Penentuan *Bufferzone Inpit Dump* Terhadap *Front* Aktif Penambangan

Diana Irmawati Pradani[1], Harsalim Aimunandar Jayaputra[2], dan Gindang Rain Pratama[3]
Prodi Teknologi Pertambangan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang[1-3]
e-mail: dianapradani@polinema.ac.id[1],harsalimjayaputra@gmail.com[2], dan gindangrain@polinema.ac.id[3]

ABSTRACT

As an application of good mining practice, the results of excavation activities that produce voids must be handled by backfilling. Back filling activities are carried out by inserting cover layer material that has been excavated from mining areas in other blocks. The back filling process needs to be carried out with appropriate planning so that the resulting stockpile meets safety and suitability standards. In reality, the re-mining process is often carried out around inpit dumps. To carry out the mining process around the inpit dump area in order to achieve its targets and objectives, a thorough mine design is required so that the mining process can comply with safety standards. Based on the problems that have been observed in the field, this research was carried out to provide a study and recommendations for the design of a safe boundary area or buffer zone from the inpit dump to the mining front. Apart from that, it is also hoped that it will provide recommendations for optimal inpit dump design. The results of the analysis on the inpit dump showed that the safety factor (FS) value of the slope was in a Critical condition with a value of 1,097 with a landslide probability value of 34.5% with quite high potential for landslides. Judging from the fairly high level of landslide probability, it is necessary to carry out an analysis of the total mass displacement of the embankment using the element method to obtain the optimal distance in safe conditions for carrying out mining activities.

Keywords: *Inpit Dump, Bufferzone, Mining*

ABSTRAK

Sebagai penerapan *good mining practice*, hasil kegiatan penggalian bahan galian yang menghasilkan *void* harus dilakukan suatu penanganan dengan melakukan *back filling*. Kegiatan *back filling* dilakukan dengan memasukkan material lapisan penutup bahan galian yang telah di gali dari area penambangan yang berada di blok lain. Proses *back filling* perlu dilakukan suatu perencanaan yang sesuai agar timbunan yang dihasilkan sesuai dengan standar keamanan dan kelayakan. Kenyataan dilapangan proses penambangan kembali tidak jarang dilakukan di sekitar inpit dump. Untuk menjalankan proses penambangan di sekitar area *inpit dump* agar dapat mencapai sasaran dan tujuannya diperlukan suatu perancangan tambang yang matang sehingga proses penambangan dapat sesuai dengan standarisasi keamanaan. Berdasarkan permasalahan yang telah diamati dilapangan, penelitian ini dilakukan untuk memberikan kajian dan rekomendasi rancangan daerah batas aman atau *bufferzone* dari *inpit dump* ke front penambangan. Selain itu diharapkan juga memberikan rekomendasi desain *inpit dump* yang optimal. Hasil analisa pada inpit dump mendapatkan nilai factor keamanan (FS) lereng dalam keaadaan Kritis dengan nilai 1.097 dengan nilai probalitas kelongsoran sebesar 34,5% dengan potensi kelongsoran cukup tinggi. Dilihat dari tingkat kemungkinan longsor yang cukup tinggi,perlu dilakukan analisis total perpindahan massa timbunan dengan menggunakan metode elemen sehingga didapatkan jarak optimal dalam kondisi aman untuk melakukan kegiatan penambangan.

Kata kunci: *Inpit Dump, Bufferzone,* Penambangan.

PENDAHULUAN

Pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan/atau permurnian atau pengembangan dan/atau pemanfaatan, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pasca tambang. Proses pengekstraksi endapan bahan galian baik batubara maupun mineral perlu dilakukan kegiatan penambangan. Usaha penambangan yang dimaksud adalah untuk mengahsilkan bahan galian dan pemanfaatannya. Penambangan secara garis besar terdiri dari beberapa tahapan dari pembersihan lahan (land clearing), pemindahan tanah pucuk, pengupasan lapisan penutup (overburden), dan kemudian pengambilan bahan galian. Semakin dalam bahan galian terutama batubara yang diekstraksi, maka sekain besar pula volume lapisan tanah penutup yang harus dibongkar dan dikupas. Lapisan penutup batubara tersebut harus dipindahkan ke tempat yang dinamakan daerah tanah disposal agar tidak mengganggu proses penambangan. Penimbunan overburden memerlukan lahan yang luas namun tidak menghasilkan keuntungan untuk perusahaan, sehingga menjadi masalah bagi industri pertambangan batubara. Akibatnya banyak pelaksana operasi yang melakukan penimbunan overburden di area

panambangan (in pit dump) yaitu di area low wall[1]. Proses penambangan dan pengambilan endapan bahan galian akan menghasilkan lubang bukaan yang sering disebut dengan void. Dengan adanya Undang-undang Nomor 3 Tahun 2020 Tentang pertambangan Mineral dan Batubara makan setiap pelaku usaha pertambangan diwajibkan melakukan kegiatan ahli fungsi dengan tujuan meminimalkan lubang bukaan bekas tambang yang dihasilkan. Metode yang dapat diterapkan untuk hal ini adalah dengan melakukan inpit dump[3]. Cara ini memiliki beberapa keuntungan yaitu jarak yang relative cukup dekan dengan area penggalian overburden sehingga lebih efisien dari segi biaya dan waktu. Keuntungan lainnya adalah akan mempermudah dalam kegiatan reklamasi tambang kare lubang bukaan bekas tambang telah terisi kembali dengan tanah galian. Oleh karena itu, lokasi area penambangan yang akan dilakukan penimbunan harus dipertimbangkan volume tanah galian, kapasitas inpit dump, tahapan penimbunan mulai awal sampai selesai penimbunan, kestabilan daerah timbunan inpit dump dan juga pola aliran air di daerah penimbunan. Selain itu adanya potensi cadangan yang berada disekitar inpit dump yang terkadang masih dilakukan penambangan membuat perlu adanya daerah penyangga atau bufferzone untuk menjaga kestabilan area dari material timbunan inpit dump apabila terjadi pergerakan[7].

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Penutup (*Overburden*)

Tanah penutup (overburden) merupakan material yang terdapat di permukaan dan sifatnya dapat dikatakan lepas. Overburden terdiri dari tiga jenis material yaitu material top soil, common soil dan rock[6]. Definisi dari ketiga jenis material tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Top Soil,* merupakan materi bagian atas yang sifatnya lunak dan mudah digali. Contoh material top soil adalah material eks-penimbunan dan memiliki kedalaman kurang lebih 2 m. Karena sifat dari materi top soil yang lunak dan mudah digali maka penggaliannya cukup dengan menggunakan excavator backhoe. Adapun material top soil yang digali berupa tanah yang mengandung humus.
2. *Common Soil,* merupakan material yang sifatnya agak keras dan agak sulit digali, sehingga penggaliannya tidak dapat menggunakan excavator, melainkan terlebih dahulu harus di-ripping menggunakan bulldozer. Material yang termasuk common soil adalah shale, sillsstone, clay, dan lain-lain.
3. *Rock,* merupakan material yang sangat keras dan sulit digali dengan menggunakan alat berat sehingga untuk melepaskan material rock yaitu dengan peledakan. Material yang termasuk rock adalah granit, andesit, sandstone dan lain-lain.

Pengupasan tanah penutup merupakan pekerjaan awal dalam suatu operasi penambangan. Adapun dalam pekerjaan stripping overburden ini sangat penting agar di dapat stripping ratio yang baik dan recovery batubara yang tinggi[5]. Pada tahap ini juga akan dibuat bench-bench sebagai tempat kerja alat berat. Berdasarkan kondisi volumenya, tanah dapat diubah-ubah. Dikenal tiga macam volume tanah yaitu volume asli (bank), volume lepas (loose) dan volume padat (compacted)[6]. Adapun penjelasan dari masing-masing volume diatas adalah:

1. Volume asli (insitu/bank) adalah volume tanah yang belum diganggu dengan alat-alat berat. Biasanya volume ini dijadikan dasar bagi perhitungan tanah. Satuan yang digunakan adalah bank cubic meter (BCM).
2. Volume lepas (loose) adalah volume tanah setelah dibongkar atau dikeruk dari tempat asalnya. Misalnya tanah yang sudah didorong dengan menggunakan bulldozer, diangkut dump truck atau ditempat penimbunan yang belum dipadatkan. Satuan adalah loose cubic meter (LCM).
3. Volume padat (compacted) adalah volume tanah yang sudah ditimbun dan sudah dipadatkan, misal sebagai badan jalan, landasan stockpile batubara dan sebagainya. Satuan yang digunakan adalah compacted cubic meter (CCM).

Karakteristik Lapisan Tanah Penutup *(Overburden)*

Lapisan tanah penutup (overburden) adalah semua lapisan tanah/batuan yang berada diatas dan langsung menutupi lapisan bahan galian berharga sehingga perlu disingkirkan terlebih dahulu sebelum dapat menggali bahan galian berharga tersebut. Lapisan tanah penutup (overburden) yang dapat ditemui umumnya dikelompokan menjadi beberapa sifat yaitu[7]:

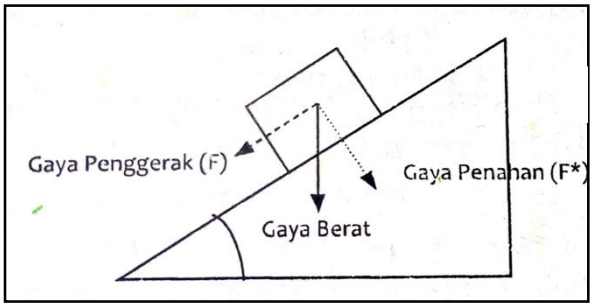
1. Material yang sangat mudah digali (sangat lunak). Material yang mengandung sedikit air, misalnya pasir, tanah biasa, kerikil, campuran pasir dengan tanah biasa. Material yang banyak mengandung air, misalnya pasir lempungan, lempung pasiran, lumpur dan pasir yang banyak mengandung air.

ISSN 2775-5630

2. Material yang lebih keras (lunak). Misalnya tanah biasa yang bercampur kerikil, pasir yang bercampur kerikil.
3. Material yang setengah keras (sedang). Misalnya batubara, shale (clay yang sudah mulai kompak), batuan kerikil yang mengalami sementasi dan pengompakan, batuan beku yang sudah mulai lapuk, dan batuan-batuan yang sudah mengalami banyak rekahan-rekahan.
4. Material yang keras. Misalnya sandstone, limestone, slate, batuan beku yang mulai lapuk, mineral-mineral penyusun batuan yang telah mengalami sementasi dan pengompakan.
5. Material sangat keras. Misalnya batu-batuan beku dan batu-batuan metamorf, contohnya granit, andesit, slate, kwarsit dan sebagainya.
6. Batuan yang massif. Yaitu batu-batuan yang sangat keras dari kelompok seperti batuan beku berbutir halus.

Prinsip Dasar Analisis Kestabilan Lereng

Aktivitas penambangan di ruang terbuka yang berupa penggalian dan penibunan akan selalau menghadapi permasalah kestabilan lereng. Lereng tersebut adalah lereng tambang aktif, lereng timbunan, dan lereng infrastruktur tambang. Lereng-lereng tersebut perlu dilakukan analisis untuk menilai kestabilannya, baik dalam tahap perancangan, tahap penambangan, maupun tahap pascatambang[2]. Analisis yang dilakukan ini betujuan untuk mencegah bahaya longsoran di waktu yang akan datang karena dapat menyebabkan kerugian material maupun korban jiwa. Kestabilan suatu lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhanan sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang betanggungjawab terhadap kestabilan lereng tersebut. Lereng dalam keadaan stabil (aman) apabila gaya penahan terhadap longsoran lebih besar dari gaya penggeraknya. Lereng akan terjadi longsor ataupun tidak stabil jika gaya penahan lebih kecil dari gaya penggeraknya. Faktor Keamanan (Safety Factor) merupakan parameter yang dijadikan sebagai penilain kestabilan suatu lereng. Faktor keamanan ini diperlukan untuk mengetahui kemantapan suatu lereng untuk mencegah bahaya longsoran di waktu-waktu yang akan datang.



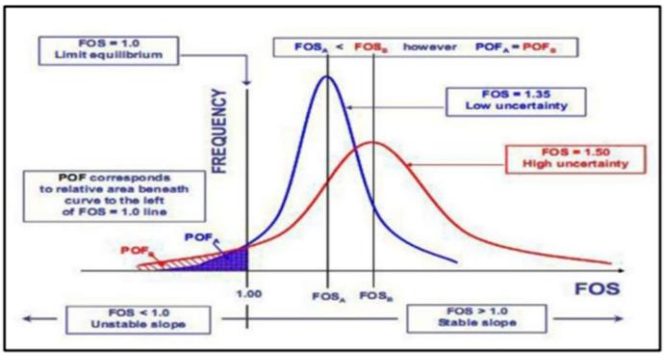
Gambar 1. Faktor Keamanan Sederhana

Gambar 1. menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada lereng adalah gaya pengerak, gaya berat, dan gaya penahan. Untuk menjaga benda di lereng tidak jatuh (failure) maka diperlukan perhitungan terhadap kemiringan sesuai dengan faktor keamanan yang diinginkan. Secara matematis sederhanan kemantapan suatu lereng dinyatakan dalam bentuk Faktor Keamanan (FK), sebagai berikut:

$$FK = (\text{Gaya Penahan})/(\text{Gaya Penggerak}) \quad (1)$$

Secara prinsip, pada suatu lereng sebenarnya berlaku dua macam gaya, yaitu gaya penahan dan gaya penggerak. Gaya penahan, yaitu gaya yang menahan massa dari pergerakan sedangkan gaya penggerak adalah gaya yang menyebabkan massa bergerak. Lereng akan longsor jika gaya penggeraknya lebih besar dari gaya penahan[2]. Umumnya analisis kemantapan lereng didasrkan pada analisis mdel secara deterministik. Dalam analisis deterministik ini memiliki ketidakpastian dalam estimasi Faktor Keamanan (FK) yang dihitung secara deterministik tersebut[1]. Ketidakpastian yang pertama disebabkan oleh variabilitas spasial dari material penyusun lereng dan ketidakpastian dalan pengukuran (properties measurement). Ketidakpastian berikutnya terkait dengan tingkat kepercayaan (reliability) dari hipotesis yang digunakan dalam pemodelan perilaku massa batuan. Ketidakpastian tersebut dapat dijawab dengan menggunakan konsep analisi dengan pendekatan probabilitas. Metode probabilitas ini berbeda dengan determinsitik, metode ini menggunakan seluruh data properties geoteknik untuk mengakomodasi setiap variasi yang mungkin terjadi. Metode ini dapat mengakomodasi ketidakpastian terkait dengan

stratigarfi, karaktersitik tanah dan batuan, dan bahkan metode analisis yang digunakan. Hasil akhir metode ini berupa probabilitas terjadinya longsoran[3].



Gambar 2. Konsep Probablitis Kelongsoran

Pada gambar 2 dapat diketahui bahwa nilai FK yang besar tidak menentukan lereng tersebut dalam keadaan stabil begitu juga sebaliknya. Faktor yang menyebabkan hal tersebut dikarenakan parameter masukan dalam analisis memiliki peluang untuk menghasilkan kestabilan lereng. Probabilitas kelongsoran (PK) dihitung sebagai rassio antara area pada distribusi FK < 1 dibagi dengan total area pada kurva distribusi probabilitas[3]. Berdasarkan Kepmen 1827 K/30/MEM/2018tentang Pedoman Pelaksanaan Kaida Teknik Pertambangan yang Baik ditetapkan kriteia Faktor Keselamatan (FK) dan kriteris probabilitas kelongsoran (Probability of Failure) yang dapat diterima. Adapun kriteria tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1**.** Nilai FK dan PF berdasrkan Kepmen ESDM827K/30/MEM/2018

Jenis Lereng	Keparahan Longsor	Kriteria dapat diterima		
		FK Statis(Min)	FK Dinamis (Min)	Probabilitas Longsor
Lereng tunggal	Rendah s.d Tinggi	1.1	Tidak ada	25-50%
Inter-ramp	Rendah	1.15-1.2	1.0	25%
	Menengah	1.2-1.3	1.0	20%
	Tinggi	1.2-1.3	1.1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1.2-1.3	1.0	15-20%
	Menegah	1.3	1.05	10%
	Tinggi	1.3-1.5	1.1	5%

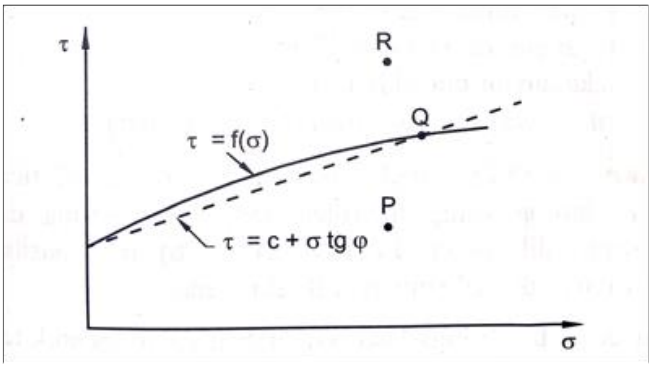
Sumber: *1827* K/30/MEM/2018

Menurut teori Mohr kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya dinyatakan oleh persamaan:

$$\boldsymbol{t} = \boldsymbol{f}(\boldsymbol{\sigma}) \qquad (2)$$

Dengan t merupakan tegangan geser pada saat terjadainya keruntuhan atau kegagalan (failure), dan σ adalah tegangan normal pada saat kondisi tersebut. Garis kegagalan yang didefinisikan dalam persamaan diatas adalah kurva yang ditunjukkan dalam gambar 3.

ISSN 2775-5630



Gambar 3. Kriteria Kegagalan Mohr-Coulomb

Coulumb (1776) mendefinisikan $f(\sigma)$ sebagai:

$$\boldsymbol{t = c + \sigma \text{ tg } \varphi} \qquad (3)$$

Keterangan:
t = kuat geser tanah (kN/m2)
c = kohesi tanah (kN/m2)
φ = sudut gesek dalam tanah (°)
σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m2)

Pada persamaan diatas disebut kriteria keruntuhan atau kegagalan Mohr- Coulomb, di mana garis selubung kegagalan dari persamaan tersebut dilukiskan dalam bentuk garis lurus pada Gambar 3.

Metode elemen hingga merupakan metode yang domain dari daerahnya dianalisis dengan dibagi ke dalam sejumlah zona yang lebih kecil yang dinamakan elemen. Elemen-elemen tersebut diangap saling berkaitkan pada sejumlah titik simpul. Perpindahan pada setiap titik simpul dihitung terlebih dahulu, kemudian dengan sejumlah fungsi interpolasi yang diasumsikan, perpindahan pada sembarang titik dapat dihitung berdasarkan nilai perpindahan pada titik-titik simpul. Regangan yang terjadi dalam setiap elemendihitung berdasarkan besarnya perpindahan pada masing-masing titik simpul. Berdasarkan nilai regangan tersebut dapat dihitung tegangan yang bekerja pada setiap elemen. Dalam metode analisis elemen hingga memiliki dua pendekatan yang digunakan dalam analisisnya. Pendekatan pertama terkait dengan metode pengurangan kekuatan geser (strenght reduction method). Prinsip dalam metode pengurangan kekuatan geser ini yaitu nilai kekuatan geser (kohesi dan sudut gesek) dikurangi secara bertahap hingga terbentuk suatu mekanisme keruntuhan pada lereng. Dalam mengurangi parameter kohesi (c) dan sudut gesek (Ø) dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_f = \frac{c}{SR} \qquad (4)$$

$$\emptyset_f = tan^{-1}\left(\frac{\tan \emptyset}{SRF}\right) \qquad (5)$$

Keterangan: SRF = Faktor reduksi kekuatan geser.

Pendekatan kedua terkait dengan penambahan gravitasi (gravity increase method). Pendekatan ini merupakan pendekatan dengan menambahkan nilai gravitasi secarabertahap sampai terbentuk suatu mekaniskem keruntuhan pada lereng. Faktor kemanan dalam pendekatan ini didefinisikan sebagai berikut:

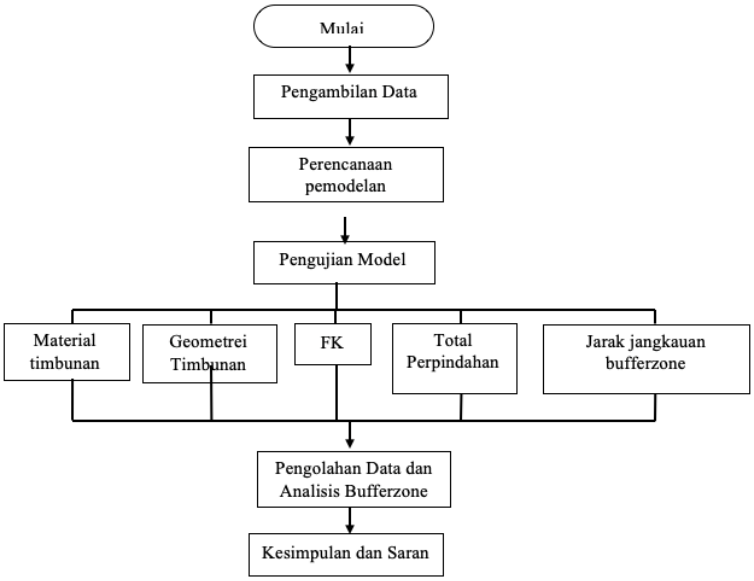
$$(FS)_g = \frac{glimit}{gaktual} \qquad (6)$$

Keterangan:
g actual = konstantan gravitasi (9.8 kN/m3)
g limit = nilai gravitasi yang tepat menyebabkan terjadi suatu keruntuhan lereng

Faktor keamanan (FK) dalam metode elemen hingga memiliki besaran yang sama dengan nilai Strenght Reduction Factor (SRF) pada saat tepat terjadi keruntuhan. Oleh karena itu dapat diasumsikan bahwa SRF sama dengan FK.

METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Geomekanika, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang dengan data-data yang diperoleh dari salah satu area penambangan batubara. Penelitian ini diperlukan durasi waktu tertentu, mulai dari pengumpulan data, pemodelan rancangan, dan analisis hasil pemodelan.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diperlukan durasi waktu selama 8 bulan terhitung tanggal 7 maret 2023 – 31 oktober 2023 terhitung mulai dari pengambilan data lapangan, pemodelan data actual hingga analisis terhadap hasil pemodelan. Variable yang akan diteliti adalah batas bufferzone yang dapat dibuat oleh lereng inpitdump sehingga dapat memperoleh nilai aman apabila akan dilakukan kegiatan penambangan. Sebagaimana penelitian ilmiah, penelitian ini dilaksanakan secara sistematika yang jelas dan teratur, agar dapat memperoleh hasil yang memuaskan dan dapat dipertanggung jawabkan. Tahapan pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa tahap yaitu:

a. Tahap persiapan: pada tahap ini semua bahan dan peralatan yang digunakan sudah dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.
b. Tahap pengumpulan data: pada tahap ini dilakukan pengumpulan data baik data primer maupun sekunder yang berasal dari data lapangan yang dijadikan propertis define material dan pengambilan data model sayatan penampang inpit dump
c. Tahap analisis dan pembahasan: selanjutnya dalam tahap ini ialah menganalisis hasil pemodelan inpit dump untuk mengetahui area bufferzone yang aman dengan menggunakan metode kesetimbangan batas dalam penentuan nilai keamanan dan metode elemen hingga untuk penentuan total perpindahan lereng untuk mendapatkan jarak aman yang berfungsi sebagai bufferzone.
d. Tahap kesimpulan: tahap ini akan dibuat satu kesimpulan yang berdasarkan analisis data dan pembahasanya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Properties Material Geoteknik

Data properties material geoteknik diperlukan untuk menganalis kestabilan disposal in pit dump. Data geoteknik yang digunakan diperoleh dari hasil pengujian geoteknik yang telah dilakukan di Laboratorium Geomekanuka Jurusan Teknik Sipil Politeknik Sipil. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, litologi pada daerah penelitian terdiri atas batulempung keras (Hard claystone), Tanah timbunan (soil) dan batubara (coal). Data properti material geoteknik yang digunakan ini merupakan data hasil uji laboratorium yang terdiri dari sifat fisik dan sifat mekanik dari material. Adapun data properties material geoteknik dapat dilihat pada Tabel 2.

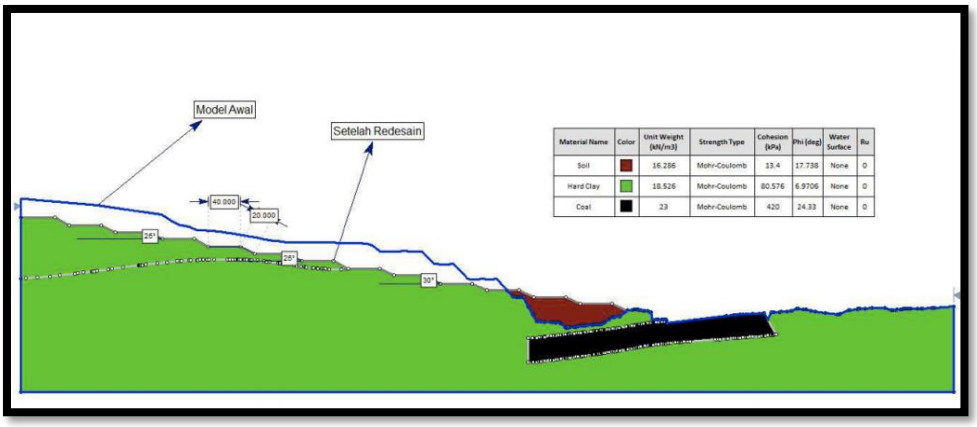
Tabel 2. Data Define Material

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
Soil		16.286	Mohr-Coulomb	13.4	17.74	None	0
Hardclay		18.526	Mohr-Coulomb	80.58	6.97	None	0
Coal		23	Mohr-Coulomb	420	24.33	None	o

Sumber : Hasil pengujian lab. Geomekanika Teknik Sipil-POLINEMA

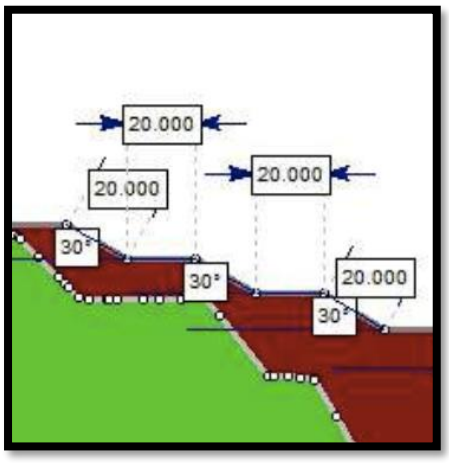
Keadaan Regional Lokasi Penelitian

Disposal in pit dump dibentuk di pit penambangan yaitu pit yang telah selesai ditambang (mine-out). Penimbunan overburden yang dilakukan di dalam pit bertujuan untuk menutup lubang tambang dan mengurangi timbulnya void ataupun genangan air di lokasi penambangan.

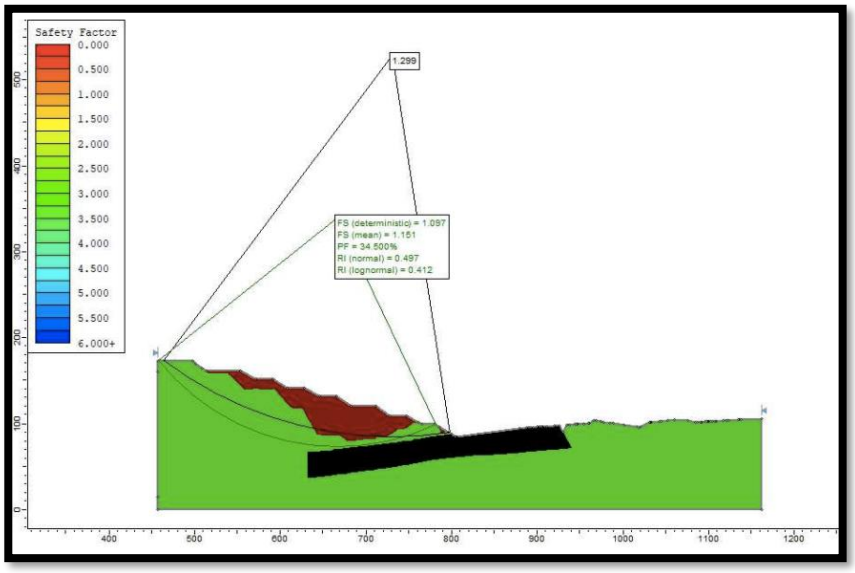


Gambar 5. Pemodelan kondisi area inpit dump

Pembentukan disposal pada pit ini bertujuan juga untuk mempermudah dan mempercepat proses reklamasi dan revegetasi lahan penambangan atau akan dilakukan penambangan dikemudian hari. Dalam pembuatan disposal in pit dump ini memiliki beberapa tahapan, dimulai dari perancangan desain hingga pembentukan secara teknik di lapangan. Pembentukan disposal in pit dump diawali pembentuka desain disposal. Desain disposal yang telah direncanakan oleh department mine plan memiliki geometri dengan tinggi jenjang 10 meter, lebar bench 20 meter dan sudut lereng 30º (derajat). Secara keseluruhan tinggi disposal adalah 100 meter.



Gambar 6. Desain single slope in pit dump



Gambar 7. Desain Overall slope in pit dump

Analisis kestabilan disposal in pit dump dilakukan pada area final disposal yang telah selesai terbentuk. Area ini ditemukan cadangan batubara yang akan selanjutnya di lakukan penambangan. Dengan kondisi aktual pada disposal in pit dump terdapat beberapa cebakan lumpur yang dapat menurunkan nilai kesatabialn lereng akhir disposal. Analisis dilakukan dengan menggunakan software slide v 6.0 dengan menggunakan metode kesetimbangan batas bishop dan software phase 2 dengan metode elemen hingga untuk mengetahui nilai pergerakan. Hasil dari software slide akan menunjukkan nilai dari Faktor Keamanan (FK) yang menjadi acuan kestabilan dari disposal. Hasil dari software phase 2 akan menghasilkan nilai total displacement yang menjadi acuan kestabilan disposal pada metode elemen hingga dan deformasi pada lereng disposal. Standart nilai kestabilan atau keamanan yang digunakan mengacu pada KEPMEN ESDM 1827K/MEM/2018 yang menyatakan lereng aman apabila memiliki nilai faktor keamanan (FK) ≥ 1,3 dan nilai Probability of Failure (PoF) < 10%. Pemodelan lereng mine out secara keseluruhan yang telah dibuat untuk sayatan pada kondisi aktual kemudian dianalisis menggunakan software slide 6.0. mendapatkan Nilai Faktor Keamanan (FK) lereng dalam keadaan stabil dengan nilai 1.324 dengan rincian nilai FK pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Faktor Keamanan

Keterangan	**Nilai**
FK (determininstic)	1.324
FK (mean)	1.371
PoF	7.2%
RI (normal)	1.477
RI (lognormal)	1.646

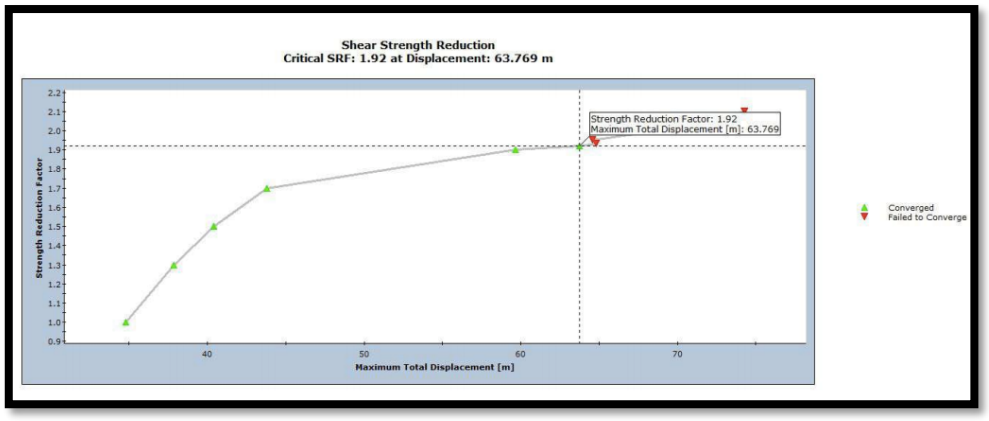
Pemodelan lereng in pit dump yang telah dibuat untuk sayatan pada kondisi aktual kemudian dianalisis menggunakan software slide 6.0. mendapatkan Nilai Faktor Keamanan (FK) lereng dalam keadaan Aman-Kritis dengan nilai 1.097 dengan rincian nilai FK pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Faktor Keamanan

Keterangan	**Nilai**
FK (determininstic)	1.097
FK (mean)	1.151
PoF	34.5%
RI (normal)	0.497
RI (lognormal)	0.412

Berdasarkan hasil analisa kestabilan lereng mine out dan inpit dump dapat dikatagorikan aman atau stabil dilihat dari nilai factor keamanan. Namun pada nilai probabilitasnya masih perlu diperhatikan karena pada lereng inpit dump potensi kelongsoran masih cukup tinggi yaitu 34,5% jika mengacu pada KEPMEN

ESDM 1827K/MEM/2018. Dalam hal ini langkah yang perlu dilakukan untuk dapat melakukan kegiatan penambangan diarea tersebut perlu menentukan batas bufferzone yang aman dengan menggunakan metode elemen hingga. Analisa dengan menggunakan metode elemen hingga dilakukan pada kondisi lereng mine out dan lereng inpit dump.



Gambar 8. Nilai Total Displacement Maximum pada Lereng inpit dump

Berdasarkan grafik total displacement maximum pergerakan massa batuan pada kedua lereng dapat dilihat memiliki nilai yang cukup tinggi. Nilai total displacement untuk lereng mine out sejauh 71.718 m dan lereng inpit dump sejauh 63.769 m. Dengan hasil analisa tersebut apabila dilakukan kegiatan penambang di area toe bottom akan berpotensi terjadi kelongsoran. Sehingga rekomendasi yang dapat diberikan dalam menentukkan bufferzone adalah 86.062 m berdasarkan nilai maksimum total perpindahan massa batuan ditambahkan dengan 20% dari nilai total displacement. Selain itu juga factor material timbunan juga perlu diperhatikan dalam pembentukan inpit dump dan disarankan menggunakan material yang berukuran variasi boulder dan kecil.

KESIMPULAN

Lereng inpit dump dengan keadaan jenis material timbunan berupa soil dengan dasaran lantai timbunan adalah hardclay dan terdapat cebakan coal diperoleh rekomdasi geometri lereng timbunan tinggi jenjang 10 meter, lebar bench 20 meter dan sudut lereng 30º (derajat). Secara keseluruhan tinggi disposal adalah 100 meter. Hasil analisa pada lereng mine out secara keseluruhan didapatkan nilai factor keamanan (FS) lereng dalam keadaan stabil dengan nilai 1.324 dengankan pada lereng inpit dump mendapatkan nilai factor keamanan (FS) lereng dalam keaadaan Kritis dengan nilai 1.097 dengan nilai probalitas kelongsoran sebesar 34,5% dengan potensi kelongsoran cukup tinggi. Berdasarkan hasil analisa kestabilan lereng dengan menggunakan metode elemen hingga didapatkan nilai SRF pada lereng mine out sebesar 5.64 dan untuk lereng inpit dump sebesar 1.92. Berdasarkan grafik total displacement maximum pergerakan massa batuan pada kedua lereng dapat dilihat memiliki nilai yang cukup tinggi. Nilai total displacement untuk lereng mine out sejauh 71.718 m dan lereng inpit dump sejauh 63.769 m. Dengan hasil analisa tersebut apabila dilakukan kegiatan penambang di area toe bottom akan berpotensi terjadi kelongsoran. Sehingga rekomendasi yang dapat diberikan dalam menentukkan bufferzone adalah 86.062 m berdasarkan nilai maksimum total perpindahan massa batuan ditambahkan dengan 20% dari nilai total displacement. Selain itu juga factor material timbunan juga perlu diperhatikan dalam pembentukan inpit dump dan disarankan menggunakan material yang berukuran variasi boulder dan kecil.

DAFTAR PUSTAKA

[1] N. Amri,“Perbandingan Metode Bishop dan Janbu Dalam Analisis Stabilitas Lereng pada Oprit Jembatan Labu Sawo Sumbawa”,NTB,Universitas Teknologi Sumbawa,2021.
[2] N. Anugrah,” Analisis Faktor Keamanan pada Lereng Low Wall Batubara PT XYZ Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas dan Metode Elemen Hingga”,Bandung,Institut Teknologi Bandung,2021.
[3] I. Arif,“Geoteknik Tambang”,Bandung,PT.Gramedia PustakaUtama,2016.
[4] D. Djarwadi,*et al.*,“ Desain dan Pelaksanaan In-Pit Dump” Jakarta,2014.

[5] F. F,et al,"Pengukuran Daya Dukung Tanah Terhadap Rencana Pembangunan Jalan Sebagai Upaya Harmonisasi Perusahaan Tambang dengan Masyarakat Kalirejo"Yogyakarta,2022.
[6] W.H,et al,"Open Pit Mine Planning and Design",Bandung,1995.
[7] A.Irwandy,"Perencanaan Tambang",Bandung,Institut Teknologi Bandung 2002.
[8] L.D.Wesley,"Mekanika Tanah",Badan Penerbit Pekerjaan Umum,1997.