



Perencanaan *Counterweight* untuk Meningkatkan Kestabilan Lereng dan Kapasitas *Disposal* pada Area *Disposal* T4 PT Unggul Dinamika Utama Provinsi Kalimantan Timur

Nurfitri Kasran^{1*}, Revia Oktaviani², Ardhan Ismail³, Tommy Trides⁴, Albert Juvensius Pontus⁵

¹⁻⁵ Universitas Mulawarman, Indonesia

Email: fitrisyahwal28@email.com^{1*}, revia.oktaviani@email.com²

*Penulis Korespondensi: fitrisyahwal28@email.com

Abstract. *The stability of disposal slopes is a critical aspect of open-pit mining operations because it directly affects operational safety and the continuity of overburden dumping activities. Disposal areas composed of overburden materials generally exhibit heterogeneous characteristics, particularly when soft materials such as mud are present, which can significantly reduce slope stability. Therefore, a comprehensive slope stability evaluation is required prior to further disposal development. This study aims to assess the stability condition of a disposal slope under initial conditions, evaluate the influence of material conditions, and analyze the effectiveness of counterweight application in improving both the safety factor and disposal capacity. The research methodology involved the collection of primary and secondary data, including slope geometry, lithological conditions, and the physical and mechanical properties of disposal materials obtained from laboratory testing and company technical data. Slope stability analysis was performed using the limit equilibrium method with the assistance of geotechnical software, taking into account groundwater conditions and operational loading. The analysis results indicate that the initial disposal condition yielded a safety factor of 0.718, indicating an unstable slope condition. After simulating the removal of mud material, the safety factor increased to 0.907 but remained below acceptable stability criteria. The application of a counterweight significantly improved slope stability, resulting in a safety factor of 1.498. Further optimization through slope geometry redesign produced a final safety factor of 1.101, which satisfies the requirements stipulated in KEPMEN ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Additionally, the redesign increased the disposal capacity from 119,507,864.23 LCM to 119,682,378.22 LCM, representing an increase of 174,513.99 LCM. These results demonstrate that counterweight application combined with geometric optimization is effective in enhancing both slope stability and disposal capacity.*

Keywords: *Counterweight; Disposal; Geotechnical engineering; Limit Equalibrium Method; Mine disposal area*

Abstrak. Stabilitas lereng *disposal* merupakan salah satu aspek penting dalam kegiatan pertambangan terbuka karena berhubungan langsung dengan keselamatan operasional dan keberlanjutan kegiatan penimbunan material. *Disposal* terbentuk dari material hasil pengupasan (*overburden*) umumnya memiliki karakteristik yang bervariasi, terutama apabila terdapat material lunak seperti lumpur yang berpotensi menurunkan faktor keamanan lereng. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi kestabilan lereng *disposal* pada kondisi awal, menganalisis pengaruh keberadaan material, serta menilai efektivitas penerapan *counterweight* dalam meningkatkan faktor keamanan dan kapasitas *disposal*. Metode penelitian yang digunakan meliputi pengumpulan data primer dan sekunder berupa geometri lereng, data litologi, serta parameter sifat fisik dan mekanik material *disposal* yang diperoleh dari hasil uji laboratorium dan data teknis perusahaan. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan pendekatan kesetimbangan batas menggunakan perangkat lunak, dengan mempertimbangkan kondisi muka air tanah dan beban operasional yang bekerja pada lereng. Tahapan analisis meliputi simulasi kondisi awal *disposal* dengan nilai faktor keamanan sebesar 0.718, analisis tanpa keberadaan material lumpur sebesar 0.907, analisis setelah penerapan *counterweight* 1.498, serta hasil redesain geometri lereng untuk memperoleh kondisi yang paling optimal sebesar 1.101 dan telah memenuhi ketentuan KEPMEN ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Volume *disposal* menjadi 119.682.378,22 LCM dari volume sebelumnya 119.507.864,23 LCM artinya

bertambah 174.513,99 LCM. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan *counterweight* yang dikombinasikan dengan optimalisasi geometri lereng efektif dalam meningkatkan kestabilan lereng serta kapasitas *disposol*.

Kata kunci: Area disposol tambang; *Counterweight*; *Disposol*; Metode Keseimbangan Batas; Rekayasa geoteknik

1. LATAR BELAKANG

Pada kegiatan penambangan terbuka, kestabilan lereng *disposol* menjadi faktor krusial yang harus diperhatikan untuk menjaga kelancaran dan keamanan operasional. Seiring meningkatnya luas dan kedalaman galian, volume material overburden yang dipindahkan ke area disposol juga bertambah, disertai dengan variasi jenis material penyusunnya. Perubahan ini dapat meningkatkan potensi risiko terhadap keselamatan kerja, khususnya jika kondisi lereng tidak dikelola dengan baik.

Salah satu kondisi yang memerlukan perhatian khusus terdapat pada area disposol PT. Unggul Dinamika Utama, yaitu terdapat material lumpur yang terletak tepat di bagian kaki *disposol*. Kepadatan material ini mempengaruhi daya dukung lereng dan berpotensi meningkatkan kelongsoran. Hal ini semakin penting untuk diatasi mengingat PT. Unggul Dinamika Utama berencana menambah kapasitas *disposol* tanpa melakukan perubahan pada batas (*boundary*) yang telah ditetapkan, sehingga diperlukan upaya penanganan untuk memastikan lereng tetap aman.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan perencanaan *counterweight* untuk menjaga stabilitas lereng disposol dalam upaya optimalisasi kapasitas *disposol* pada Disposol T4 di PT Unggul Dinamika Utama, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Tingkat kestabilan lereng aman yang direncanakan mengacu pada Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827K/MEM/2018.

2. KAJIAN TEORITIS

Sifat Fisik Tanah

Menurut Rai, dkk (2014) tanah dan batuan mempunyai sifat-sifat tertentu yang perlu diketahui yang dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu sifat fisik dan sifat mekanik. Pertama-tama adalah penentuan sifat fisik batuan yang merupakan uji tanpa merusak (*non destructive test*).

Sifat Mekanik

Sifat mekanik batuan yang merupakan uji merusak (destructive test) sehingga contoh material hancur. Sifat mekanik dapat ditentukan baik di laboratorium maupun di lapangan (in-situ). Penentuan di laboratorium pada umumnya dilakukan terhadap contoh yang diambil di lapangan (Rai, 2014).

Metode Keseimbangan Batas (*Limit Equilibrium Method*)

Metode keseimbangan batas (Limit Equilibrium Method) merupakan metode yang menggunakan kondisi keseimbangan statik dan mengabaikan hubungan tegangan-regangan pada lereng di mana dalam analisisnya menggunakan perbandingan gaya pendorong dan gaya penahan lereng. Pada analisis keseimbangan batas, asumsi geometri dari bentuk bidang runtuh harus diketahui dan ditentukan terlebih dahulu lalu menghitung data-data untuk setiap irisan (Arif, 2016).

Menurut Takwin, dkk (2017) Metode Morgenstern-Price adalah salah satu metode yang berdasarkan prinsip keseimbangan batas yang dikembangkan oleh Morgenstern dan Price pada tahun 1965, di mana proses analisisnya merupakan hasil dari keseimbangan setiap gaya - gaya normal dan momen yang bekerja pada tiap irisan dari bidang kelongsoran lereng tersebut baik gaya.

Faktor Keamanan

Nilai faktor keamanan lereng tambang diatur dalam Keputusan Menteri ESDM No. 1827/K/30/MEM Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Berikut Tabel nilai faktor keamanan dan probabilitas longsor:

Counterweight

Counterweight atau yang sering disebut struktur pemberat biasanya digunakan untuk memberi beban tambahan pada kaki lereng guna meningkatkan kuat geser lereng tersebut, khususnya jika kaki lereng tersusun dari material yang lunak dan dapat terjadi gelinciran sehingga lereng mengalami pergerakan. Struktur pemberat ini akan menambah panjang dan kedalaman dari bidang kelongsoran dan juga meningkatkan gaya penahan sehingga kelongsoran dapat dihindari (Rodriguez dkk.,1988 dalam Arif 2016).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui analisis geoteknik untuk mengevaluasi kestabilan lereng disposasi pada tambang terbuka. Metode yang digunakan mencakup pengumpulan dan pengolahan data geometri lereng, karakteristik material, serta kondisi hidrogeologi, yang selanjutnya dianalisis menggunakan metode kesetimbangan batas dengan bantuan perangkat lunak geoteknik.

Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data - data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Data tersebut diperoleh dengan pengamatan langsung di lapangan dan data dari perusahaan. Adapun data tersebut terdiri dari data primer dan data sekunder.

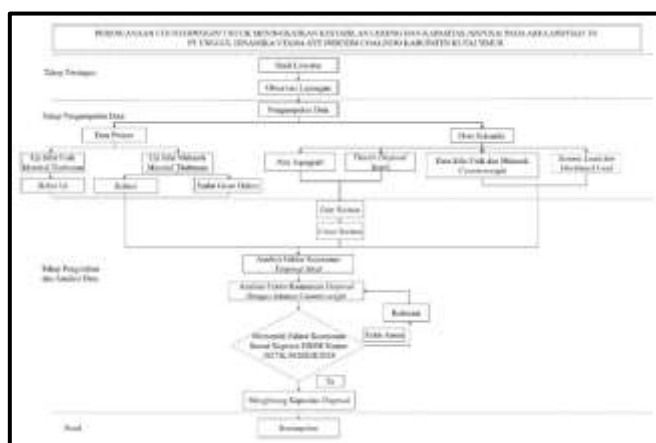
Data primer yang digunakan didapatkan dari pengujian sifat fisik dan mekanik dengan mengikuti standar uji. Standar uji yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Standar Pengujian yang Digunakan

No	Pengujian		Standar	Jumlah Sampel
1		Kadar Air	SNI 1965-2008	5
2	Uji Sifat Fisik	Bobot Isi	SNI 03-3637-1994	5
3		Berat Jenis	SNI 1964-2008	5
3	Uji Sifat Mekanik	Uji Geser Langsung	SNI 3420-2016	5

Data sekunder adalah data yang sudah tersedia di perusahaan sehingga bisa dijadikan standar acuan untuk dilakukan pengolahan data. Data - data tersebut terdiri dari Material Properties Base Disposasi dan Counterweight berupa Material Properties berupa nilai bobot isi, kohesi dan sudut geser dalam.

Tahap Pengolahan Data



Gambar 1 Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum

Pada area penelitian Disposal T4 merupakan lahan bekas pit yang saat ini dimanfaatkan sebagai lokasi pembuangan (*disposal*) untuk menampung material *overburden* dari Pit Tempudo 6 dan Pit East. Sebelum dilakukan penimbunan lanjutan, diperlukan kajian ulang terkait aspek geoteknik pada lereng Disposal T4 untuk memastikan kondisi lereng disposal aman terhadap potensi kelongsoran.

Parameter Analisis

Untuk memperoleh data sifat fisik dan mekanik material timbunan pada area Disposal T4, dilakukan proses pengambilan sampel tanah di beberapa titik yang mewakili kondisi lapangan. Titik sampel diprioritaskan pada zona yang berada di sekitar posisi rencana *counterweight*, sehingga parameter material yang diperoleh benar-benar menggambarkan kondisi aktual.

Sifat Fisik Material Disposal

Uji sifat fisik material timbunan terdiri dari nilai bobot isi asli, bobot isi kering, bobot isi jenuh, berat jenis, dan kadar air. Hasil uji sifat fisik dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sifat Fisik Material *Disposal*

No	Kode Sampel	Berat Jenis	Kadar Air (%)	Bobot Isi Asli (gram/cm ³)	Bobot Isi Kering (gram/cm ³)	Bobot Isi Jenuh (gram/cm ³)	Angka Pori (e)
1	T01	2,71	20,64	1,89	1,57	1,99	0,73
2	T02	2,53	16,21	1,67	1,34	1,81	0,89
3	T03	2,74	20,77	1,93	1,59	2,01	0,73
4	T04	2,49	24,10	1,92	1,65	1,93	0,61
5	T05	2,42	15,43	1,65	1,42	1,88	0,83
Rata-rata		2,58	19,43	1,81	1,51	1,92	0,76

Berdasarkan hasil perhitungan dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kadar air rata-rata keseluruhan sebesar 19,43 %, nilai rata-rata bobot isi asli sebesar 1,81 gr/cm³ = 17,77 kN/m³, bobot isi kering 1,51 gr/cm³ = 14,85 kN/m³, dan nilai bobot isi jenuh 1,92 gr/cm³ = 18,87 kN/m³.

Kuat Geser Langsung (Direct Shear Test)

Nilai sifat mekanik material *disposol* diperoleh melalui pengujian laboratorium menggunakan metode *direct shear test* atau uji kuat geser. Hasil pengujian kuat geser langsung (*direct shear test*) dari titik 1 sampai titik 5 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengujian (*Direct Shear Test*)

Kode Sampel	Kohesi (KN/m ²)	Sudut Geser Dalam (°)
T01	12,80	21,23
T02	7,82	31,42
T03	16,85	21,45
T04	13,16	23,50
T05	10,23	16,92

Sampel T02 menunjukkan nilai kohesi yang paling rendah dibandingkan sampel lainnya, yaitu 7.82 kN/m². Nilai kohesi yang rendah ini berkaitan dengan karakteristik material T02 yang diuji lebih didominasi oleh butiran kasar, butiran yang tidak merata terdapatnya butuan dengan ukuran yang cukup besar mengisi sampel tersebut.

Analisis Faktor Keamanan Lereng Disposol

Untuk mengetahui bagaimana kondisi terkini, maka nilai FK (faktor keamanan) harus diketahui terlebih dahulu sehingga nantinya dapat diambil langkah-langkah selanjutnya terhadap lereng tersebut. Hasil penarikan sayatan yang mewakili kondisi kritis lereng untuk dilakukan analisis faktor keamanan *disposol* dapat dilihat pada Gambar 3.



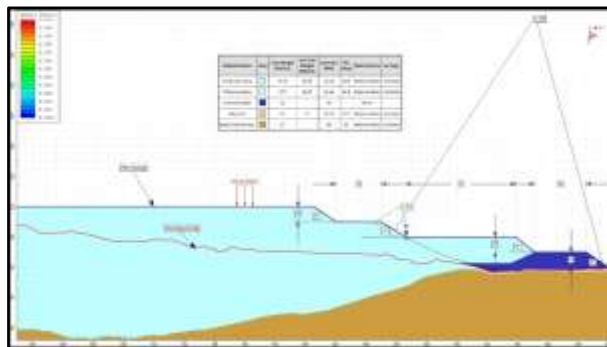
Gambar 3 Tampilan Arah Sayatan A-A'

Sebelum kegiatan penimbunan dilanjutkan, dilakukan analisis faktor keamanan lereng untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng *disposol* tersebut. Pada tahap ini analisis dilakukan terhadap kondisi awal berdasarkan desain rencana (*plan design*) *disposol*, yang digunakan sebagai acuan awal sebelum dilakukan evaluasi terhadap kondisi eksisting di lapangan. Berikut nilai faktor keamanan dari hasil analisis (Tabel 5).

Tabel 1 Faktor Keamanan Lereng *Disposal* pada Tiap Tahap Analisis

No	Tahap Analisis	Faktor Keamanan	Keterangan
1	<i>Existing</i>	0.718	Tidak Aman
2	Tanpa <i>Counterweight</i>	0.907	Tidak Aman
3	<i>Counterweight</i> awal	1.498	Aman
4	Redesain <i>Counterweight</i>	1.101	Aman

Perencanaan *counterweight* dibuat pada elevasi +180 sampai *bench* elevasi +190. Menurut Pradana (2025) kualitas kepatadan *counterweight* yang baik dapat diketahui dengan pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan telah melebihi 8 blow/100mm. Berikut interpretasi dari hasil analisis *counterweight* pada Gambar 4.



Gambar 4 Interpretasi Analisis Faktor Keamanan *Counterweight* Awal

Setelah penerapan *counterweight* dilakukan, tahap selanjutnya adalah optimalisasi geometri lereng *disposal* dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas penimbunan *overburden* tanpa mengurangi tingkat kestabilan lereng.

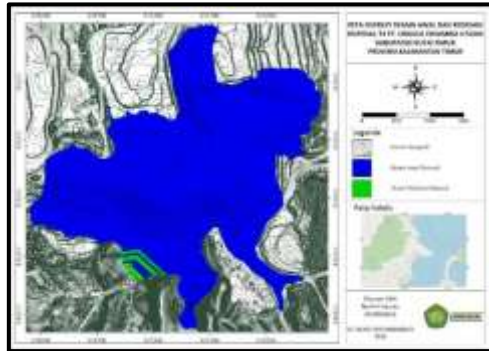
Perubahan geometri lereng hasil optimalisasi tersebut, dengan perbaikan geometri lereng dilakukan pada +190 sampai elevasi +220 (Tabel 4.5)

Tabel 2 Geometri Lereng Sebelum dan Setelah Redesign

Elevasi	Geometri	Sebelum	Setelah
190	<i>Slope Angle</i>	34	35
	<i>Berm Width</i>	34	35
	<i>Height</i>	10	10
200	<i>Slope Angle</i>	39	25
	<i>Berm Width</i>	72	40
	<i>Height</i>	10	10
210	<i>Slope Angle</i>	31	25
	<i>Berm Width</i>	30	40
	<i>Height</i>	10	10
220	<i>Slope Angle</i>	34	25
	<i>Berm Width</i>	264	271
	<i>Height</i>	10	10

Berdasarkan hasil pemodelan dan perhitungan, volume *disposal* pada kondisi eksisting tercatat sebesar 97.960.795,03 LCM, dengan target perusahaan mencapai

119.507.864,23 LCM. Setelah dilakukan redesain, volume *disposol* menjadi 119.682.378,22 LCM. Artinya volume *disposol* bertambah 174.513,99 LCM.



Gambar 6 Overlay Desain Awal dan Redesain *Disposol*

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Adapun yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

Faktor keamanan lereng pada kondisi awal sebesar 0.718, hal ini menunjukkan bahwa pada section A-A' area lereng Disposol T4 berada pada kondisi tidak aman, Nilai faktor keamanan yang diperoleh dari hasil analisis awal menunjukkan bahwa lereng memerlukan upaya perbaikan agar memenuhi kriteria stabilitas lereng.

Geometri lereng disposol direkomendasikan bench elevasi +190 selebar 35 meter dengan sudut lereng 35°, bench elevasi +200 selebar 40 meter dengan sudut lereng 25°, bench elevasi +210 selebar 35 meter dengan sudut lereng 25°, bench elevasi +220 selebar 271 meter dengan sudut lereng 25°.

Setelah adanya counterweight, volume disposol menjadi 119.682.378,22 LCM dari volume sebelumnya 119.507.864,23 LCM artinya bertambah 174.513,99 LCM.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan:

Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan kajian lebih mendalam mengenai proses perencanaan dan pelaksanaan pembuatan *counterweight*, termasuk tahapan pemadatan, pengaturan material timbunan, serta monitoring kestabilan *counterweight* selama dan setelah proses penimbunan. Hal ini penting untuk memperoleh hasil analisis yang lebih akurat terhadap kondisi lapangan aktual.

DAFTAR REFERENSI

- Ababil, Y. N. (2025). *Analisis kestabilan lereng disposal ex void pit XX di PT Bina Sarana Sukses jobsite PT Batu Rona Adimulya Kecamatan Babat Supat, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan* (Skripsi). Universitas Jambi.
- Arif, I. (2016). *Geoteknik tambang*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Arirupa, G. (2021). *Analisis kestabilan lereng dengan permodelan numerik menggunakan metode elemen hingga* (Skripsi). Universitas Hasanuddin.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika tanah: Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis*. The University of Texas at El Paso.
- Das, B. M. (2006). *Principles of geotechnical engineering* (5th ed.). Cengage Learning.
- Garini, A. D. W., Trides, T., Hasan, H., Oktaviani, R., & Pontus, A. J. (2024). Studi kestabilan lereng highwall berdasarkan metode kesetimbangan batas di CV Gudang Hitam Prima Kecamatan Sanga Sanga Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Inovasi Global*, 2(2). <https://doi.org/10.58344/jig.v2i2.63>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2018). *Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang pedoman pelaksanaan kaidah teknik pertambangan yang baik: Lampiran II pedoman pengelolaan teknis pertambangan*.
- Morgenstern, N. R., & Price, V. E. (1965). The analysis of the stability of general slip surfaces. *Géotechnique*, 15(1), 79–93.
- Pradana, T. A., Trides, T., Nugroho, W., Oktaviani, R., Pontus, A. J., Ismail, A., & Winonazada, R. (2025). *Studi penggunaan counterweight sebagai perkuatan pada lereng disposal IPD di Pit 302 PT Jembayan Muarabara Kecamatan Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*.
- Rai, M. A., Kramadibrata, S., & Wattimena, R. K. (2014). *Mekanika batuan*. Institut Teknologi Bandung.
- Saputra, A. (2022). Perencanaan penimbunan disposal penambangan batubara Pit Ulakpandan Utara di PT Bumi Merapi Energi, Lahat, Sumatera Selatan. *Indonesian Mining and Energy Journal*, 5(2), 60–64. <https://doi.org/10.25105/imej.v5i2.15937>
- Standar Nasional Indonesia. (1994). *SNI 03-3637-1994: Metode pengujian berat isi tanah dengan cetakan benda uji*.
- Standar Nasional Indonesia. (2008a). *SNI 1964:2008: Cara uji berat jenis tanah*.
- Standar Nasional Indonesia. (2008b). *SNI 1965:2008: Metode pengujian kadar air tanah*.
- Standar Nasional Indonesia. (2016). *SNI 3420:2016: Metode kuat geser langsung tanah tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase*.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). *SNI 1727:2019: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*.

- Subianto, S., Triantoro, A., & Riswan. (2018). Analisis kestabilan lereng dan plan disposol pada Pit Mulia PT Arutmin Indonesia Kecamatan Kintap Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Pertambangan*, 75–83. <https://doi.org/10.20527/jg.v4i2.5162>
- Takwin, G. A., Turangan, A. E., & Rondonuwu, S. G. (2017). Analisis kestabilan lereng metode Morgenstern–Price studi kasus Diamond Hill Citraland. *Jurnal Tekno*, 15(67).
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1967). *Soil mechanics in engineering practice* (2nd ed.). Wiley.