masing.

   Secara defenisi ada hubungan linier antara nilai PK dengan peluang (likelihood) kelongsoran, sementara tidak berlaku untuk hubungan FK dengan peluang kelongsoran PK. FK yang besar tidak menggambarkan lereng yang lebih stabil, karena besaran ketidak pastian yang implisit tidak ditangkap oleh nilai FK. Lereng dengan nilai FK= 3 bukan berarti 2 kali lebih stabil daripada FK 1.5,

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

sementara lereng dengan nilai PK 5 % menunjukkan 2 kali lebih stabil dari lereng dengan nilai PK 10 %.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Jenis Penelitian
   Analisa dan rekomendasi rancangan *pit* pada area penambangan di PT. Gunung Bale merupakan penelitian yang bersifat terapan (aplikatif), penelitian ini berkaitan dengan *software*, metode matematis dan analisa. Penelitian ini menerapkan penggunaan perangkat lunak (*software*) dalam hal analisis kestabilan lereng serta dalam rencana merancang *pit*.
2. Varibel Penlitian
   A. Data Primer
      Data primer adalah komponen untuk menganalisa kestabilan lereng dan perancangan *pit*.
      1) Data uji laboratorium: Sebagai data penting dalam menganalisa kestabilan lereng untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik batuan.
      2) Data geometri lereng: Sebagai data dasar dalam menganalis faktor keamanan lereng
   B. Data Sekunder
      Data sekunder yang dimaksud adalah unsur data yang digunakan untuk menunjang dan mempermudah dalam pengolahan data.
      1) Data topografi: Sebagai data dalam menentukan dan merancang lokasi pit penambangan.
      2) Data geologi: Sebagai data dasar dalam mengetahui litologi yang berada pada area pit penambangan
      3) Data – data lainnya seperti, keadaan geologi untuk mengetahui morfologi, stratigrafi, dan struktur geologi daerah penelitian, kondisi umum perusahaan diambil untuk mengetahui sejarah, sistem penambangan, dan perijinan perusahaan, batas WIUP sebagai batas terluar dalam kegiatan pertambangan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian
   A. Data Pengujian Laboratorium
      Data sifat fisik dan mekanik batuan yang didapat dari lokasi penelitian seperti: data kohesi, sudut geser dalam, dan bobot isi. Data tersebut berfungsi untuk parameter dalam analisis kesetabilan lereng nantinya. Data sifat dan karakteristik batuan yang didapat pada daerah penelitian dapat dilihat pada *Tabel 2*.

Tabel 2: Data Sifat dan Karakteristik Batuan

Color	Material	Kohesi (kn/m²)	Sudut Geser Dalam (°)	Bobot Isi (kn/m³)
	HRD	56.3388	29.47	25.1136
	WHI	66.1096	16.66	24.1326

Sumber: Engineering PT.GB 2019

   B. Pengolahan Data
      Langkah pertama dalam pengolahan data yaitu mencari nilai distribusi statistik pada setiap material dengan menggunakan parameter distribus teoritik seperti normal, lognormal, dan gamma. Untuk mendapatkan nilai tersebut menggunakan bantuan aplikasi *software Matlab 2011 student version*. Setelah mendapatkan nilai dan parameter yang cocok untuk setiap material, selanjutnya masuk dalam aplikasi *Rocscience Slide 6.0 student* version, untuk mencari nilai FK dan PK dengan menginput nilai-nilai distribusi statistic yang didapatkan sebelumnya. Pengolahan data ini di lakukan dengan metode kesetimbangan batas dengan metode bishop, sedangkan untuk analisis keruntuhannya menggunakan metode mohr-coloumb.
   C. Analisis Data
      Untuk mendapatkan lereng yang proposional (mantab dan optimal) maka perlu dilakukan pengujian geometri lereng dengan metode *try and error*. Dari metode tersebut kita akan mengetahui geometri lereng yang proposional berdasarkan nilai FK dan PK. Dalam metode *try and error* asumsi yang digunakan adalah tinggi dan sudut lereng, untuk lebar lereng menggunakan jarak 5 meter dengan asumsi lebar 3,5 lebar alat.

      Kondisi material yang umumnya batuan cukup keras pada lokasi penelitian membuat hasil pengujian kuat geser yang didapatkan nilainya besar. Hal itulah menyebabkan kekuatan batuan pada material penyusun lereng menjadi kuat.
2. Pembahasan
   A. Permodelan Geoteknik
      Permodelan geoteknik tidak lepas dari dua hal penting yaitu data masukan dan langkah-langkah permodelan. Permodelan menggunakan metode kesetimbangan batas dengan bantuan *Software Slide 6.0 by Rocsience*. Permodelan geoteknik ini diaplikasikan pada lereng tunggal dan lereng keseluruhan yang untuk selanjutnya akan ditentukan masing- masing nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK), didapatkan parameter masukan yang berpengaruh pada rencanan lereng tambang. Barikut ini tinggi dan sudut lereng yang akan digunakan dalam menentukan faktor keamanan lereng tunggal dan keseluruhan.

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

Tabel 3: Tinggi dan Sudut Lereng Tunggal dan Keseluruhan Permodelan Geoteknik

No	Lereng	Lebar *Berm* (m)	Tinggi (m)	Sudut Jenjang (m)
1	Tunggal (single slope)	5	8	55
				65
				75
			10	55
				65
				75
			12	55
				65
				75
2	Keseluruhan (overall Slope)	5	80	45
				48
				50
				60

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

B. Analisis Data Distribusi Statistik

Pada tahap ini merupakan lanjutan dari tahap sebelummnya yang dimana bertujuan untuk menganalisa dan merangkum data yang akan dimasukkan kedalam *input properties statistic* pada aplikasi *Rocsience Slide 6.0*. Berikut Tabel 4.10 parameter masukkan *properties statistic.*

Tabel 4: Parameter Properties Statistik

Material	Parameter	SD	Mean	Rel. Min	Rel. Max	Type of Distribution
HRD	Cohesion	2.45902	56.3388	3.00997	3.01003	Gamma
	Phi	0.816679	29.47	1	1	Gamma
	Density	0.816748	25.1136	1	1	Gamma
BXB	Cohesion	0.816533	66.1096	1.00001	0.99999	Gamma
	Phi	0.81707	16.66	1	1	Gamma
	Density	0.824942	24.1326	1.01	1.01	Gamma

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

C. Analisis Stabilitas Lereng Tunggal (*Single Slope*)

Analisis kemantapan lereng tunggal merupakan salah satu bentuk dari permodelan geoteknik yang bertujuan untuk mengetahui faktor keamanan dari lereng tunggal yang bersifat deterministik, yang berdasarkan tinggi jenjang dan besar sudut lereng yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil karakterisasi terhadap parameter masukan yang mencakup nilai relatif minimum dan relatif maksimum, standar devisiasidan jenis fungsi distribusi masukan dalam analisis kestabilan lereng tunggal. Berdasarkan ambang batas nilai FK dan PK lereng tambang terbuka (SRK,2010) untuk jenis lereng tunggal (*single slope*) FK (min) ialah 1.1 dan PK (max) 25-50%.

Hasil analisis kestabilan lereng menggunakan pendekatan probabilitas ini menghasilkan faktor keamanan yang dimungkinkan membangkitkan nilai dengan kapasitas probabilitas kelongsoran dan indeks reliabilitas lereng. Berikut hasil analisis lereng tunggal dapat dilihat pada Tabel 4.11 sampai Tabel 4.16 dibawah ini.

Tabel 5: Analisis Lereng Tunggal HRD Tinggi 8 Meter

Analisisi Lereng Tunggal HRD			
Tinggi	8 m		
Sudut	55º	65º	75º
Faktor Keamanan (FK Deterministik)	2.445	2.135	1.822
Faktor Keamanan (FK Mean)	2.446	2.136	1.822
Probabilitas Longsoran (PK)	0.000%	0.000%	0.000%

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

Tabel 6: Analisis Lereng Tunggal HRD Tinggi 10 Meter

Analisisi Lereng Tunggal HRD			
Tinggi	10 m		
Sudut	55º	65º	75º
Faktor Keamanan (FK Deterministik)	2.113	1.834	1.567
Faktor Keamanan (FK Mean)	2.114	1.835	1.567
Probabilitas Longsoran (PK)	0.000%	0.000%	0.000%

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

Tabel 7: Analisis Lereng Tunggal HRD Tinggi 12 Meter

Analisisi Lereng Tunggal HRD			
Tinggi	12 m		
Sudut	55º	65º	75º
Faktor Keamanan (FK Deterministik)	1.892	1.628	1.414
Faktor Keamanan (FK Mean)	1.892	1.629	1.415
Probabilitas Longsoran (PK)	0.000%	0.000%	0.000%

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

Tabel 8: Analisis Lereng Tunggal BXB Tinggi 8 Meter

Analisisi Lereng Tunggal BXB			
Tinggi	8 m		
Sudut	55º	65º	75º
Faktor Keamanan (FK Deterministik)	2.411	2.154	1.878
Faktor Keamanan (FK Mean)	2.413	2.156	1.879
Probabilitas Longsoran (PK)	0.000%	0.000%	0.000%

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

Tabel 9: Analisis Lereng Tunggal BXB Tinggi 10 Meter

Analisisi Lereng Tunggal BXB			
Tinggi	10 m		
Sudut	55º	65º	75º
Faktor Keamanan (FK Deterministik)	2.02	1.796	1.557
Faktor Keamanan (FK Mean)	2.022	1.798	1.558
Probabilitas Longsoran (PK)	0.000%	0.000%	0.000%

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

Tabel 10: Analisis Lereng Tunggal BXB Tinggi 12 Meter

Analisisi Lereng Tunggal BXB			
Tinggi	12 m		
Sudut	55º	65º	75º
Faktor Keamanan (FK Deterministik)	1.757	1.539	1.35
Faktor Keamanan (FK Mean)	1.759	1.541	1.352
Probabilitas Longsoran (PK)	0.000%	0.000%	0.000%

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

Berdasarkan hasil anilisis probabilitas kelongsoran (PK) pada material HRD dan BXB dengan ketinggian

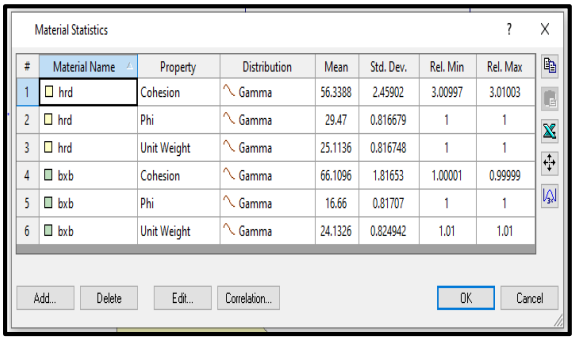
ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

8, 10, dan 12 meter dengan sudut 55º, 65º, dan 75º didapatkan hasil analisis (PK) sebesar 0.000%, secara keseluruhan tinggi dan sudut yang menjadi masukan menunjukan dalam kondisi yang aman dari *acceptance criteria* PK 25-50 %.

D. Analisis Stabilitas Lereng Keseluruhan (*Overall Slope*)

Langkah awal dalam analisis kestabilan lereng adalah pembuatan model lereng. Model lereng yang diinput dalam analisis ini merupakan desain yang didapat dari rencana penambangan tahun ke 17 PT. Gunung Bale. Kondisi layer batuan penyusun lereng sesuai dengan kondisi litologi hasil pemboran di lapangan, serta nilai input material propertis merupakan hasil dari pengujian sampel di laboratorium dan hasil dari karakteristik parameter masukan. Berdasarkan ambang batas nilai FK dan PK lereng tambang terbuka (SRK,2010) untuk jenis lereng keseluruhan (*overall slope*) untuk dampak longsoran *medium* nilai PK (max) ialah 5-10%.

Tabel 11: Input Bentuk dan Propertis Material Dari Hasil Karakteristik Parameter Masukan



Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

Propertis material meliputi *cohesion, internal friction angle,* dan *density variable*. Propertis material didapatkan dari dari hasil karakteristik parameter masukan, dimana masukan untuk material HRD dan BXB, *cohesion, internal friction angle,* dan *density variable* diasumsikan berdistribusi gamma.

Tabel 12: Hasil Analisis Lereng Keseluruhan (Overall Slope)

Tinggi (m)	Lebar *Berm* (m)	Tinggi Jenjang (m)	Sudut (º) Overall	FK (mean)	PK (%) Probabilitas	Keterangan
80	5	10	25	1.077	0.000%	Aman
			27	1.054	0.000%	Aman
			28	1.016	18%	Tidak aman
			31	0.909	100%	Tidak aman
		12	26	1.095	0.000%	Aman
			27	1.030	3.20%	Aman
			28	1.027	4.80%	Aman
			32	0.905	100%	Tidak aman

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

Tabel 13: Hasil Analisis Rencana Lereng Keseluruhan (Overall Slope) PT. Gunung Bale

Tinggi (m)	Tinggi Jenjang (m)	Sudut (º) Overall	FK (mean)	PK (%) Probabilitas	Keterangan
80	10	23	1.287	0.000%	Aman

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

E. Rekomendasi Parameter Masukan *Single Slope* dan *Overall Slope*

Secara keseluruhan dari setiap analisis parameter masukan lereng yang telah dianalisis memiliki nilai FK dan PK yang berbeda.

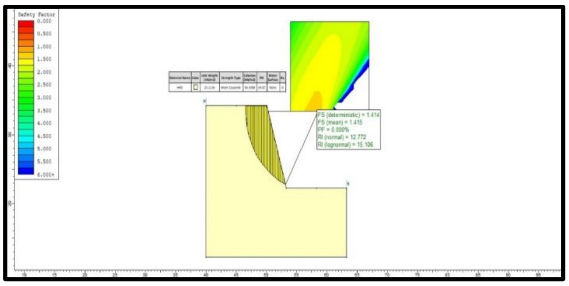
1) Lereng Tunggal (*Single Slope*)

Dilihat dari hasil analisis lereng tunggal dengan menggunakan pendekatan probabilitas kelongsoran didasarkan pada tinggi jenjang 8, 10 dan 12 meter dengan menggunakan sudut 55^0, 65^0, dan75^0. Dapat diketahui bahwa nilai FK dan PK menunjukan nilai faktor keamanan yang aman dan dapat diterima sesuai ambang batas nilai FK dan PK lereng tambang terbuka (SRK,2010) untuk jenis lereng tunggal (*single slope*) FK (min) ialah 1.1 dan PK (max) 25-50%.

Tabel 14: Rekomendasi Geometri Lereng Singel Slope Material HRD

Analisisi Lereng Tunggal HRD									
Tinggi	8 m			10 m			12 m		
Sudut	55º	65º	75º	55º	65º	75º	55º	65º	75º
FK (Deterministik)	2.445	2.135	1.822	2.113	1.834	1.567	1.892	1.628	1.414
FK (Mean)	2.446	2.136	1.822	2.114	1.835	1.567	1.892	1.629	1.415
PK	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Rekomendasi *Single Slope*									

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti



Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

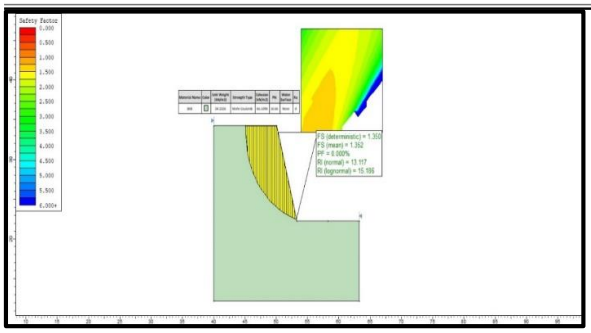
Gambar 1: Rekomendasi FK dan PK Lereng Single Slope Material HRD.

Tabel 15: Rekomendasi Geometri Lereng Singel Slope Material BXB

Analisisi Lereng Tunggal BXB									
Tinggi	8 m			10 m			12 m		
Sudut	55º	65º	75º	55º	65º	75º	55º	65º	75º
FK (Deterministik)	2.411	2.154	1.878	2.02	1.796	1.557	1.757	1.539	1.35
FK (Mean)	2.413	2.156	1.879	2.022	1.798	1.558	1.759	1.541	1.352
PK	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Rekomendasi *Single Slope*									

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020



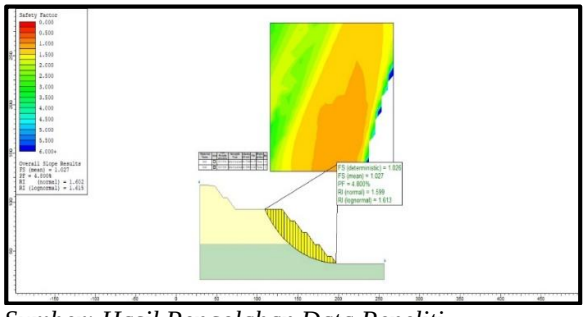
Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti
Gambar 2: Rekomendasi FK dan PK Lereng Single Slope Material BXB.

2) Lereng Keseluruhan (*Overall Slope*)
Dilihat dari analisis lereng keseluruhan dengan menggunakan analisis probabilitas kelongsoran, didasarkan pada tinggi lereng keseluruhan 80 meter dengan menggunakan tinggi jenjang 10 meter dan 12 meter, lebar *berm* 5 meter, sudut jenjang 45^0, 48^0, 50^0 dan 60^0. Dapat diketahui bahwa nilai FK dan PK menunjukan nilai faktor keamanan yang aman dan dapat diterima sesuai ambang batas nilai FK dan PK lereng tambang terbuka (SRK,2010) untuk jenis lereng keseluruhan (*overall slope*) untuk dampak longsoran *medium* nilai PK (max) ialah 5-10%.

Tabel 16: Rekomendasi Geometri Lereng Overall Slope

Tinggi (m)	Lebar *Berm* (m)	Tinggi Jenjang (m)	Sudut (°) Overall	FK (mean)	PK (%) Probabilitas	Keterangan
80	5	10	25	1.077	0.000%	Aman
			27	1.054	0.000%	Aman
			28	1.016	18%	Tidak aman
			31	0.909	100%	Tidak aman
		12	26	1.095	0.000%	Aman
			27	1.030	3.20%	Aman
			28	1.027	4.80%	Aman
			32	0.905	100%	Tidak aman
Rekomendasi Lereng *Overall Slope*						

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti



Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti
Gambar 3: Rekomendasi Overall Slope

KESIMPULAN

1. Rekomendasi untuk lereng *single slope* pada material HRD dan BXB menggunakan tinggi 12 meter dan sudut 75^0. Sedangkan rekomendasi untuk lereng *overall slope* menggunakan tinggi jenjang 12 meter, lebar *berm* 5 meter, dan sudut *overall slope* 28^0.
2. Nilai FK *single slope* untuk material HRD sebesar 1.415, dan nilai FK *single slope* untuk material BXB sebesar 1.352. Sedangkan Nilai FK *overall slope* untuk material HRD dan BXB sebesar 1.027.
3. Nilai PK *single slope* untuk material HRD sebesar 0.000%, dan nilai PK *single slope* untuk material BXB sebesar 0.000%. Sedangkan Nilai PK *overall slope* untuk material HRD dan BXB sebesar 4.8 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Mama, papa dan adik tercinta, yang selama ini tak pernah lelah menasehati dan memotivasi, mendoakan serta memberi dukungan baik moral maupun material sehingga masa pendidikan saya selama ini berjalan dengan lancar. Semoga pencapaian saya ini menjadi awal yang baik dalam karir dan masa depan saya sehingga saya dapat membanggakan kalian. Terutama untuk Mama tercinta yang menjadi motivasi utama saya.
2. Kepada semua Dosen Jurusan Teknik Pertambangan yang selama ini membagi banyak ilmunya, saya ucapkan Terima Kasih.
3. Kepada "Squad Wani Perih" putra, rudi, ibnu, dan mala. Kalian kolaborasi yang sangat hebat dalam bidang apapun. Pulang pagi bahkan nginap, gak tidur, masak bareng, saat tugas menghampiri bukan hal tabu buat kami. Cari reverensi kuliah sampai ke Jogja dan banyak cerita lainnya yang kami ukir bersama.
4. Kepada sahabat madiun kota gadis eka, dayu, dayang. Satu se-SD bareng Satunya se-SMA bareng daftar kuliah bareng lulus bareng wkwk. Next kerja nikah bisa diagendakan bareng mungkin.
5. Kepada sahabat Kontrakan Agung, bayu, doni, denis, surya, yudha, tanpa kalian 5 tahun diSurabaya mungkin membosankan.
6. Kepada sobat info mantab-mantab cabang Surabaya Abot, farhan, jundi, mbah, anggi, mas anas. Jangan macam-macam sama kata "AYO".
7. Kepada sobat info mantab-mantab cabang madiun afdur, dedy, yudhis, aliefa, singgih, bain, dongok, trio, minti, bebek, dll. Tanpa kalian pulangku terasa hampa (aseeeeek).
8. Kepada sobat Madiun Club Ninja dan Bengkel aing Bnu garage yang selalu memberikan solusi indah dikala bosannya dengan lingkup kuliah. Banyak pelajaran yang diambil ketika hidup dijalanan, tak semuanya berdampak negatif kawan.
9. Teman-teman HMTP serta adik kaka tingkat saya yang selama ini saling memotivasi dan menyatukan pemikiran untuk masa depan yang lebih baik.

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

10. Teruntuk R yang membuat keinginan diri ini untuk berjuang dalam segala aspek. Terima kasih telah menjadi bagian cerita hidup ini.

DAFTAR PUSTAKA

Budi Santoso, 2002. *"Analisis Kestabian Lereng".* Yogyakarta; UPN.

Hoek and Bray, 1981. *"Jenis Longsoran Pada Lereng"*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama

Irwandi Arif, 2016. *"Geoteknik Tambang".* Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama

Nahrowi T.Y., Suratman, Namida, dan Hidayat, S, 1978. *Geologi Pegunungan Selatan Jawa Timur*. PIT IAGI Bandung.

Prasetia Gilang Eko, 2018. *Geologi dan Tipe Mineral Piropilit di Desa Argotirto dan Sekitarnya, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. ITATS, Surabaya.* (Tidak dipublikasi)

Rai, Made Astawa, Kramadibtara S, Wattimena Ridho Kresna. 2014. *"Mekanika Batuan".* Bandung; ITB

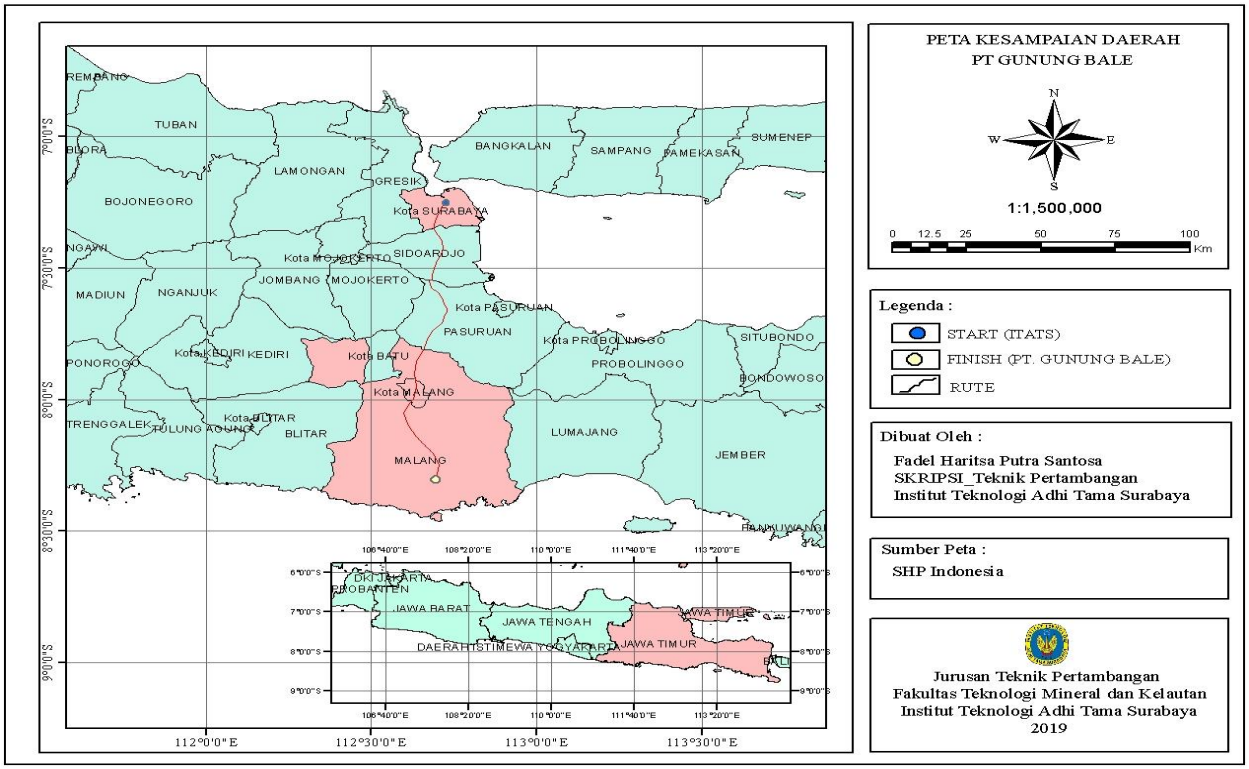
Samodra, Gafoer, S., dan Tjokrosapoetro, S. 1992. *Geologi Lembar Pacitan Jawa Timur*. Departemen Pertambangan dan Energi.

Suyanto, dkk., 1992. *Geologi Regional Lembar Turen, Jawa Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

W, Herianto. 1983. *"Analasis Kesetabilan Lereng"*. Bandung

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

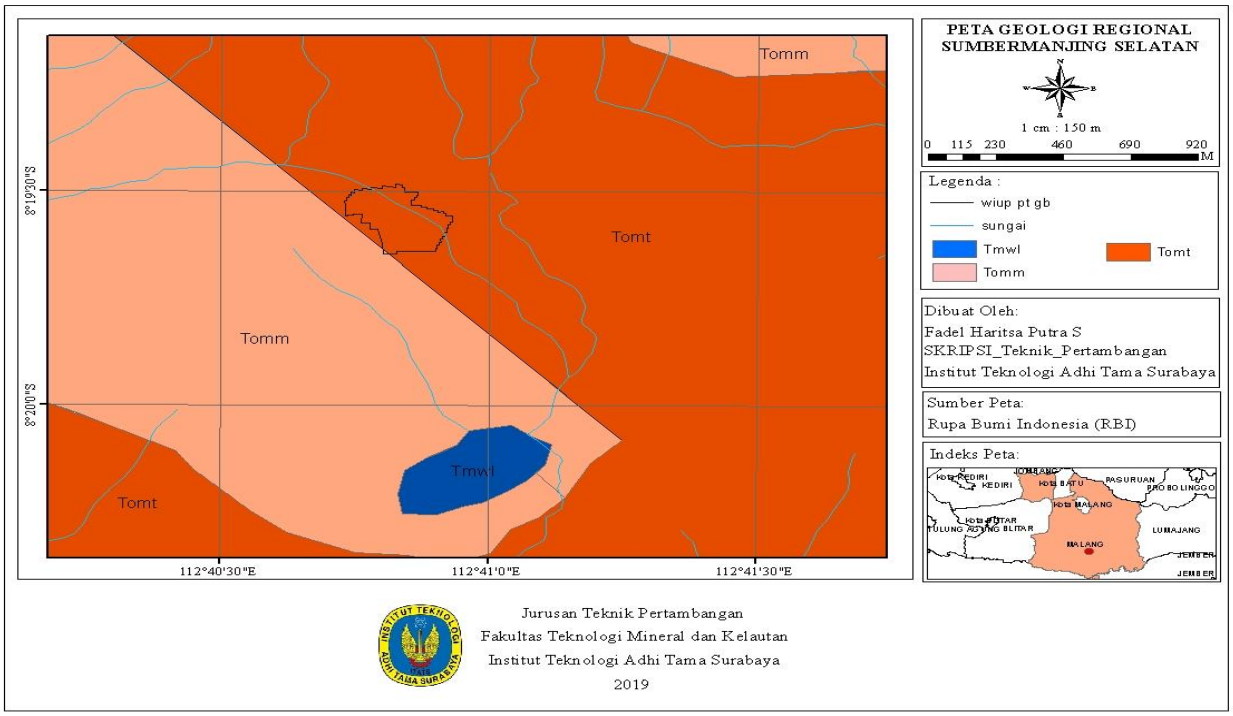
LAMPIRAN A1



Sumber: Hasil Penelitian 2019

Gambar 1: Peta Kesampaian Daerah PT. Gunung Bale

LAMPIRAN A2

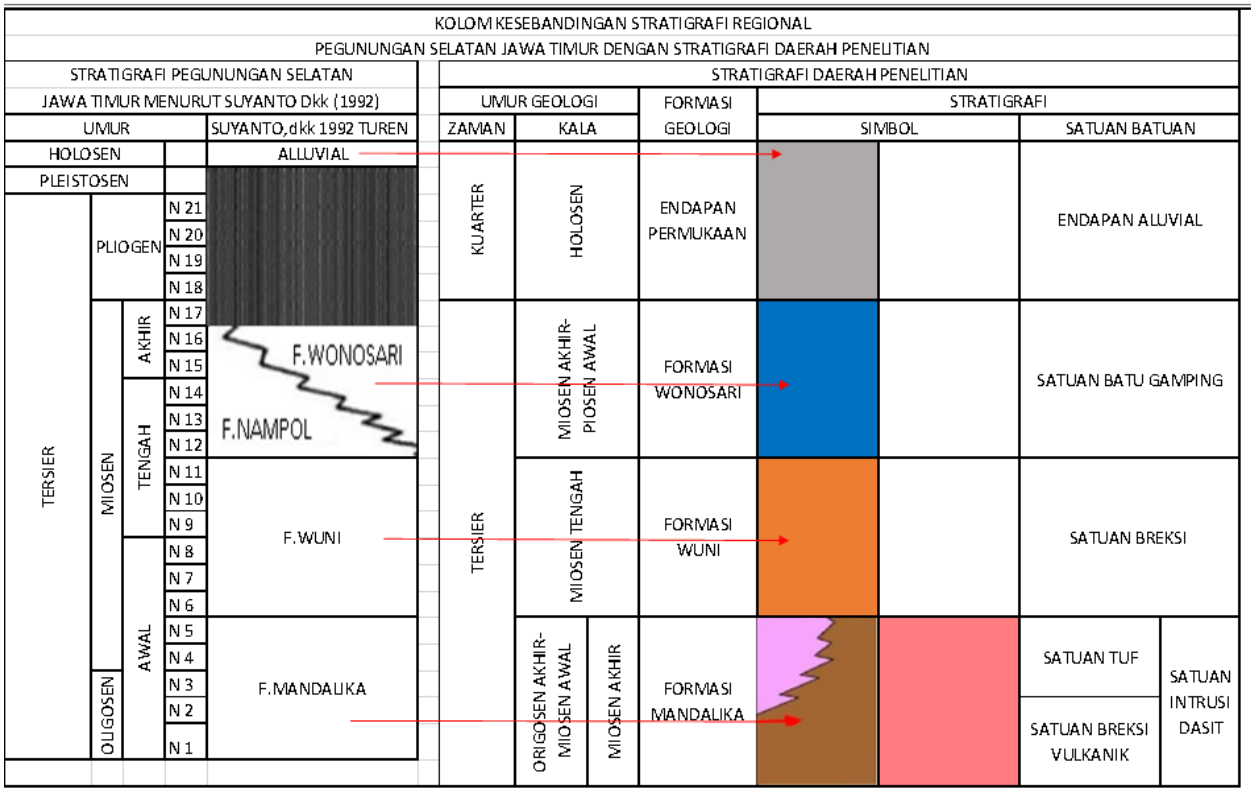


Sumber: Hasil Penelitian 2019

Gambar 2: Peta Geologi Regional

LAMPIRAN A3

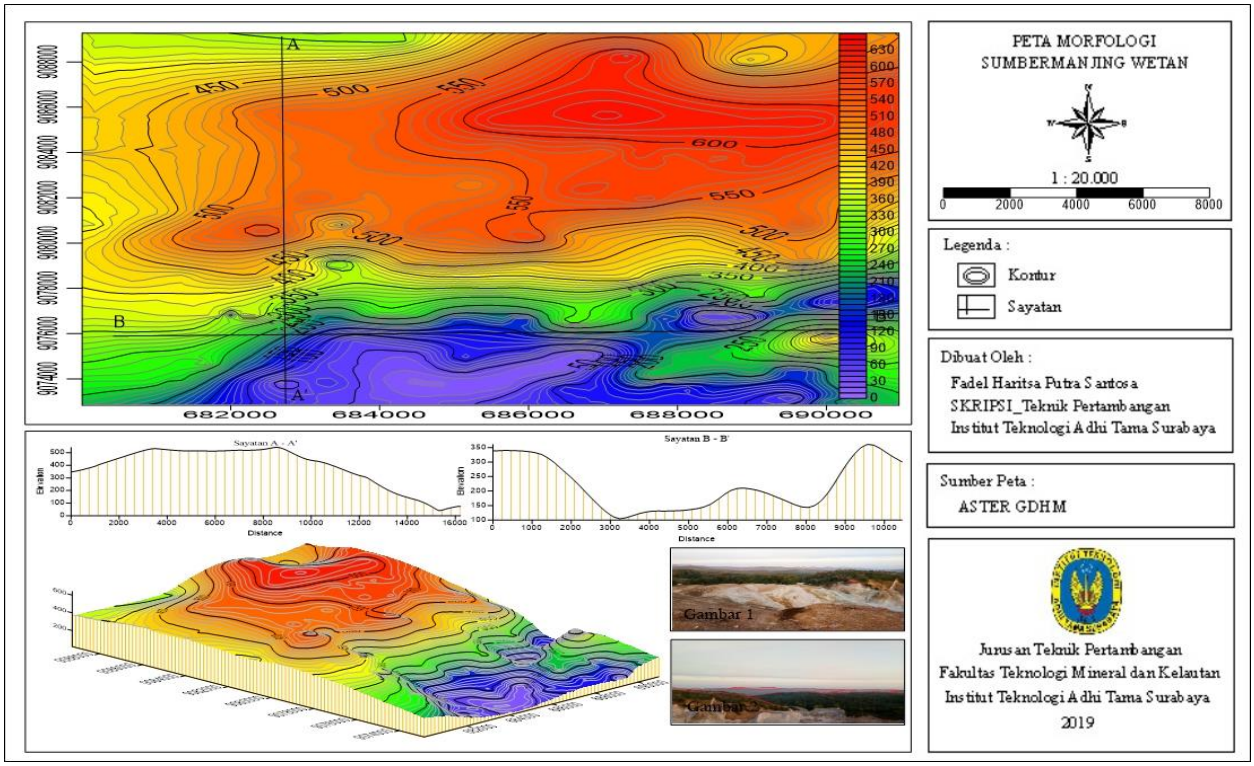
ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020



Sumber: Hasil Penelitian 2019

Gambar 2: Statigrafi Regional

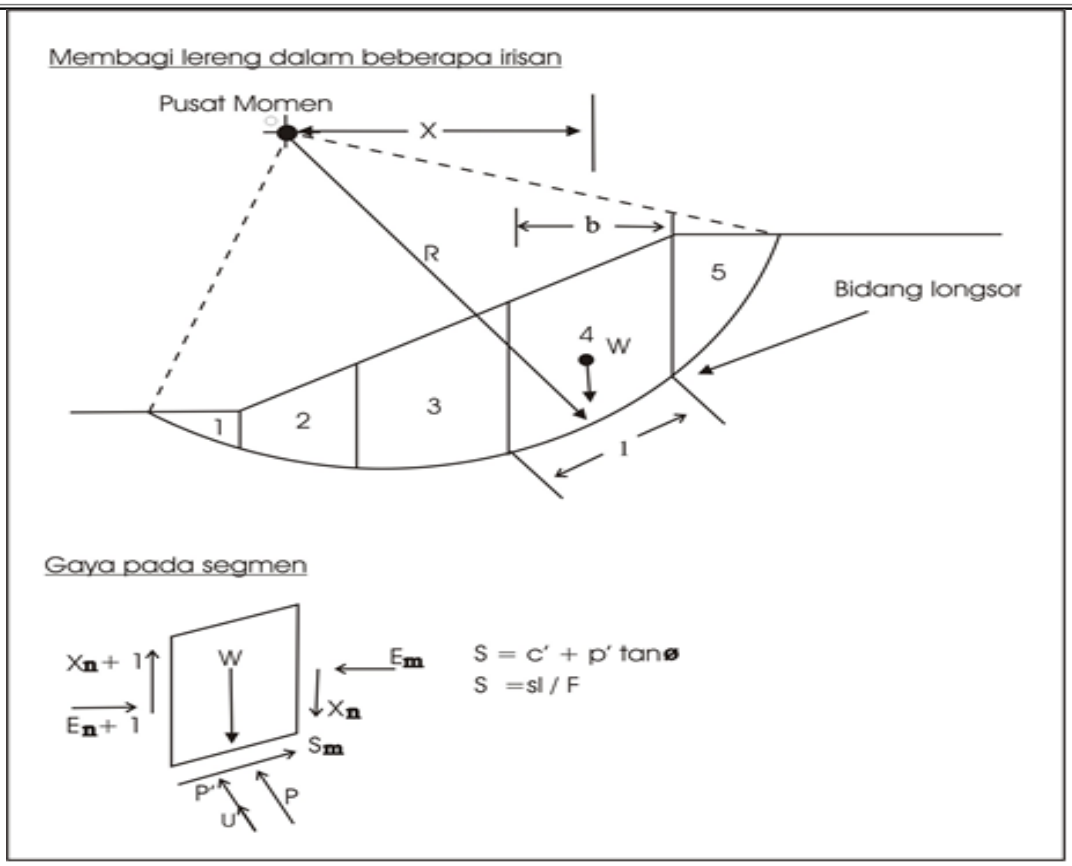
LAMPIRAN A4



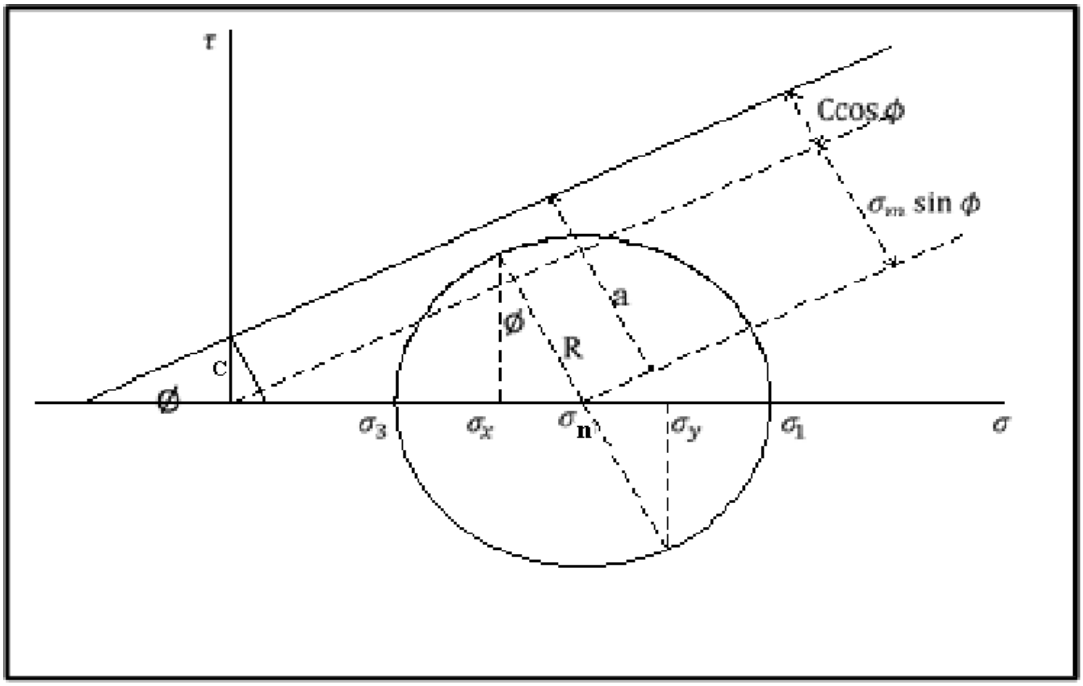
Sumber: Hasil Penelitian 2019

Gambar 4: Peta Morfologi Sumbermanjing Wetan

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

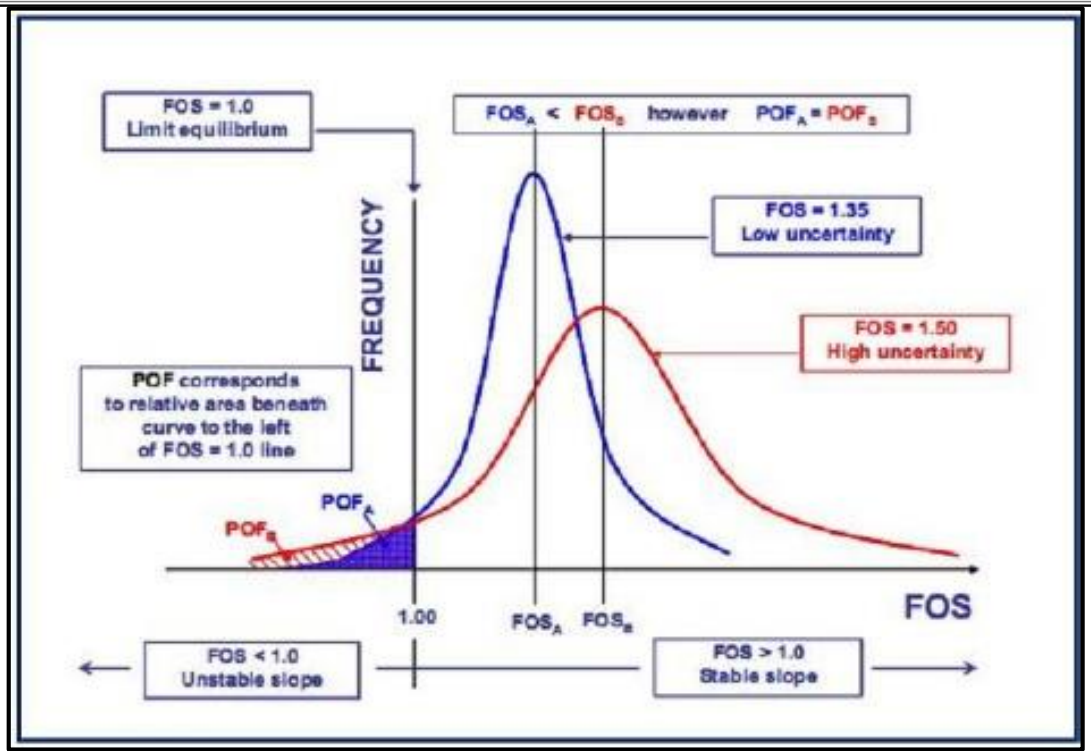


Sumber: Budi Santoso. 2002. Analisa Kestabilan Lereng. UPN Yogyakarta
Gambar 5: Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Irisan



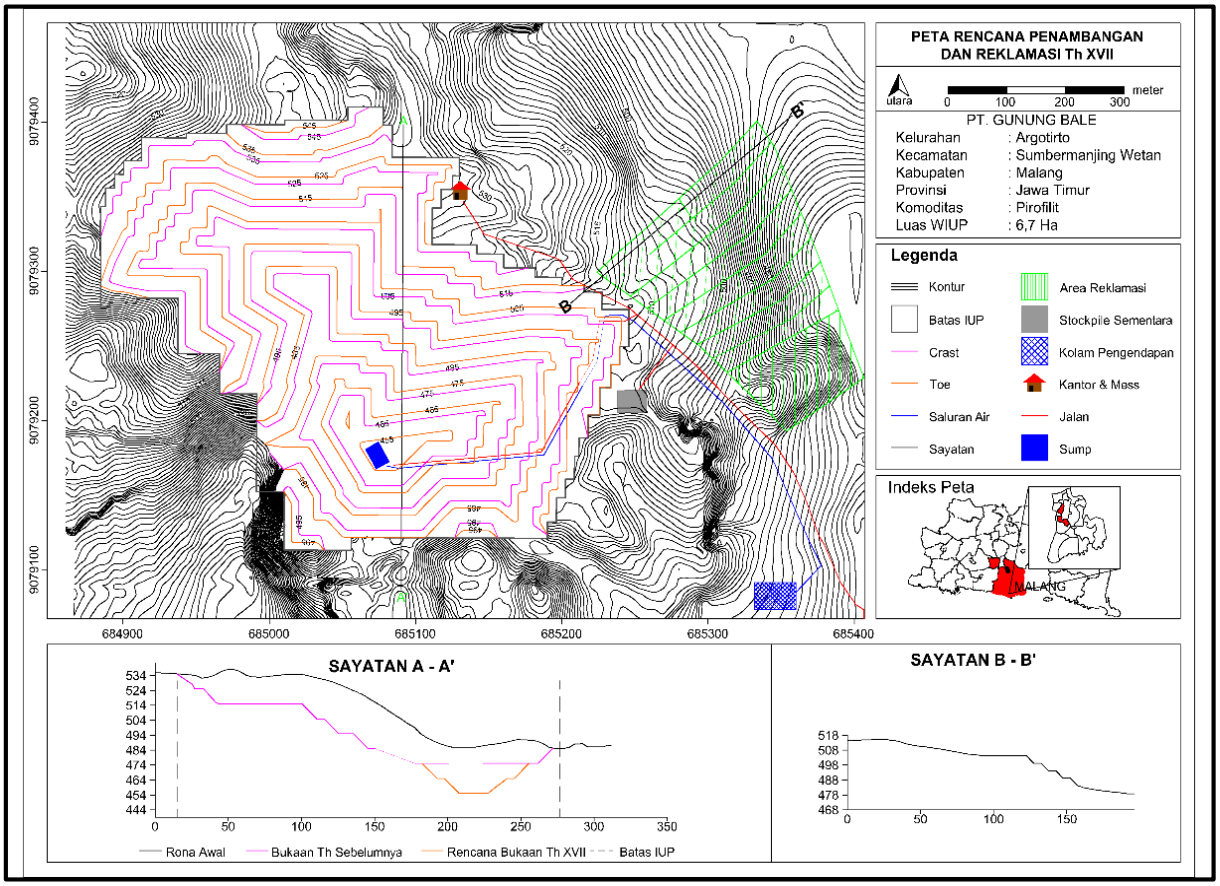
Sumber: Budi Santoso. 2002. Analisa Kestabilan Lereng. UPN Yogyakarta
Gambar 6: Selubung Kekuatan Mohr – Coulomb

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020



Sumber: Arif, Irwandy. 2016. Geoteknik Tambang

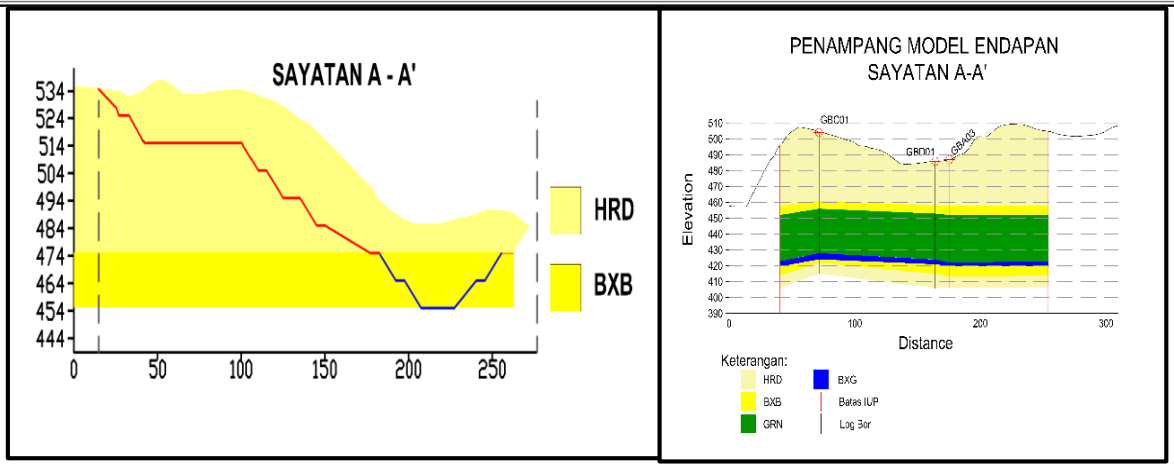
Gambar 7: Konsep probabilitas kelongsoran dan besaran ketidakpastian (steffen, dkk.,2008)



Sumber: Engineering PT Gunung Bale

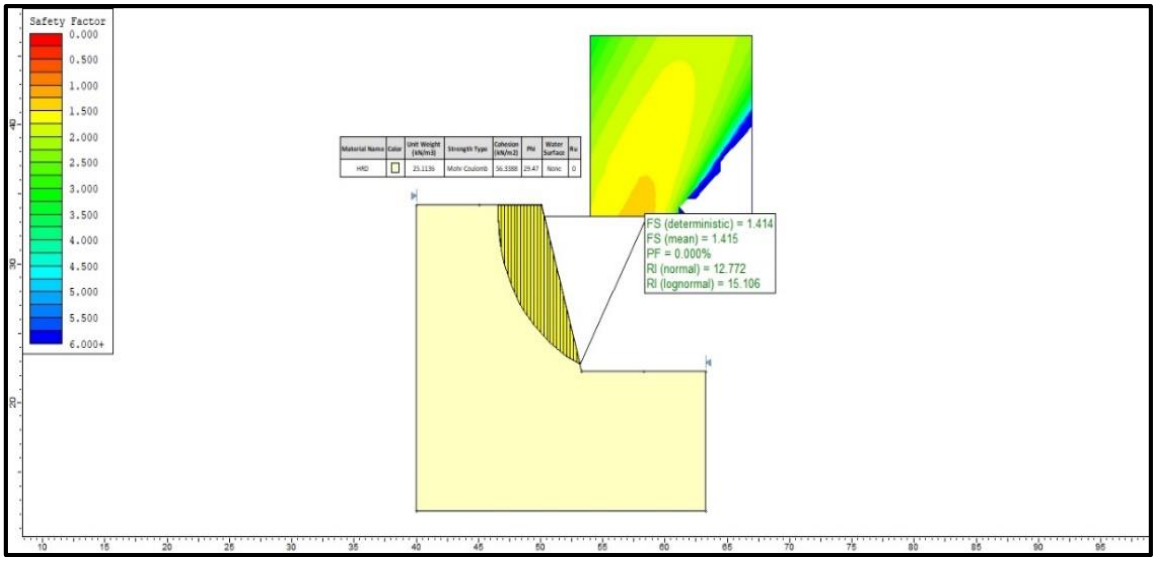
Gambar 8: Peta Rencana Penambangan

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020



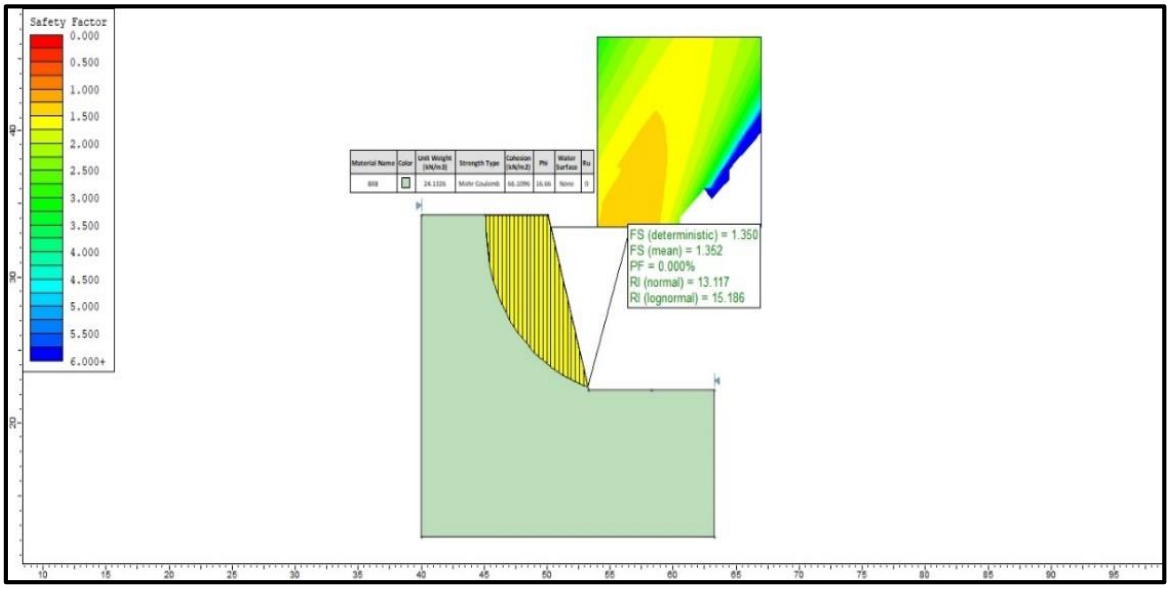
Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

Gambar 9: Sayatan dan Penampang Endapan



Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

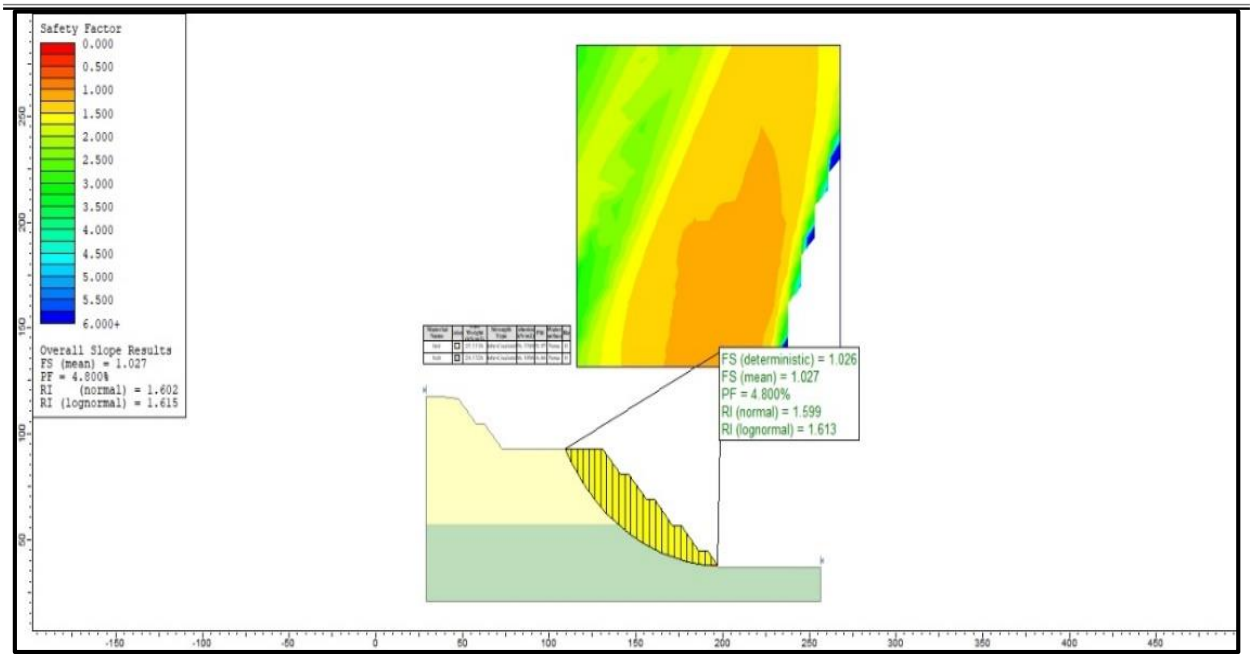
Gambar 10: Rekomendasi Lereng Single Slope Material HRD



Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

Gambar 11: Rekomendasi Lereng Single Slope Material BXB

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020



Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti

Gambar 12: Rekomendasi Lereng Overall Slope