

[Research Article]

Desain Geometri Lereng Disposal Yang Optimum Berdasarkan Karakteristik Geoteknik

Bintang Ramadhan, Erwin Anshari✉, Laode Jonas Tugo

Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Halu Oleo, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: July 15, 2025

Accepted: January 28, 2026

Published: February 8, 2026

Keywords:

rancangan disposal
material lepas
stabilitas timbunan

Corresponding author:

Erwin Anshari

Email: erwin_anshari@uho.ac.id

Read online:

Scan this QR code
with your smart
phone or mobile
device to read online

Copyright © 2026 Authors

This work is
licensed under
a Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0 International
License.

ABSTRAK

Suatu kegiatan pertambangan umumnya memindahkan tanah penutup untuk mengambil bahan galian yang berada di dalam bumi. Oleh karena itu, pada blok Tapuemea diperlukan area tertentu untuk membuang material tanah penutup tersebut sehingga tidak menutupi area yang masih mengandung bahan galian yang ekonomis. Untuk mendukung hal ini, diperlukan rancangan disposal yang aman dalam menangani material *overburden*, dengan mempertimbangkan, kapasitas tampung dan stabilitas geoteknik. Karena material timbunan *overburden* umumnya memiliki kuat geser rendah akibat sifatnya yang lepas, maka kestabilannya rentan terganggu dan berpotensi longsor. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu menganalisis sifat fisik dan sifat mekanik material timbunan serta menentukan rancangan geometri optimum untuk material timbunan pada area disposal yang aman. Penelitian ini menggunakan metode analisis kestabilan lereng menggunakan pendekatan kesetimbangan batas dengan kriteria keruntuhan Mohr-Coulumb. Berdasarkan hasil uji laboratorium, material *overburden* tergolong tanah lempung plastisitas rendah (CL) yang berpotensi mengalami longsor busur. Uji geser langsung menunjukkan kuat geser tanah cukup rendah, sehingga diperlukan desain lereng disposal yang disesuaikan untuk menjaga stabilitas. Disposal pada Blok Tapuemea dirancang tipe *valley fill* setinggi 42 meter dengan empat tahap penimbunan. Kapasitas total disposal yang dirancang mencapai 518.000 LCM.

ABSTRACT

Mining activities generally involve the removal of overburden to access economically valuable mineral resources. Therefore, in the Tapuemea Block, a designated area is required for the disposal of overburden material so that it does not cover zones that still contain economically mining materials. To support this plan, it is necessary to design a safe disposal area for handling overburden material by considering storage capacity and geotechnical stability. Since overburden fill material generally has low shear strength due to its loose nature, its stability is susceptible to disturbances and potential landslides. The purpose of this study is to analyze the physical and mechanical properties of the fill material and to determine the optimum geometry design for a safe disposal area. This study employs a slope stability analysis method using the limit equilibrium approach with the Mohr-Coulomb failure criterion. Based on the laboratory test results, the overburden material is classified as low-plasticity clay (CL), which is susceptible to circular slip failures. Direct shear tests showed that the soil has relatively low shear strength, indicating the need for a customized disposal slope design to maintain stability. The disposal in the Tapuemea Block is designed as a valley fill type with a height of 42 meters, constructed in four stages. The total designed disposal capacity reaches 518,000 LCM.

How to cite: Ramadhan, B., Anshari, E., dan Tugo, L. J. (2026). Desain geometri lereng disposal yang optimum berdasarkan karakteristik geoteknik. OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan, 7(3), pp. 140-148. <https://doi.org/10.56099/ophi.v7i3.p140-148>

1 Pendahuluan

Perseroan Terbatas (PT) X yang bergerak di bidang pertambangan nikel berlokasi secara

administratif di Kabupaten Konawe Utara, berencana membuka pit baru dalam area Blok Tapuemea. Seiring dengan itu, perusahaan tentunya membutuhkan rancangan disposal area untuk penanganan material

overburden secara aman. Perancangan disposal ini akan mempertimbangkan kapasitas tampung, serta stabilitas geoteknik, guna meminimalkan dampak lingkungan dan mendukung kegiatan operasional (Setiadi, 2020).

Bargawa (2018) mengemukakan bahwa disposal adalah suatu lokasi pembuangan material kadar rendah dan atau material bukan bijih yang harus digali dari pit untuk memperoleh bijih. Sistem penimbunan material disposal dibedakan berdasarkan topografi dan karakteristik lokasi. Pada area dengan topografi curam digunakan metode *valley fill*, di mana material dibuang ke lembah lalu diratakan bertahap. Sementara untuk topografi landai diterapkan metode *terraced dump*, dengan penimbunan berjenjang dari bawah ke atas (Antariksa, 2021).

Menurut Hardiyatmo (2017), sifat fisik tanah yaitu sifat yang berhubungan dengan elemen penyusunan massa tanah yang ada, yang menjadi indikator sifat fisik tanah, yaitu uji berat jenis tanah, uji batas-batas atterberg, dan uji analisis saringan. Sifat mekanik tanah adalah karakteristik tanah yang berkaitan dengan perilakunya terhadap gaya atau beban. Sifat-sifat ini menentukan bagaimana tanah akan merespons tekanan, regangan, geseran, dan perubahan kondisi lingkungan

Analiser dan Nurhakiki (2019) mengemukakan bahwa dalam menganalisis kestabilan lereng, titik awal yang harus diperhatikan terlebih dahulu adalah material pembentuk lereng yakni jenis litologi (batuan) atau tanah. Umumnya material timbunan memiliki kuat geser yang rendah, hal ini disebabkan material timbunan bersifat lepas. Kuat geser yang rendah akan berdampak pada kestabilan material pada disposal yang dapat menyebabkan potensi longsor (Silalahi dan Pradani, 2023). Mengingat bahwa keruntuhan lereng pada dasarnya merupakan mekanisme keruntuhan geser yang sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya nilai kuat geser, maka karakteristik fisik dan mekanik batuan atau tanah yang berperan terhadap parameter kuat geser menjadi faktor utama yang menentukan tingkat kestabilan lereng. Oleh karena itu, identifikasi dan pemahaman terhadap sifat-sifat batuan atau tanah yang memengaruhi kuat geser merupakan aspek penting dalam analisis stabilitas lereng (Jalil, 2023).

Longsoran busur umumnya terjadi pada material yang loose material. Pada longsoran busur yang terjadi pada daerah timbunan, biasanya faktor struktur geologi tidak terlalu berpengaruh pada kestabilan lereng timbunan (Hoek dan Bray, 1981). Menurut Arif (2021) longsoran jenis ini banyak terjadi pada lereng tanah dan batuan lapuk atau sangat terkekarkan juga terdapat pada lereng-lereng timbunan. Hal tersebut karena campuran material

yang berada di disposal merupakan material lepas, oleh karena itu material yang ada di disposal bukanlah material yang kompak (Yulita dkk., 2022).

Longsoran busur dapat dilakukan perhitungan nilai FK dengan menggunakan metode kesetimbangan batas. Tegangan geser dalam kondisi setimbang adalah kekuatan geser yang tersedia dibagi dengan faktor keamanan. Faktor keamanan ini menunjukkan seberapa besar kekuatan geser harus dikurangi agar kekuatan yang tersisa tepat seimbang dengan tegangan geser (τ), atau dengan kata lain, lereng berada dalam kondisi yang masih stabil. Metode yang digunakan untuk perhitungan semacam ini dikenal sebagai metode kesetimbangan batas (Duncan dkk., 2014)

Metode Bishop disederhanakan menawarkan solusi yang lebih canggih untuk metode irisan. Dalam metode ini, pengaruh gaya pada sisi setiap irisan diperhitungkan sampai tingkat tertentu. Metode Bishop disederhanakan yang paling banyak digunakan. Ketika digabungkan ke dalam program komputer, metode ini menghasilkan hasil yang memuaskan dalam banyak kasus (Das dan Sobhan, 2014). Metode ini memenuhi kesetimbangan gaya vertikal untuk setiap irisan dan kesetimbangan momen keseluruhan di sekitar pusat permukaan uji melingkar. Karena gaya horizontal tidak dipertimbangkan pada setiap irisan. Metode Bishop disederhanakan juga mengasumsikan gaya geser antar irisan nol (Salunkhe dkk., 2017).

Berdasarkan analisis geoteknik, lereng yang tidak aman dapat menimbulkan longsor dan memberikan gangguan pada karyawan maupun infrastruktur, di antaranya dapat menimbulkan kehilangan nyawa manusia, menyebabkan kerugian hilang dan menurunnya operasional yang dimiliki perusahaan (Hartono dkk., 2020). Mengacu pada ketentuan SNI (2017), nilai faktor keamanan lereng yang dipersyaratkan untuk analisis kestabilan lereng tanah dengan didasarkan pada pertimbangan biaya dan konsekuensi kegagalan lereng serta tingkat ketidakpastian kondisi analisis yaitu ≥ 1.5 .

2 Geologi Daerah Penelitian

2.1 Kondisi Geomorfologi

Van Bemmelen membagi Lengan Tenggara Sulawesi menjadi tiga bagian: ujung utara, bagian tengah dan ujung selatan. Ujung utara dari Palopo sampai teluk Tolo dibentuk oleh batuan ofiolit. Bagian tengah yang merupakan bagian paling lebar (sampai 16,2 km), didominasi batuan malihan dan batuan sedimen Mesozoikum. Ujung selatan Lengan Tenggara merupakan bagian yang relatif lebih landai, batuan penyusunnya didominasi batuan sedimen Tersier (Surono, 2013). Daerah penelitian termasuk dalam

ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Berdasarkan citra IFSAR wilayah penelitian didominasi oleh morfologi daratan dan pebukitan. Umumnya dataran ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi merupakan dataran aluvium yang luas di kanan kiri sungai, sedangkan morfologi pebukitan terdiri atas pebukitan rendah dan tinggi, dimana pebukitan rendah jauh lebih luas dibandingkan pebukitan tinggi.

2.2 Stratigrafi Regional

Berdasarkan peta geologi regional lembar Lasusua-Kendari (Rusmana dkk., 1993), pada daerah penelitian tersusun atas Kompleks Ultramafik (Ku). Kompleks ultramafik di Lengan Tenggara Sulawesi merupakan bagian Lajur Ofiolit Sulawesi Timur. Batuan pembentuk lajur ini didominasi oleh batuan ultramafik dan mafik serta sedimen pelagik. Batuan ultramafik terdiri atas harzburgit, dunit, werlit, lertzolit, websterit, serpentin dan piroksinit. Sementara batuan mafik terdiri atas gabro, basalt, dolerit, mikrogabro, dan amfibolit. Sedimen plagiknya tersusun oleh batugamping laut dalam dan rijang radiolaria. Radiolaria yang dijumpai di Lengan Timur menunjukkan umur Senomanian (Surono, 2013).

3 Metode

Penelitian mengenai rancangan geometri disposal ini menggunakan pendekatan kuantitatif, di mana seluruh proses penelitian dilaksanakan berdasarkan prosedur yang telah dirancang secara sistematis. Penelitian ini membuat sebuah rancangan dari sebuah data yang kemudian diolah untuk mencapai tujuan tertentu, di mana dalam penelitian ini adalah untuk menentukan desain geometri disposal yang optimum.

Kegiatan pengambilan sampel material timbunan dilakukan pada lokasi timbunan Tapuemea. Sampel yang diambil pada timbunan ini adalah sebanyak 4 sampel tanah terganggu (DS). Dimana 1 sampel material timbunan dilakukan pengujian untuk merepresentasikan sifat fisik tanah dari material tersebut, dan 3 variasi sampel lainnya dilakukan pengujian kadar air (w) dari uji Proctor untuk memahami hubungan antara kepadatan dengan kadar air terhadap sifat mekanik material. Pengujian sampel dilakukan pada Laboratorium CV. Dalletama Engineering.

Rancangan geometri lereng tiap tahap didasarkan pada hasil simulasi lereng tunggal yang memenuhi nilai faktor keamanan, baik dalam kondisi statis maupun dinamis. Geometri lereng tunggal dilakukan dengan mensimulasikan berbagai variasi sudut kemiringan lereng tunggal dan variasi tinggi jenjang. Hasil dari analisis tersebut kemudian digunakan sebagai acuan dalam menyusun geometri

lereng keseluruhan. Nilai minimum faktor keamanan mengacu pada SNI 8460:2017 tentang persyaratan geoteknik, nilai faktor keamanan minimum yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng timbunan adalah sebesar $\geq 1,5$.

Jumlah jenjang tiap tahapnya terdiri atas dua hingga tiga jenjang dengan tinggi 10 meter hingga 12 meter menyesuaikan pada geometri lereng tunggal serta batasan lokasi disposal. Analisis kestabilan lereng dilakukan pada penampang lereng yang memotong model disposal untuk daerah yang dianggap paling kritis menggunakan metode kesetimbangan batas Metode Bishop disederhanakan, dengan pendekatan berdasarkan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb. Analisis nilai faktor keamanan dilakukan dengan menggunakan piranti lunak Rocscience Slide2.

4 Hasil dan Diskusi

4.1 Sifat Fisik Sampel Tanah

Sifat fisik dari sampel tanah merupakan karakteristik tanah yang berhubungan dengan kondisi fisik tanah yang dapat diukur dan diamati. Parameter sifat fisik yang diuji meliputi berat jenis, berat isi, batas-batas Atterberg, serta distribusi ukuran butir melalui analisis saringan. Adapun parameter sifat mekanik mencakup karakteristik kuat geser tanah, yang terdiri dari nilai kohesi dan sudut geser dalam. Hasil dari pengujian sifat fisik tanah di laboratorium atas 1 sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian sifat fisik pada sampel tanah

Pengujian	Nilai
Berat Jenis (gr/cm^3)	2,74
Berat Isi	
Berat Isi Basah (kN/m^3)	22,751
Berat Isi Kering (kN/m^3)	15,886
Batas-Batas Atterberg	
<i>Liquid Limit</i> (LL) %	33,34
<i>Plastic Limit</i> (PL) %	19,79
<i>Plasticity Index</i> (PI) %	13,56
Analisis Saringan	
Lempung-lanau (%)	61,77
Pasir (%)	37,10
Kerikil (%)	1,13

Berdasarkan hasil analisis terhadap sifat fisik tanah, dapat diketahui bahwa sampel tanah tersebut memiliki karakteristik fisik sebagai tanah lempung. Dengan mempertimbangkan jenis tanah tersebut, maka dapat diidentifikasi bahwa tipe longsor yang berpotensi terjadi adalah tipe longsor busur.

4.2 Sifat Mekanik Sampel Tanah

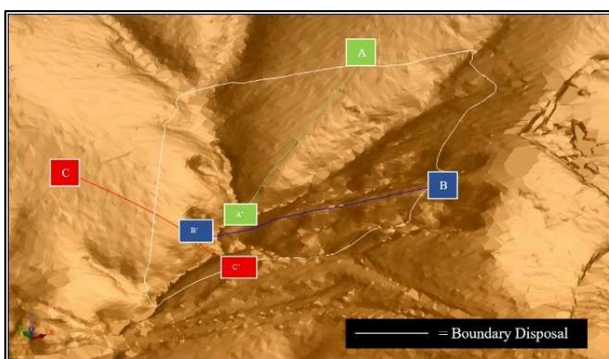
Pengujian sifat mekanik tanah ini ialah untuk melihat kuat geser tanah. Untuk menentukan parameter kekuatan geser tanah pada material timbunan, dilakukan uji geser langsung. Sampel tanah penutup yang digunakan dalam pengujian ini merupakan sampel yang sebelumnya telah diuji dengan uji Proctor untuk memperoleh nilai kepadatan maksimum (γ_{maks}) pada kadar air optimum (w_{opt}). Pengujian Proctor ini bertujuan untuk mensimulasikan kondisi optimal di lapangan, sehingga sampel uji geser dapat merepresentasikan kondisi tanah dalam keadaan paling stabil setelah proses penimbunan dilakukan. Hasil dari pengujian sifat mekanik tanah di laboratorium atas 3 sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

4.3 Analisis Kestabilan Pondasi Disposol

Untuk memastikan disposal dapat dirancang dengan aman, dilakukan analisis perhitungan faktor keamanan (FK) terhadap pondasi disposal melalui tiga penampang yaitu penampang A-A' (timurlaut-baratdaya), B-B' (tenggara-baratlaut), dan C-C' (baratlaut-tenggara). Ketiga penampang tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Properti keteknikan material penyusun pondasi disposal dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2 Hasil pengujian kuat geser langsung

Kadar Air (w)	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (ϕ)
7,86 %	10,78 kPa	17,19°
17,13 %	14,70 kPa	19,55°
38,34 %	8,82 kPa	16,19°



Gambar 1 Penampang pondasi disposal untuk perhitungan faktor keamanan

Tabel 3 Properti keteknikan material penyusun pondasi disposal

Parameter	Nilai
Kohesi (kPa)	31,744
Bobot Isi (kN/m^3)	23,575
Sudut Geser Dalam (°)	30,762

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai FK pada ketiga penampang menunjukkan bahwa pondasi disposal pada area tersebut memiliki stabilitas yang sangat memadai (Tabel 4). Dengan demikian, area pondasi disposal dapat dinyatakan layak untuk digunakan sebagai lokasi penimbunan material overburden karena seluruh nilai FK melampaui standar minimum yang dipersyaratkan.

Tabel 4 Nilai faktor keamanan pondasi disposal

Penampang	FK Statis	FK Dinamis
A-A'	3,507	3,270
B-B'	2,892	2,725
C-C'	2,820	2,672

4.4 Rancangan Geometri Lereng Tiap Tahap

4.4.1 Rancangan geometri lereng tahap 1

Rancangan geometri lereng disposal pada tahap pertama, dilakukan dengan membuat penampang A-A' berarah timurlaut-baratdaya), seperti ditampilkan pada Gambar 2A. Hasil dari simulasi rancangan geometri lereng tahap pertama disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng untuk rancangan geometri disposal tahap pertama, diketahui bahwa seluruh geometri yang divariasikan seluruhnya memenuhi kriteria faktor keamanan yang cukup jauh lebih besar dari ambang batas minimum yaitu $\geq 1,5$. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh variasi geometri lereng pada tahap pertama memiliki tingkat kestabilan yang memadai untuk diterapkan. Bentuk penampang geometri lereng pada tahap pertama disajikan pada Gambar 2B. Hasil perhitungan kapasitas pada tahap pertama disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil analisis kapasitas volume disposal dapat diketahui bahwa geometri lereng dengan tinggi lereng tunggal 4 meter dengan lebar bench 3 meter adalah yang paling optimum, yaitu sebesar 10.750 LCM (Tabel 5). Dengan demikian, geometri lereng tersebut dipilih sebagai rancangan yang akan digunakan pada tahap selanjutnya karena mampu menampung volume material overburden paling besar tanpa mengabaikan aspek kestabilan lereng.

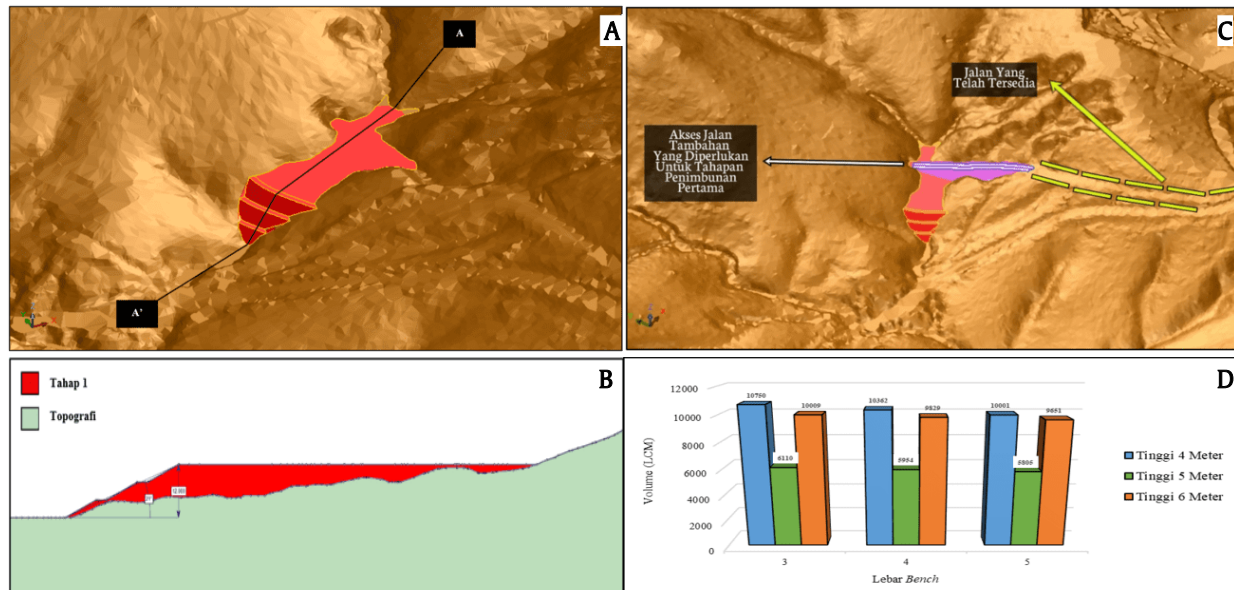
Pada tahap pertama diperlukan jalan tambahan sebagai akses untuk melakukan penimbunan. Akses jalan untuk tahapan penimbunan pertama disesuaikan berdasarkan jalan yang telah tersedia sebelumnya serta disesuaikan dengan kondisi topografi guna memenuhi grade jalan yang sesuai dengan peraturan. Pada tahap pertama diperlukan jalan tambahan sejauh 120 meter dengan grade 12%. Akses jalan tambahan yang diperlukan pada tahap pertama dapat dilihat pada Gambar 2C.

4.4.2 Rancangan geometri lereng tahap 2

Pada simulasi geometri lereng untuk tahap kedua dilakukan dengan melibatkan rancangan geometri lereng tahap pertama yang telah dilakukan sebelumnya. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan tetap membuat penampang A-A' berarah timurlaut-baratdaya), seperti ditampilkan pada Gambar 3A. Hasil dari simulasi rancangan geometri lereng tahap kedua disajikan pada Tabel 7.

Berdasarkan hasil analisis FK untuk rancangan geometri disposal tahap kedua, diketahui bahwa

untuk tinggi lereng tunggal 4 meter dengan sudut lereng tunggal 25° hanya dengan variasi lebar bench 5 meter yang memenuhi nilai faktor keamanan. Untuk geometri lereng dengan tinggi lereng tunggal 5 meter dan sudut lereng tunggal 25° hanya dengan variasi lebar bench 5 meter yang memenuhi nilai faktor keamanan. Sementara itu, tinggi lereng tunggal 6 meter dengan sudut lereng tunggal 20° , seluruh variasi lebar bench memenuhi nilai FK (Tabel 6).



Gambar 2 (A) Model 3D geometri lereng tahap 1 dengan penampang melintang B. penampang model lereng disposal tahap 1, (C) Ilustrasi akses jalan menuju lokasi penimbunan, dan (D) Perbandingan kapasitas volume disposal pada variasi geometri lereng

Tabel 5 Hasil simulasi rancangan geometri lereng tahap 1 mencakup penentuan faktor keamanan dan kapasitas volume timbunan

Geometri Lereng				FK Statis	FK Dinamis	Volume (LCM)
Tinggi Lereng Tunggal (m)	Lebar <i>Bench</i> (m)	Lereng tunggal ($^\circ$)	Lereng keseluruhan ($^\circ$)			
4	3	25	21	2,205	1,719	10.750
	4		20	2,227	1,818	10.362
	5		19	2,302	1,868	10.001
5	3	25	22	2,468	1,899	6.110
	4		21	2,534	1,936	5.954
	5		21	2,538	1,972	5.805
6	3	20	18	2,276	1,819	10.009
	4		18	2,378	1,899	9.829
	5		18	2,435	1,937	9.651

Bentuk penampang geometri lereng pada tahap kedua disajikan pada Gambar 3B. Analisis selanjutnya yaitu menentukan kapasitas tampungan dari masing-masing rancangan geometri. Hasil perhitungan kapasitas pada tahap kedua disajikan pada Gambar 3D dan Tabel 6.

Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa geometri lereng dengan tinggi lereng tunggal 6 meter dan lebar bench 3 meter adalah yang paling optimum, yaitu sebesar 94.607 LCM. Dengan demikian, geometri lereng tersebut dipilih sebagai rancangan yang akan digunakan pada tahap selanjutnya karena mampu

menampung volume material overburden paling besar tanpa mengabaikan aspek kestabilan lereng.

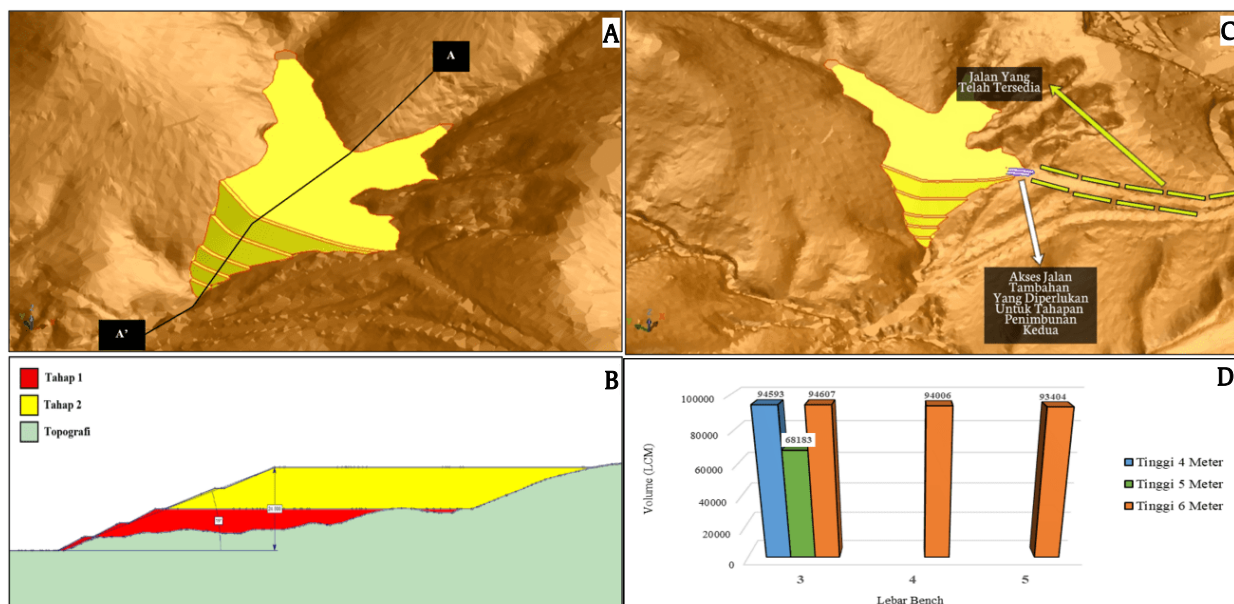
Pada tahap kedua ini tetap menggunakan akses jalan seperti pada tahap penimbunan pertama, namun sebagian jalan pada tahap pertama masuk ke dalam penimbunan di tahap kedua. Akses jalan tambahan yang diperlukan pada tahap kedua dapat dilihat pada Gambar 3C.

4.4.3 Rancangan geometri lereng tahap 3

Simulasi geometri lereng tahap ketiga dilakukan dengan melibatkan rancangan geometri lereng tahap pertama dan tahap kedua yang telah dilakukan sebelumnya. Analisis kestabilan lereng dilakukan tetap dengan penampang A-A' berarah sama pada tahap 1 dan 2, seperti ditampilkan pada Gambar 4A.

Pada tahap 3 dilakukan penambahan lebar *bench* antara tahap kedua dan tahap ketiga sejauh 10 meter dengan tujuan meningkatkan nilai FK dan mengurangi tegangan.

Hasil analisis rancangan geometri disposal tahap ketiga menunjukkan bahwa seluruh geometri yang divariasikan baik dari segi tinggi lereng tunggal maupun lebar *bench* seluruhnya memenuhi kriteria FK yang dipersyaratkan. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh variasi geometri lereng pada tahap ketiga memiliki tingkat kestabilan yang memadai untuk diterapkan. Bentuk penampang geometri lereng pada tahap ketiga disajikan pada Gambar 4B.



Gambar 3 (A) Model 3D geometri lereng tahap 2 dengan penampang melintang B, penampang model lereng disposal tahap 2, (C) Ilustrasi akses jalan menuju lokasi penimbunan, dan (D) Perbandingan kapasitas volume disposal pada variasi geometri lereng

Tabel 6 Hasil simulasi rancangan geometri lereng tahap 2 mencakup penentuan faktor keamanan dan kapasitas volume timbunan

Geometri Lereng				FK Statis	FK Dinamis	Volume (LCM)
Tinggi Lereng Tunggal (m)	Lebar <i>Bench</i> (m)	Lereng tunggal (°)	Lereng keseluruhan (°)			
4	3	25	20	1,602	1,442	-
	4		19	1,670	1,498	-
	5		19	1,745	1,565	94.593
5	3	25	21	1,586	1,430	-
	4		20	1,626	1,465	-
	5		20	1,681	1,502	68.183
6	3	20	19	1,702	1,546	94.607
	4		19	1,706	1,546	94.006
	5		18	1,803	1,608	93.404

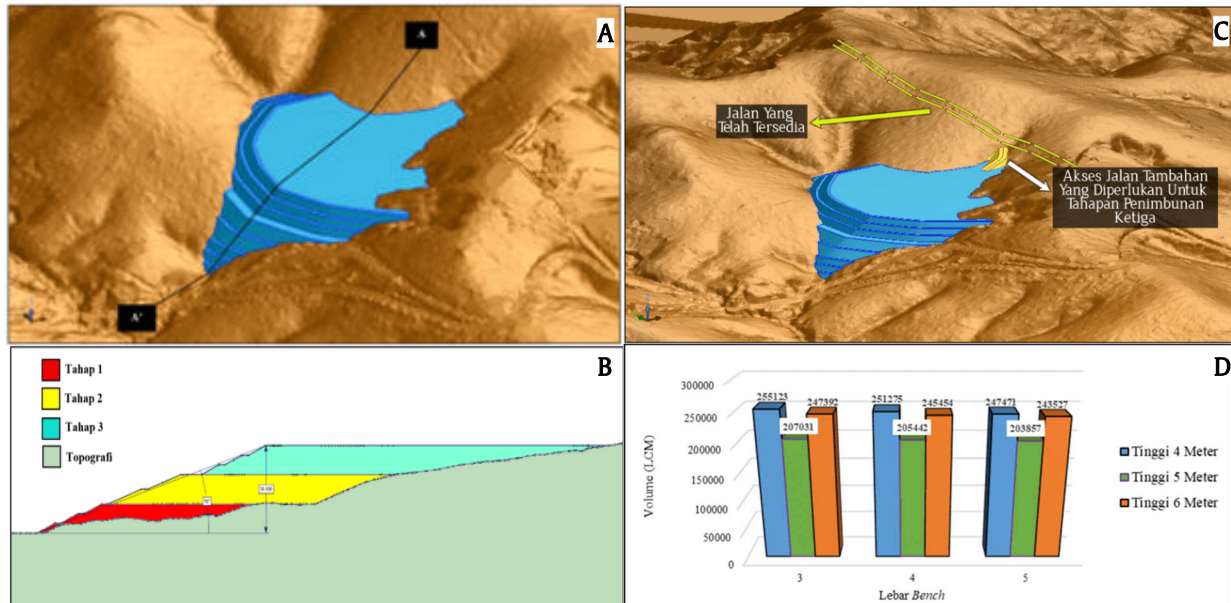
Analisis selanjutnya yaitu menentukan kapasitas tampungan dari masing-masing variasi geometri

untuk menentukan geometri lereng yang tidak hanya memenuhi aspek kestabilan, tetapi juga memberikan

volume disposal yang paling optimal. Hasil perhitungan kapasitas pada tahap ketiga disajikan pada Tabel 7.

Hasil analisis kapasitas volume disposal menunjukkan bahwa geometri lereng dengan tinggi lereng tunggal 4 meter dengan lebar bench 3 meter merupakan geometri yang paling optimum, yaitu sebesar 255.123 LCM. Untuk itu, geometri lereng ini dapat digunakan pada tahap ketiga (Gambar 4D).

Pada tahap ketiga diperlukan jalan tambahan sebagai akses untuk melakukan penimbunan. Akses jalan untuk tahapan penimbunan ketiga disesuaikan berdasarkan jalan yang telah tersedia serta kondisi topografi guna memenuhi grade jalan yang sesuai dengan peraturan. Pada tahap ketiga diperlukan jalan tambahan sejauh 68 meter dengan grade kemiringan sebesar 8%. Akses jalan tambahan yang diperlukan pada tahap ketiga dapat dilihat pada Gambar 4C.



Gambar 4 (A) Model 3D geometri lereng tahap 3 dengan penampang melintang B, penampang model lereng disposal tahap 3, (C) Ilustrasi akses jalan menuju lokasi penimbunan, dan (D) Perbandingan kapasitas volume disposal pada variasi geometri lereng

Tabel 7 Hasil simulasi rancangan geometri lereng tahap 3 mencakup penentuan faktor keamanan dan kapasitas volume timbunan

Geometri Lereng				FK Statis	FK Dinamis	Volume (LCM)
Tinggi Lereng Tunggal (m)	Lebar Bench (m)	Lereng tunggal (°)	Lereng keseluruhan (°)			
4	3	25	18	1,651	1,523	255.123
	4		17	1,680	1,534	251.275
	5		17	1,691	1,581	247.471
5	3	25	18	1,675	1,536	207.031
	4		18	1,677	1,537	205.442
	5		17	1,688	1,560	203.857
6	3	20	17	1,661	1,562	247.392
	4		17	1,710	1,575	245.454
	5		17	1,727	1,625	243.527

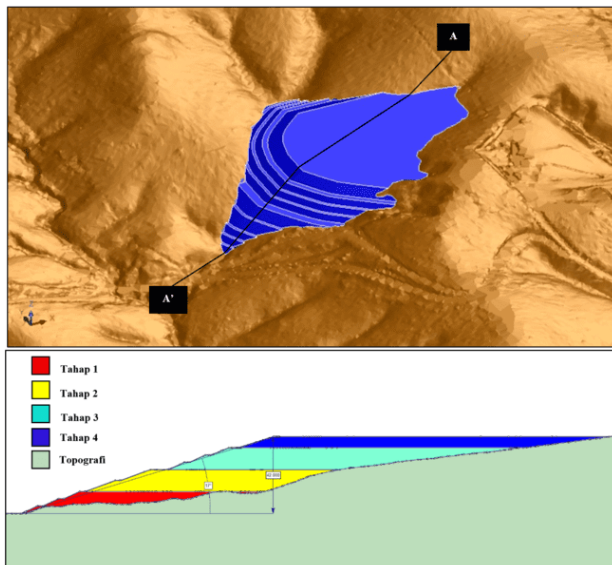
4.4.4 Rancangan geometri lereng tahap 4 (*overall slope disposal*)

Rancangan geometri lereng disposal pada tahap keempat dilakukan dengan melibatkan rancangan geometri lereng tahap pertama, tahap kedua, dan tahap ketiga yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk tahap terakhir hanya dilakukan simulasi dengan menggunakan geometri lereng tunggal dengan tinggi

lereng 6 meter karena pada tahap keempat merupakan tahap terakhir untuk mencapai batasan area disposal. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan membuat penampang A-A' (timurlaut-baratdaya), seperti ditampilkan pada Gambar 5.

Pada tahap keempat dilakukan penambahan lebar bench sejauh 6 meter dengan tujuan meningkatkan nilai faktor keamanan dan mengurangi tegangan. Hasil dari simulasi rancangan geometri

lereng tahap keempat menunjukkan nilai FK 1,661 pada beban statis dan FK 1,562 pada beban dinamis, melebihi kriteria $FK > 1,5$ yang dipersyaratkan. Hasil perhitungan kapasitas menunjukkan volume kapasitas hingga 157.520 LCM.



Gambar 5 Model 3D geometri lereng tahap 4 dengan penampang melintang A-A'

Pada tahap keempat tidak diperlukan jalan tambahan sebagai akses untuk melakukan penimbunan. Karena pada tahap keempat merupakan tahap akhir dimana posisinya sudah berada dekat dengan jalan yang telah tersedia. Pada tahap keempat ini akses jalan pada tahap penimbunan ketiga, seluruhnya masuk ke dalam penimbunan di tahap keempat.

4.5 Rekomendasi Geometri Lereng Disposol

Rekomendasi geometri lereng optimum yang dapat diterapkan pada seluruh tahapan desain disposol disajikan pada Tabel 8. Berdasarkan hasil rancangan yang telah dilakukan, disposol pada Blok Tapuemea berjenis *outpit dump* dengan tipe *valley fill* yaitu timbunan yang dapat diterapkan di daerah yang mempunyai topografi curam, dimana elevasi puncak (*dump crest*) ditetapkan pada awal pembuatan dump, truk membawa muatan ke elevasi ini dan membuang muatan ke lembah di bawahnya, elevasi crest ini dipertahankan sepanjang umur tambang (Bargawa, 2018). Disposol ini dapat menampung material overburden hingga sebanyak 518.000 LCM.

Tabel 8 Rekomendasi geometri lereng disposol untuk setiap tahap penimbunan

Parameter geometri lereng	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4
Jumlah jenjang	3	2	3	1
Tinggi tiap jenjang (m)	4	6	4	6
Tinggi tahap 1 (m)	12	12	12	6
Lebar antar jenjang (m)	3	3	3	-
Lebar antar tahap selanjutnya (m)	3	10	6	-
Sudut kemiringan lereng tunggal (°)	25	20	25	20
Sudut kemiringan lereng keseluruhan (°)	21	19	18	17
Volume (LCM)	10.750	94.607	255.123	157.520
Elevasi (mdpl)	186-198	198-210	210-222	222-228

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil serta pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian laboratorium pada sampel tanah material overburden menunjukkan karakteristik sebagai tanah lempung dengan plastisitas rendah (CL). Sehingga dapat diidentifikasi bahwa tipe longsoran yang berpotensi terjadi pada lereng disposol dengan karakteristik tanah seperti ini adalah longsoran busur. Hasil pengujian sifat mekanik tanah melalui uji geser langsung menunjukkan bahwa kuat geser tanah overburden memiliki nilai yang cukup rendah sehingga diperlukan desain dan rancangan yang menyesuaikan dengan karakteristik tanah untuk menjaga stabilitas lereng disposol.

2. Disposol pada Blok Tapuemea bertipe *valley fill* dengan tinggi 42 meter. Penimbunan dibagi menjadi 4 tahap. Tinggi lereng tahap pertama hingga ketiga masing-masing 12 meter, sedangkan untuk tahap keempat tinggi lereng 6 meter. Tahap pertama terdiri dari 3 jenjang dengan tinggi masing-masing jenjang 4 meter, lebar 3 meter, dan sudut kemiringan lereng tunggal 25°. Tahap kedua terdiri dari 2 jenjang, masing-masing jenjangnya memiliki ketinggian 6 meter dengan lebar 3 meter dan sudut kemiringan lereng tunggal 20°. Tahap ketiga terdiri dari 3 jenjang dimana masing-masing jenjangnya memiliki ketinggian 4 meter dengan lebar 3 meter dan sudut kemiringan tunggal 20°. Tahap keempat terdiri dari 1 jenjang memiliki ketinggian 6 meter dan sudut kemiringan tunggal 20°. Total kapasitas yang dapat ditampung pada hasil rancangan sebanyak 518.000 LCM.

Referensi

- Analiser, H. & Nurhakiki, 2019. Analisis Kestabilan Lereng Mine Highwall dengan Metode Bishop dan Software Rockscience Slide Pada Area Penambangan Batubara di Pit 2A Barat PT. Fontana Resources Indonesia) Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah. *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP*, 11(1), pp. 35–49. <https://doi.org/10.59637/jsti.v11i1.9>
- Antariksa, R. 2021. Rancangan Geometri Rencana Lereng Akhir Waste Dump terhadap Displacement Batuan Dasar Area Waste Dump PT X Kecamatan Palimanan, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(1), pp. 22–29. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v1i1.29>
- Arif, I. 2021. *Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang Yang Berkelanjutan Dengan Menjaga Kestabilan Lereng*. Jakarta, Gramedia Pustaka Utama.
- Badan Standarisasi Nasional, 2017. SNI 8460 tentang Persyaratan Geoteknik.
- Bargawa, W.S. 2018. *Perencanaan Tambang* (8 ed). Yogyakarta, Kilau Book.
- Das, B.M. & Sobhan, K., 2014. *Principles of Geotechnical Engineering* (8 ed). California, Cengage Learning.
- Duncan, J.M., Wright, S.G., & Brandon, T.L. 2014. *Soil Strength and Slope Stability* (2 ed). New Jersey, John Wiley & Sons.
- Hardiyatmo, H.C. 2017. *Mekanika Tanah I* (7 ed). Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Hartono, E.T., Wijaya, A.E., & Putra, B.P. 2020. Kajian Kestabilan Lereng Disposal untuk Overall Slope Optimum pada Tambang Batubara di PT Adaro Indonesia Maburai Kecamatan Murung Pundak Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan. *Mining Insight* 1(1), pp. 33–42.
- Hoek, E. & Bray, J. 1981. *Rock Slope Engineering* (3 ed). London, The Institution of Mining and Metallurgy.
- Jalil, A., Gunawan, R., Wicaksono, E., & Bargawa, W. S. 2023. Identifikasi Jarak Aman Terhadap Lereng Disposal. *INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, 6(1), pp. 12–18. <https://doi.org/10.56139/intan.v6i1.169>
- Rusmana, E., Sukido, Sukarna, D., Haryono, E. & Simandjuntak, T. O. 1993. *Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi*, skala 1:250.000. Bandung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Salunkhe, D. P., Chvan, G., Bartakke, R. N. & Kothavale, P. R. 2017. An Overview on Methods for Slope Stability Analysis. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 6(3), pp. 528–535. <https://doi.org/10.17577/ijertv6is030496>
- Setiadi, E. 2020. Kajian Geoteknik untuk Optimasi Lereng Disposal di PT. Boss (Borneo Olah Sarana Sukses) di Desa Dasaq Kutai Barat Kalimantan Timur. *Jurnal Ulul Albab*, 24(1), pp. 34–40. <https://doi.org/10.31764/jua.v24i1.2232>
- Silalahi, M. & Pradani, D.I. 2023. Analisis Kestabilan Lereng Disposal in Pit Dump PT. KPP, Malinau, Kalimantan Utara. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI XXXII*, pp. 185–195.
- Surono 2013. *Geologi Lengan Tenggara Sulawesi* (2 ed.). Bandung, Badan Geologi.
- Yulita, Irvani, & Oktarianty, H. 2022. Kajian Teknis Kestabilan Lereng Disposal Pada PT Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengaduan kepada Masyarakat Universitas Bangka Belitung*, pp. 101–106.