

## Kajian dan evaluasi Geoteknik Pada Tambang Terbuka Batubara PT. Dizamtra Powerindo Kecamatan Merapi Barat , Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Barat

Abdul Jalil<sup>1</sup>, Barlian Dwi Nagara<sup>2</sup>, Eko Wicaksono<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Pertambangan , Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

Korespondensi : [jalil180494@gmail.com](mailto:jalil180494@gmail.com)

### ABSTRAK

Penentuan sudut kemiringan lereng yang dapat di terima pada tambang terbuka merupakan aspek kunci dalam desain tambang, karena hal ini menyiratkan pencarian titik keseimbangan yang optimal antara manfaat ekonomi dengan resiko pekerjaan tambang. Kegiatan penambangan akan menyebabkan perubahan distribusi tegangan pada lereng yang dapat menyebabkan longsor. Kajian geoteknik ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi terhadap desain bukaan lereng tambang batubara, melakukan perhitungan FK Life Of Mine (LOM) pada PIT-1, PIT-2, PIT-3, PIT-3 PIT-4, PIT-5 bagian utara dan selatan, yang berlokasi di kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Barat. Penelitian ini dikerjakan dengan melakukan perhitungan terhadap data primer dan sekunder yang ada, sehingga hasil yang di dapatkan adalah nilai rill pada obyek. Metode kuantitatif ini dilakukan dengan pengujian langsung baik di lapangan maupun di laboratorium, seperti RQD, RMR, dan GSI. Menghitung nilai FK menggunakan metode limit equilibrium. Hasil analisis LOM FK bagian selatan pada PIT-1 1.539, PIT-2 1.536, PIT-3 1.68, PIT-4 1.502, PIT-5 1.493, LOM FK bagian Utara PIT-1 2.522, PIT-2 1.98, PIT-3 2.29, PIT-4 1.996, PIT-5 2.964

Kata kunci: Geometri, lereng, Kestabilan, LEM

### ABSTRACT

*Determination of an acceptable slope angle in open pit mines is a key aspect of mine design, as it implies finding the optimal balance between economic benefits and mining risks. Mining activities will cause changes in the stress distribution on the slopes which can lead to landslides. This geotechnical study aims to provide recommendations on the design of mine slope openings, perform FK Life of Mine (LOM) calculations at PIT-1, PIT-2, PIT-3, PIT-3, PIT-4, PIT-5 north and south., is done by calculating the existing primary and secondary data, so that the results obtained are a real value on the object. This quantitative method is carried out by direct testing both in the field and in the laboratory, such as RQD, RMR, and GSI. To calculate the FK value using the limit equilibrium method. The results of the analysis of the southern FK LOM at PIT-1 1.539, PIT-2 1.536, PIT-3 1.68, PIT-4 1.502, PIT-5 1.493, North FK LOM PIT-1 2.522, PIT-2 1.98, PIT-3 2.29, PIT-4 1.996, PIT-5 2.964.*

*Keyword : Geometry, slope, stability, LEM*

### 1. PENDAHULUAN

Aktifitas penambangan mineral dan batubara di ruang terbuka yang berupa penggalian dan penimbunan akan selalu menghadapi permasalahan kestabilan lereng. Lereng tersebut adalah lereng tambang aktif, lereng timbunan bijih/batubara (stockpile), lereng timbunan tanah penutup, dan lereng bangunan infrastruktur seperti lereng jalan, lereng di sekitar bangunan, serta bendungan. Lereng-lereng tersebut perlu di analisis kestabilannya, baik pada tahapan perancangan, tahapan penambangan, maupun tahapan pascatambang. Analisis kestabilan lereng perlu dilakukan untuk mencegah bahaya longsoran di waktu yang akan datang karena hal ini menyangkut keselamatan kerja, kemanan peralatan dan benda-benda lainnya, serta keberlangsungan produksi.[1]

Dalam proses desain pit tambang selama studi pra kelayakan dan kelayakan, Sebagian besar ketidakpastian dalam berbagai resiko akan di hadapi. Hal yang sama berlaku dalam penentuan kemiringan lereng yang dapat di terima, penyederhanaan data seperti data litologi, stratigrafi, dan data pendukung lainnya akan di adopsi dalam model geoteknik.[2]

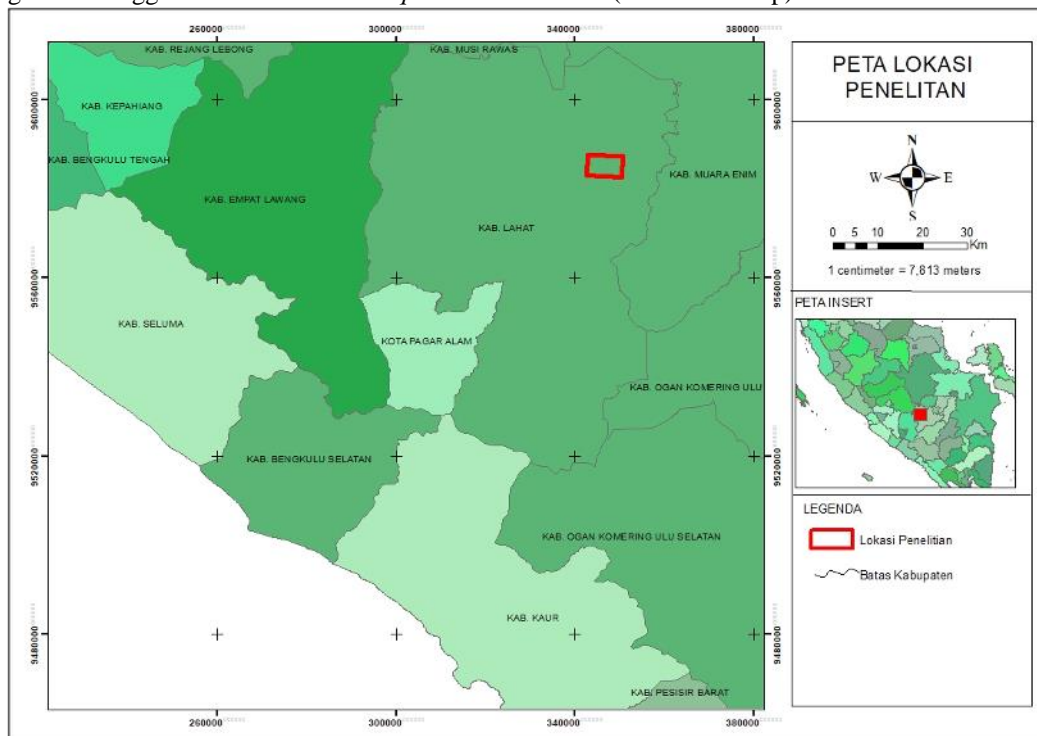
Geoteknik merupakan aplikasi rekayasa teknologi yang diterapkan kepada bumi (Holtz,1981). Dalam mempelajari geoteknik selalu akan berhubungan dengan material alam, baik dari permukaan maupun dari dalam bumi,dalam bentuk tanah dan batuan.

Kestabilan lereng di pengaruhi oleh beberapa faktor , dinataranya adalah geometri lereng, sifat fisik batuan, sifat mekanik batuan, struktur geologo, hidrologi pelapukan, dan gaya-gaya dari luar [3] . Rekayasa geoteknik yang baik bergantung kepada keputusan pengalaman orang yang merancang. Selain itu faktor-faktor lain seperti keekonomian dan keselamatan merupakan hal yang sangat penting dalam merancang lereng. Dengan memiliki pemahaman rekayasa geoteknik yang baik, seseorang akan dapat membuat desain lereng tambang yang aman dan ekonomis, melakukan pemantauan terhadap lereng, mengevaluasi desain lereng tambang, dan menganalisis serta mengambil keputusan yang tepat terkait kondisi lereng yang ada di lapangan. Oleh karena itu dalam aktifitas penambangan perlu dilakukan kajian terhadap lereng agar mendapatkan nilai ketinggian dan kemiringan lereng yang aman dan optimal sebagai salah satu saran dalam perencanaan tambang.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Barat. Metode pengambilan data pada kajian ini dengan mengambil data primer dan sekunder dengan melakukan pengumpulan data sekunder berupa data geologi regional dan data peneliti terdahulu. selanjutnya dilakukan pengumpulan data primer yang di antaranya berupa kegiatan observasi lapangan, pengumpulan data geologi permukaan, pengambilan data drone, pengeboran geoteknik, pengukuran falling head test dan uji laboratorium sampel geoteknik.

Selanjutnya dilakukan Analisa kuantitatif dengan melakukan perhitungan terhadap data primer dan sekunder yang ada, sehingga di dapatkan suatu nilai rill pada obyek. Metode kuantitatif ini dilakukan dengan pengujian langsung baik di lapangan maupun di laborototium, seperti nilai RQD, RMR, dan GSI, sifat fisik dan mekanik batuan Dan selanjutnya Analisa nilai factor keamanan statis dan Analisa probabilitas kelongsoran menggunakan metode *limit equilibrium methode* (Metode Bishop).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

## 3. HASIL DAN ANALISIS

### 3.1 Geologi Daerah Penelitian

#### 1. Kondisi Geologi Permukaan

Litologi dominan yang hadir di area penelitian adalah Batupasir selang-seling Batulempung, dan sisipan batubara. Litologi ini dibuktikan berdasarkan analisis *Measuring Section* di salah satu profil singkapan batuan pada area *Low-Wall* yang dianggap mempresentasikan area penelitian. Batupasir yang ditemukan memiliki ukuran butir sangat halus, abu-abu keputihan, semen non karbonat, kemas *grain supported*, prorsitas baik, kekompakan keras, sortasi baik, dengan komposisi mineral silika, karbon, dan ortoklas. Singkapan batuan menyerpih dan berfragmen hematit dan batubara. Dibeberapa lokasi pegamatan,

batupasir mengandung tufa. Batulempung yang ada berwarna abu-abugelap, semen karbonat, kekompakan sedang, komposisi mineral *clat mineral*. Struktur sedimen yang hadir berupa parallel laminasi dengan singkapan batuan menyerpih.

## 2. Kondisi Geologi Bawah Permukaan

Untuk mengetahui kondisi geologi bawah permukaan yang hadir pada lokasi penelitian dapat diketahui berdasarkan data pengeboran yang telah dilakukan di lapangan sebanyak 14 titik pengeboran yang tersebar pada lokasi penelitian. Hasil analisis persentase litologi bawah permukaan dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Persentase Litologi dibawah permukaan

### 1.1 Karakteristik Massa Batuan

Kekuatan massa batuan dapat memberikan informasi terkait jenis serta kelas dari kualitas batuan pada area penelitian. Semakin kelas batuan maka semakin kuat dan relative stabil kondisi batuanya. Klasifikasi batuan yang digunakan dalam kajian ini adalah klasifikasi *Geological Strength Index* (GSI) yang dibuat oleh Dr. Event Hoek pada tahun 1994. Klasifikasi ini focus menilai massa batuan yang terganggu oleh kehadiran bidang diskontinuitas. Terdapat dua komponen dari bidang diskontinuitas yang digunakan dalam deskripsi untuk menentukan nilai kelas batuanya. Komponen pertama adalah kuantitas dari *discontinuity set* atau struktur class yang terbentuk pada batuan. komponen kedua adalah kualitas dari *discontinuity surface condition* yang ada pada bidang diskontinuitas.

Dari hasil pengukuran, terlihat bahwa dominan dari kuantitas *structure* berada pada kelas *Blocky*, yang artinya terdapat setidaknya 2 *discontinuity set* pada outcrop yang di analisis dengan *quality surface* bervariasi dari *poor* hingga *good*. Nilai range GSI yang didapat nilai dari 42 hingga mencapai 68, yang menunjukkan kondisi massa batuan pada area penelitian relative berada pada kelas yang sedang.

Tabel 1. Hasil Pengukuran GSI pada Outcorp Permukaan

No	Lokasi Pengamatan	Koordinat		Structure	Surface Quality	GSI Range
		X	Y			
1	LP - 1	349167	9584792	Blocky	Poor	42 - 48
2	LP - 2	349338	9584455	Intact	Fair	65 - 70
3	LP - 3	347366	9584644	Blocky	Good	62 - 68
4	LP - 4	347249	9584648	Blocky	Poor	43 - 51
5	LP - 5	347194	9584757	Blocky	Fair	53 - 58
6	LP - 6	346920	9584737	Blocky	Poor	42 - 48
7	LP - 7	346678	9584694	Intact	Fair	53 - 58

Penelitian ini juga dilakukan uji laboratorium berupa sifat fisik dan mekanik batuan dimana sifat fisik dan mekanik batuan ini digunakan sebagai inputan dalam pemodelan numerik. Nilai material properties dapat dilihat pada tabel 2 dibawah, nilai-nilai material properties tersebut telah melewati proses Analisa statistika berupa Analisa distribusi populasi yang bertujuan mengelompokan masing-masing sampel sesuai dengan litologi serta komponen ujinya. Dalam keadaan insitu dilapangan, material batubara yang didapat dari batuan inti terbilang dalam kondisi *brittle* dan tidak layak di uji laboratorium.

Tabel 2. Properti Material

Litologi	Properti Material	Min. Value	Max. Value	Mean	Std.Deviatoin	COV
Batulanau	Water content	12.76	55.80	21.12	8.31	0.39
	Unit Weight	14.53	20.94	18.50	1.64	0.09
	Cohession	155.93	1594.56	498.05	358.81	0.72
	Phi	36.65	53.85	42.15	6.72	0.16
	UCS	0.05	8.29	2.73	2.39	0.87
Carbonaceous Claystone	Cohession	191.59	579.19	325.51	179.47	0.55
	Phi	39.61	49.40	43.83	4.11	0.09
	UCS	0.59	1.84	1.22	0.63	0.51
Batupasir	Moisture content	2.99	50.66	16.81	8.20	0.49
	Unit Weight	15.93	23.73	20.31	2.32	0.11
	Cohession	2.34	1253.78	329.05	278.17	0.85
	Phi	13.91	58.23	43.45	8.29	0.19
	UCS	0.13	11.15	2.15	2.33	1.09
Tanah/ Soil	Moisture content	2.28	220.47	45.40	43.66	0.96
	Unit Weight	15.92	20.38	18.81	1.75	0.09
	Cohession	2.28	220.47	75.67	102.39	1.35
	Phi	9.27	48.29	27.58	16.02	0.58
	UCS	0.03	0.30	0.14	0.10	0.74
Batulempung	Water content	1.43	83.51	14.03	14.03	0.61
	Unit Weight	15.00	22.94	1.87	1.87	0.10
	Cohession	1.59	1316.00	279.55	279.55	0.91
	Phi	1.48	49.93	13.80	13.80	0.37
	UCS	0.01	4.49	1.18	1.18	1.15
Timbunan	Water content	1.43	83.51	22.86	14.03	0.61
	Unit Weight	18.83	22.48	20.01	1.22	0.06
	Cohession	1.02	195.43	20.80	52.73	2.53
	Phi	1.48	49.93	37.32	13.80	0.37
	UCS	3.34	38.83	23.22	12.05	0.52

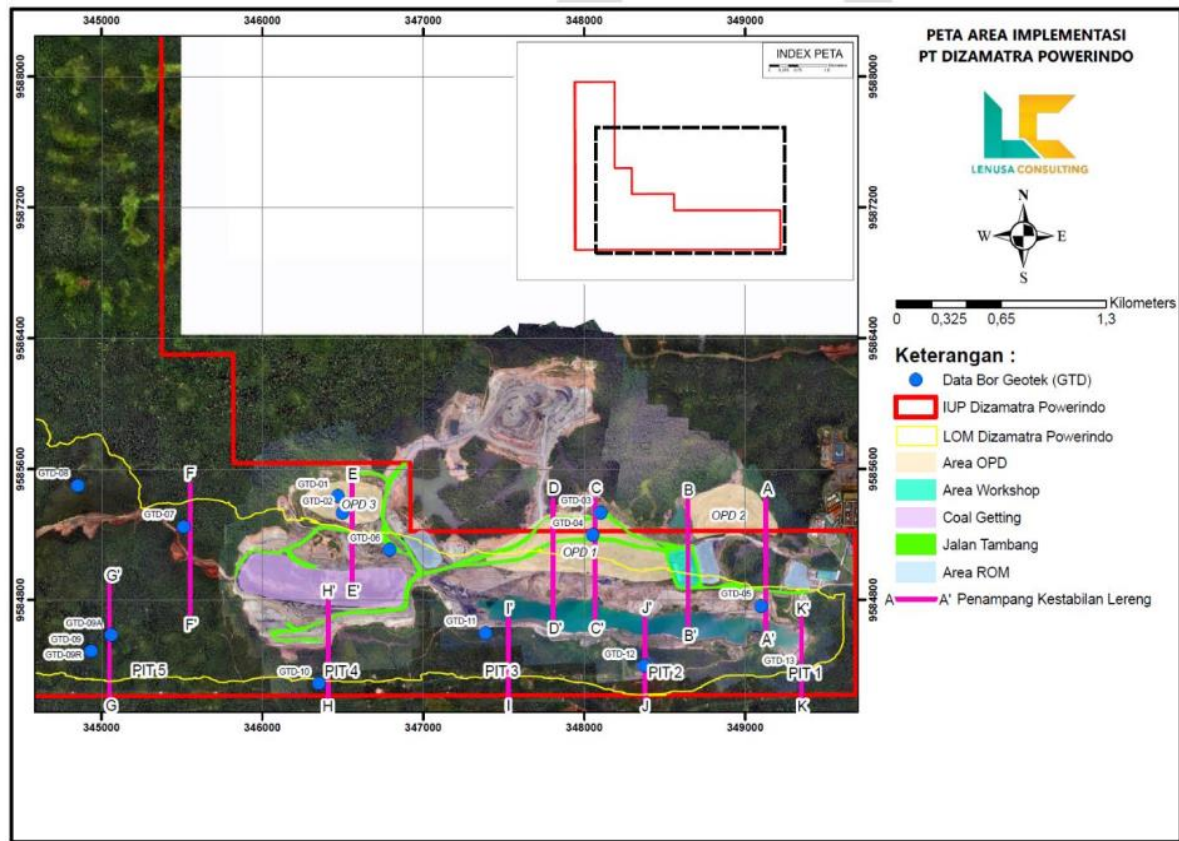
## 1.2 Kondisi Hidrologi Area Penelitian

Dalam area penelitian, tidak terdapat sungai besar. Namun, di wilayah area sekitar IUP, area penelitian di kelilingi sungai utama, yaitu sungai Lematang. Sungai lematang merupakan sungai yang hadir sepanjang tahun, sehingga di interpretasikan sebagai sungai tipe *Effluent* atau sungai yang berfungsi sbagai wilayah *discharge* (limbasan). Area penelitian tidak termasuk dalam cekungan air tanah (CAT), sehingga tidak menampung air tanah yang terlalu banyak dalam durasi lama, serta produktifitas akuifer terbilang relative rendah. Namun, perlu di ingat bahwa area penelitian terindikasi sebagai zona *recharge* untuk area sekitarnya, terbukti dengan data infiltrasi yang cukup tinggi pada area yang belum ditambang, topografi yang relative lebih tinggi di dibandingkan sekitar sunga effluent di sekitar are penelitian dan arah aliran tanha yang relative kea rah selatan dan ter-discharege pada sungai Lematang.

Dikarenakan area penelitian berada pada recharge zone, maka cenderung memiliki tingkat kedalaman air tanah yang cukup rendah dengan dominan berada di kedalamn rentang 4-15 meter dari datum permukaan, hal tersebut akan membuat tubuh lereng tambang akan cukup jenuh air, ditambah dengan banyaknya aquifer pasiran dengan ketebalan yang tinggi. Kejenuhan air paling banyak teridikasi pada lapisan pasiran sehingga kemungkinan besar akan berdampak terhadap banyaknya rembesan-rembesan yang akan keluar dari dinding lereng tambang. Tidak ditemukan adanya permasalahan terhada tekanan air pori yang tinggi, sehingga longsoran yang didorong oleh air tanah seperti longsoran flow memiliki kemungkinan yang cukup kecil untuk terjadi pada area penelitian.

## 1.3 Analisa Kestabilan Lereng

Analisa kestabilan lereng dalam kajian ini dilakukan menggunakan geometri 2D, yang di dapatkan dari hasil perpotongan desain LOM. Untuk melihat desain dari LOM dapat di lihat pada **gambar 4** yang juga menunjukan area implementasi dari analisis kestabilan lereng yang di wakili oleh penampang sayatan yang terdapat pada peta area implementasi

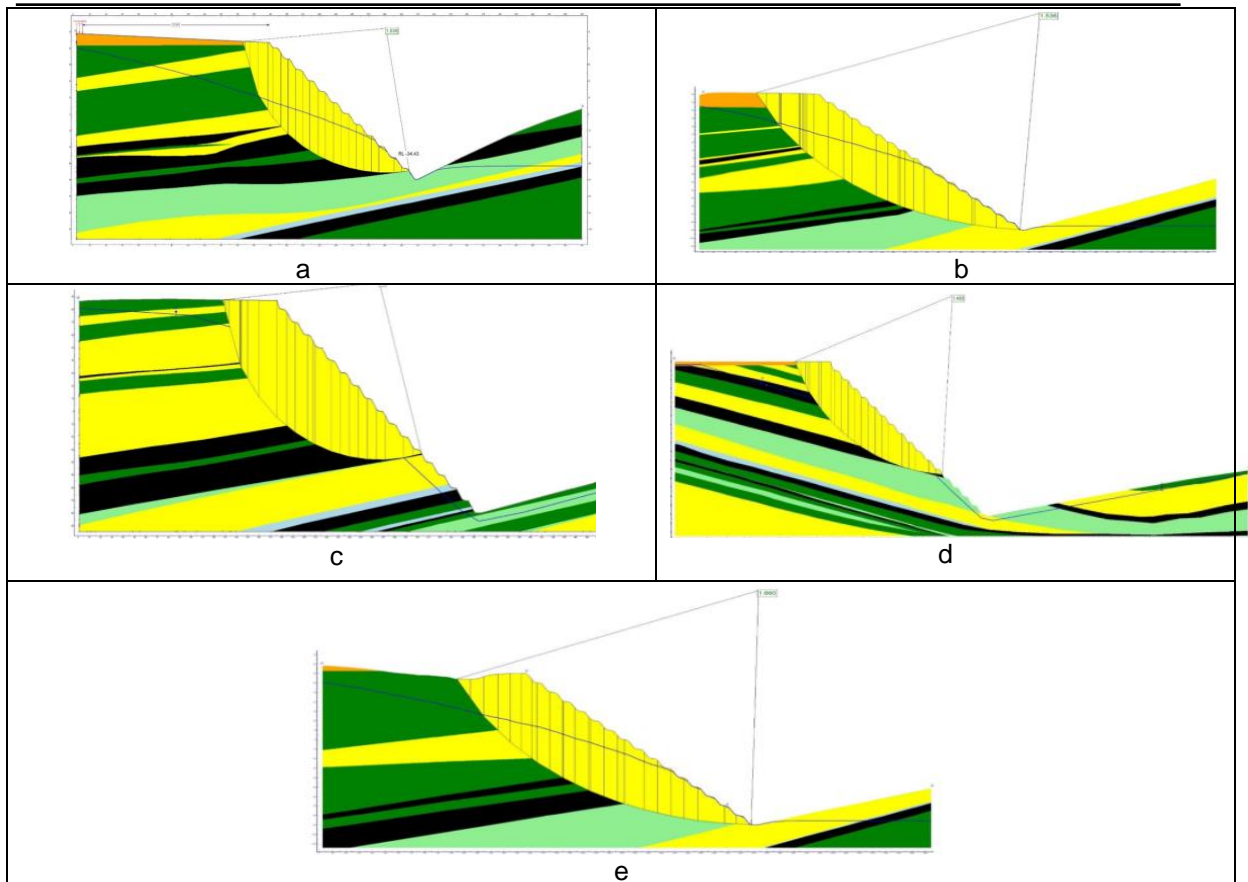


Gambar 4. Peta Area Implemetasi

Analisa kestabilan lereng dilakukan untuk mendapatkan rekomendasi terhadap desain lereng bukaan tambang yang memiliki nilai faktor keamanan sesuai dengan standar KEPMEN 1827 K/30/MEM/2018. dalam kepmen tersebut pemerintah menetapkan nilai faktor keamanan adalah 1.1 untuk lereng tunggal, dengan probabilitas kelongsoran 25-50% sedangkan untuk lereng keseluruhan nilai faktor keamanannya adalah 1.3-1.5 (keadaan statis), 1.1(keadaan dinamis) dengan probabilitas kelongsoran 5%. Analisa akan dilakukan dalam beberapa kondisi, yaitu kondisi statis, kondisi dinamis dan kondisi yang mempertimbangkan probabilitas longsor akibat variasi nilai property material yang ada

Beban statis yang ada pada area penelitian juga terinput untuk keperluan Analisa. Beban statis yang di maksud termasuk di dalamnya beban alat berat pada jalan *hauling*, beban *workshop*, beban sutet, beban timbunan, beban ROM dan beban dari keberadaan area genangan air permukaan yang luas. Sehingga, hasil Analisa sudah mempertimbangkan masing-masing keberadaan beban tersebut, baik dalam perhitungan nilai faktor keamanan statis, nilai faktor keamanan dinamis maupun analisa probabilitas.

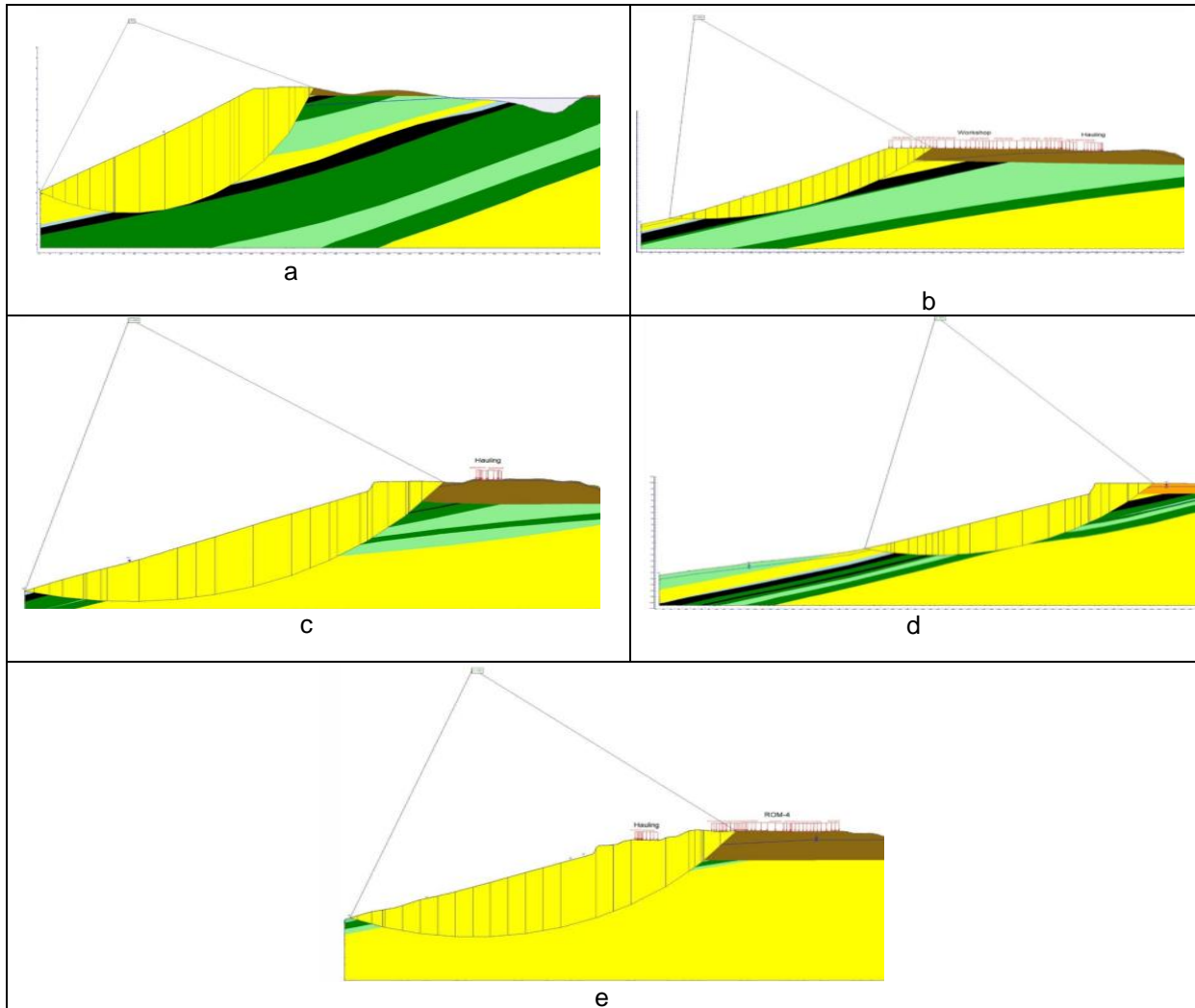
Analisa kestabilan lereng ini menggunakan nilai propertis material dimana nilai-nilai tersebut telah melewati proses dalam analisis statistika berupa Analisa distribusi populasi yang bertujuan mengelompokkan masing-masing sampel sesuai dengan litologinya serta komponen ujinya, selanjutnya di distribusikan untuk melihat grafik distribusi yang terbentuk. keperluan Analisa probabilitas longsor, semua nilai property material yang telah di statistikan kemudian di hitung nilai standar deviasi beserta *Coefficient of Variation* -nya.Selanjutnya dilakukan analisis dengan melakukan sayatan pada titik sayatan berdasarkan pada peta area implementasi di daerah penelitian dimana hasil sayatan dapat di lihat pada **gambar 5**. Analisis dilakukan dengan parameter input dalam pemodelan numerik berupa Kohesi (c), sudut gesek dalam ( $\phi$ ), kemiringan lereng ( $\beta$ ),Tinggi lereng, muka air tanah ,Hasil analisis pada PIT-1 area selatan diwakili oleh syatan K'-K di dapatkan nilai faktor keamanan 1.539, dalam analisis ini terdapat SUTET yang juga dimasukkan sbagai beban statis denganberat beban mencapai 735 Kpa.dari hasil Analisa jarak batas high-wall dengan SUTET sekitar 170 meter dan terbilang dalam kondisi aman.



Gambar 5 . (a) syatan K'-K (b) Sayatan J'-J (c) Sayatan I'-I (d) Sayatan H'-H (e) Sayatan G'-G

PIT 2 diwakili oleh syatan J'J di dapatkan 1.536, PIT-3 diwakili oleh sayatan I'I 1.68 dengan kondisi kestabilan lereng yang sudah baik, PIT-4 diwakili oleh sayatan H'-H 1.502, pada PIT ini terlihat shear strain yang cukup tinggi pada bagian kaki lereng, geometri pada sectin ini perlu di ubah khususnya pada bagian kakinya, dan PIT-5 diwakili oleh syatan G'-G 1.493, pada area PIT-5 terdapat lipatan jenis sinklinal yang mengakibatkan kemiringan dari lapisan stratigrafi searah dengan kemiringan lereng dan membentuk low-wall di kedua sisi yang saling berhadapan. Indikasi potensi pergerakan planar, perlu melandaikan geometri untuk mengurangi potensi pergerakan planar. Nilai tersebut merupakan nilai hasil evaluasi desain Life Of Mine area selatan.

Selanjutnya dilakukan analisis di bagian utara dimana area bagian utara ini di dominasi oleh area low-wall dengan kehadiran OPD, workshop, dan lainnya. Prinsip yang digunakan sama dengan area selatan yaitu menggunakan *limit equilibrium methode* (LEM) dengan parameter input dalam pemodelan numerik yaitu berupa kohesi ( $\phi$ ) dari tiap litologi, sudut gesek dalam ( $\beta$ ), tinggi lereng, muka air tanah.



Gambar 6. (a) sayatan A'-A (b) Sayatan B'-B (c) Sayatan D'-D (d) Sayatan F'-F (e) Sayatan E'-E

Hasil analisis pada PIT-1 area utara yang diwakili oleh sayatan A'-A di dapatkan nilai faktor keamanan 2.522 dalam hal ini untuk PIT-1 bagian utara dikatakan aman, PIT-2 di yang diwakili oleh cross-section B'-B dapatkan nilai faktor kemaan 1.98 hal ini di kategorikan kondisi aman, analisis pada area ini dimasukan dengan parameter Beban statis berupa area workshop yang berda diatas bidang longsoran, PIT-3 yang diwakili oleh *cross-section* D'-D di dapatkan nilai faktor kemaan 2.29 dan di kategorikan dalam keadaan baik, untuk PIT-4 yang diwakili dengan cross-sedtin E'-E di dapatkan nilai faktor keamanan 1.996 dalam kondisi aman dengan memasukan beban stais berupa jalan hauling, dan untuk PIT-5 didapatkan nilai faktor keamanan 2.964. in di kategorikan dalam kondisi aman.

Selanjutnya dilakukan analisis faktor keamanan dinamis yang merupakan hasil Analisa terhadap kondisi kemaan lereng tambang saat terkena beban seismic berupa gempa bumi. Untuk Analisa ini, dibutuhkan nilai *Peak Ground Acceleration (PGA)* dari lokasi penelitian, yang nantinya di-*input* secara horizontal terhadap *seismic load* pada model lereng. Nilai PGA di dapatkan dari data regional yang bersumber dari peta gempa Indonesia.

Tabel 3. Nilai FK Dinamis LOM Bagian Selatan

Area	FK Dinamis	Presentase Reduksi Nilai FK
PIT-1	1.13	26.58%
PIT-2	1.058	31.12%
PIT-3	1.152	31.43%
PIT-4	1.068	40.64%

Tabel 4. Nilai FK Dinamis LOM Bagian Utara

Area	FK Dinamis	Presentase Reduksi Nilai FK
PIT-1	1.761	30.71%
PIT-2	1.321	33.28%
PIT-3	1.398	38.95%
PIT-4	2.21	10.72%
PIT-5	1.838	37.99%

Analisa terahir yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai presentase terhadap probabilitas longsoran. Untuk PIT-1 area seltan di dapatkan nilai probabilitas longsoran adlah 0.000%, PIT-2 area selatan 0.402%, PIT-3 area selatan 0.443%, PIT-4 area selatan 0% dan PIT-5 0%. Selanjutnya dilakukan analisis probabilitas longsoran pada area LOM utara didaptkan pada PIT-1 sampai PIT-5 adalah 0%. Batas maksimal nilai probabilitas longsoran yang di perbolehkan adalah 5% untuk skala *overall slope*. Dari hasil analisis, seluruh lereng pada cross-section masih masuk dalam kriteria yang dapat diterima dan diperbolehkan.

#### 4. KESIMPULAN

Terdapat indikasi potensi peregerakan planar, pada area PIT-5 di bagian selatan karena adanya lipatan sinklin. Untuk PIT-1 sampai PIT-4 bagian selatan memiliki kondisi kestabilan yang baik. Untuk kondisi PIT-1 sampai PIT-5 bagian utara memiliki kondisi kestabilan lereng yang baik atau di katakan aman walupun di tambahkan dengan beban statis pada area PIT-2.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan paper tidak lepas dari dukungan berbagai pihak khususnya kepada Program Studi Magister Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta. Penulis mengucapkan terimah kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga paper selesai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arif, Irwandy, 2021. Geoteknik Tambang. Jakarta, Gramedia Pustaka Utama
- [2] Ali Moradi Afrapoli., Morteza Osanloo., 2013. *Determination and Stability Analysis of Ultimate Open-Pit Slope Under Geomechanical*. Department of Mining, Metallurgy and Petroleum Engineering, Amirkabir University of Technology, T15875-4413
- [3] Jioni Santo Frans, Muhammad Hafizh Nurfalaq. Studi Geoteknik Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Tambang Batubara. 2019; 1:1
- [4] Aprilia, J., Muslim, D., Zakaria, Z., Tedy, Osmon., 2019. Evaluasi Kestabilan Lereng Tambang Batubara PIT ‘XY’ Menggunkan Metode Kesetimbangan Batas PT. Bukit Asam Tbk., 175-181
- [5] Bieniawski, Z.T., 1989, Engineering Rock Mass Classifications, A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil and Petroleum Engineering: Canada, John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Sulistyana, W., 2018, Perencanaan Tambang: Jurusan Teknik Pertambangan, UPN “Veteran” Yogyakarta, Kilau Book, Edisi Kedelapan
- [7] Arif, Irwandy, 2022. Geoteknik Tambang. Jakarta, Gramedia Pustaka Utama, Edisi Kedua