

Analisis Kestabilan Lereng Disposal “X” pada Tambang Terbuka Batubara, Kabupaten Balangan, Kalimantan Selatan

Anissa Putri Anjani¹⁾, Daniel Radityo^{*1)},

¹⁾Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
*daniel.radityo@upnyk.ac.id

Abstrak – Kegiatan penambangan batubara melibatkan aktivitas penimbunan material *disposal* yang memperhatikan kestabilan lereng agar selalu dalam keadaan stabil. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi lereng serta menentukan nilai faktor keamanan pada desain lereng disposal di daerah penelitian, sehingga dapat memastikan bahwa desain tersebut memenuhi kriteria faktor keamanan minimum yang disyaratkan. Secara administratif, area penelitian berada di wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT “Y” yang berlokasi di Kabupaten Balangan, Provinsi Kalimantan Selatan. Penelitian ini menggunakan metode Kesetimbangan Batas dengan pendekatan Morgenstern-Price, serta tipe keruntuhan Mohr Coulomb yang dianalisis menggunakan *software Slide 6.0*. Data yang digunakan meliputi data topografi aktual dan desain 2025, data bor SPT (*Standard Penetration Test*), parameter geoteknik (kohesi, sudut geser dalam, dan berat isi), dan data muka air tanah yang didapatkan dari *standpipe piezometer*. Hasil penelitian memberikan informasi bahwa dari hasil analisis terhadap 10 sayatan lereng *disposal* diperoleh nilai Faktor Keamanan (FK) pada masing-masing penampang yang secara keseluruhan memenuhi ambang batas stabilitas yang telah ditetapkan, yaitu lebih dari 1.3. Nilai ini menunjukkan bahwa kondisi lereng dalam keadaan stabil, sehingga aman untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut.

Kata Kunci: *Disposal*, Faktor Keamanan, Kestabilan Lereng

Abstract – Coal mining activities involve waste material disposal, where slope stability must be maintained to ensure operational safety. This study aims to analyze the slope conditions and determine the factor of safety (FoS) of the disposal slope design to ensure compliance with the minimum safety criteria. The study area is located within the Mining Business Permit (IUP) of PT “Y”, Balangan Regency, South Kalimantan Province. The analysis was conducted using the Limit Equilibrium Method (LEM) with the Morgenstern–Price approach and Mohr–Coulomb failure criterion, utilizing Slide 6.0 software. The data used include actual and 2025 design topography, Standard Penetration Test (SPT) borehole data, geotechnical parameters (cohesion, internal friction angle, and unit weight), and groundwater levels obtained from standpipe piezometers. The results show that all ten analyzed disposal slope sections have FoS values greater than 1.3, indicating that the slopes are stable and suitable for further development.

Keywords: *Disposal*, Factor of Safety, Slope Stability

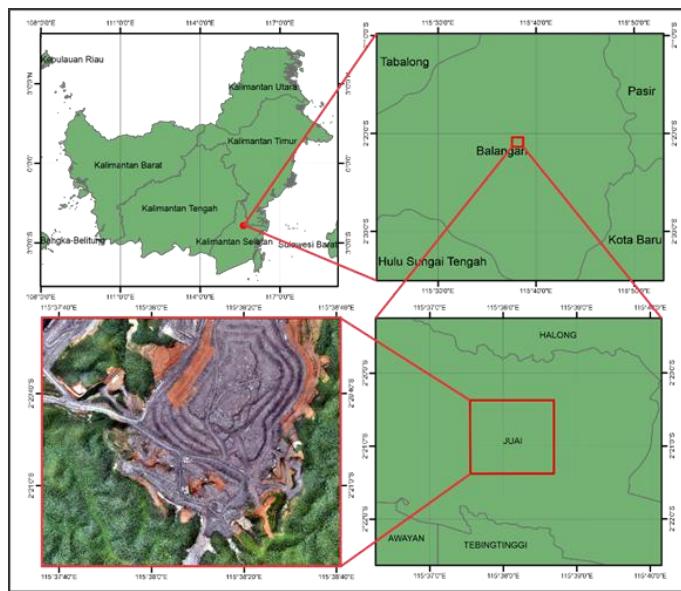
PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan batubara secara terbuka menghasilkan material tanah penutup (*overburden*) dalam jumlah besar, sehingga memerlukan strategi pengelolaan yang tepat. Lereng disposal umumnya tersusun oleh material lepas dengan sifat mekanik yang bervariasi, sehingga memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap keruntuhan, terutama akibat pengaruh geometri lereng, kondisi muka air tanah, dan karakteristik kekuatan material. Pengelolaan *disposal* yang tidak dirancang dengan baik berpotensi menimbulkan permasalahan geoteknik, khususnya ketidakstabilan lereng, yang dapat berdampak pada keselamatan kerja, gangguan operasional tambang, serta kerusakan lingkungan sekitar. Oleh karena itu, evaluasi desain lereng disposal melalui analisis faktor keamanan menjadi aspek penting untuk memastikan bahwa lereng berada dalam kondisi stabil dan memenuhi kriteria teknis yang dipersyaratkan.

Penelitian ini dilakukan di area *disposal* milik PT “Y” yang secara administratif terletak di Kabupaten Balangan, Provinsi Kalimantan Selatan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan bahwa kegiatan operasional tambang di wilayah tersebut masih berlangsung secara aktif, sehingga evaluasi desain *disposal* sangat relevan untuk mendukung kebutuhan teknis di lapangan.

Lokasi Penelitian

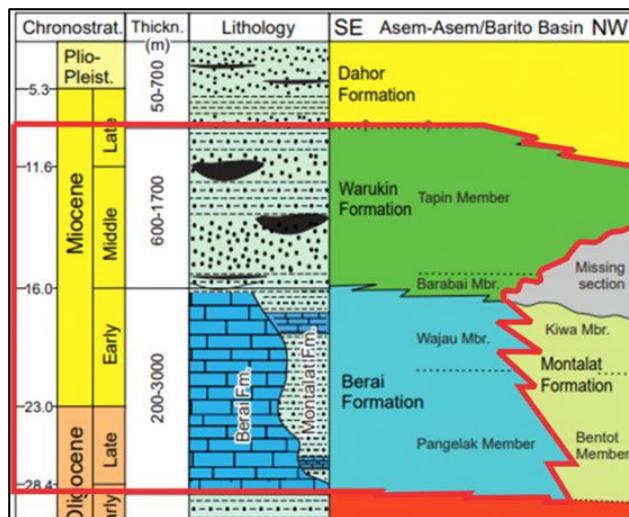
Lokasi daerah penelitian tugas akhir (**Gambar 1**) berada di area *Disposal* “X” dengan luas kavling sebesar ± 4 km² yang termasuk wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT “Y”. Secara administratif, lokasi penelitian terletak di Kabupaten Balangan, Provinsi Kalimantan Selatan yang terletak pada Zona Universal Transverse Mercator (UTM) 50 S.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Geologi Regional

Berdasarkan Fisiografi Pulau Kalimantan, pada bagian Utara Cekungan Barito dibatasi oleh *Adang Flexure*, bagian Timur dibatasi oleh Tinggian Meratus, bagian Selatan dibatasi oleh Laut Jawa, dan bagian Barat dibatasi oleh Tinggian Schwaner (Witts dkk., 2012). Lokasi disposal termasuk kedalam Stratigrafi Cekungan Barito dengan Formasi Warukin dan Formasi Berai. Berdasarkan stratigrafi regional, litologi penciri Formasi Warukin berupa batubara, batulempung, dan batulanau sementara penciri Formasi Berai berupa batugamping. Formasi Warukin berumur Miosen terendapkan secara tidak selaras diatas Formasi Berai yang berumur Oligosen Akhir – Miosen Atas (Witts, 1994 dalam Fikri, 2022).



Gambar 2. Stratigrafi Cekungan Barito (Witts, 1994 dalam Fikri, 2022)

Pembentukan Cekungan Barito diawali dengan pembukaan dan ekstensi Selat Makassar pada masa Eosen Tengah yang memisahkan bagian timur Kalimantan dari bagian barat Sulawesi di sisi timur. Ekstensi di Selat Makassar ini menghasilkan struktur *horst* dan *graben* dengan orientasi barat laut-tenggara yang terbentuk di sepanjang serangkaian sesar mendatar berarah barat laut-tenggara yang terkait dengan pembukaan Selat Makassar. Pada akhir Oligosen Awal, proses peretakan berhenti di Cekungan Barito (Sapiie & Rifiyanto, 2017).

METODE

Tahap Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan melalui data primer dan data sekunder. Data primer berupa pengamatan singkapan di lapangan untuk mengetahui kondisi permukaan tanah yang menjadi *base disposal*. Data sekunder didapatkan dari

perusahaan, meliputi kontur topografi, desain *disposal*, *material properties*, data *water level*, dan data bor SPT.

Tahap Pengolahan Data

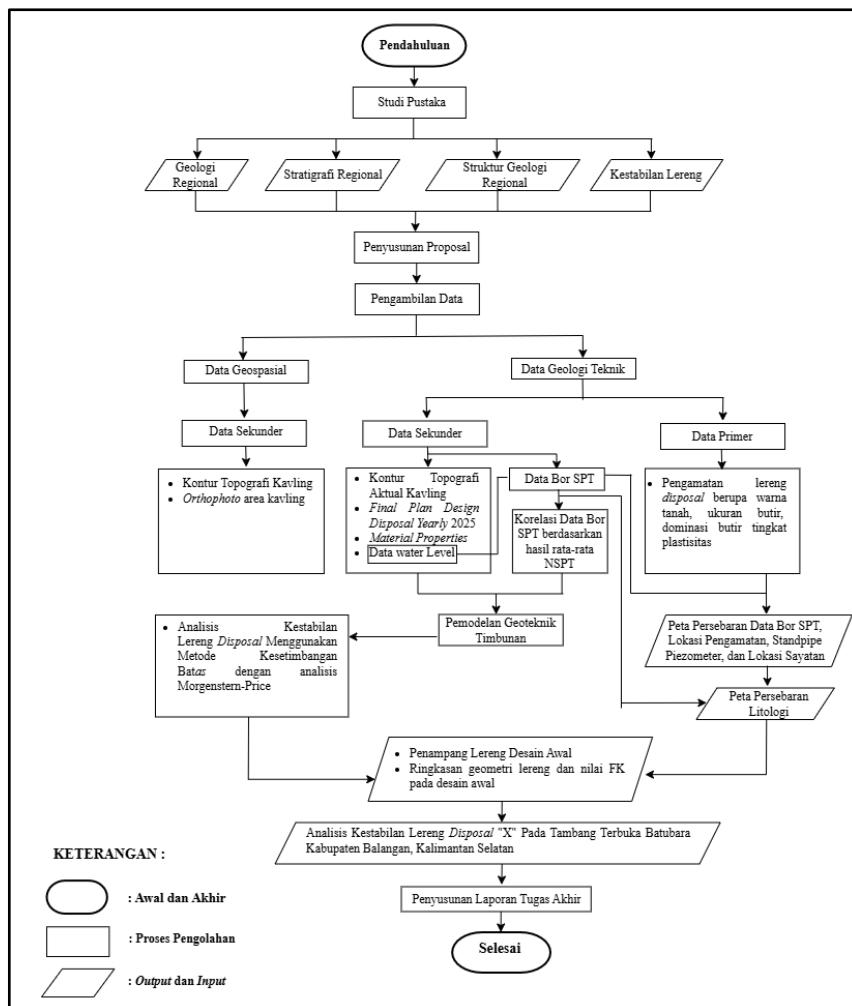
Data bor SPT diolah dan dikorelasikan untuk menentukan jenis tanah, konsistensi, serta ketebalan masing-masing lapisan. Korelasi dilakukan dengan mempertimbangkan variasi elevasi dan nilai N-SPT, sehingga diperoleh hasil korelasi yang representatif untuk pemodelan lereng *disposal*.

Tahap Pemodelan Geometri Lereng

Pemodelan geometri lereng dilakukan berdasarkan data topografi aktual dan desain *disposal* yang direncanakan. Simulasi kondisi lereng *disposal* berdasarkan data geometri, *material properties*, serta kondisi muka air tanah (MAT) yang telah diperoleh sebelumnya.

Tahap Analisis Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng dilakukan untuk mengetahui nilai faktor keamanan dengan menggunakan *software* Slide 6.0. Metode yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng adalah Metode Kesetimbangan Batas, khususnya metode Morgenstern-Price. Tipe keruntuhan yang digunakan ialah Mohr-Coulomb dan tipe longsoran menggunakan *non circular* karena terdapat bidang lemah diantara lapisan *soil* dengan base timbunan, sehingga *disposal* akan membentuk tipe longsoran *composite*. Namun, pada *software* yang digunakan tidak ada tipe longsoran *composite*, sehingga yang paling mendekati yaitu tipe longsoran *non circular*. Hasil analisis berupa nilai faktor keamanan (FK) yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat kestabilan lereng *disposal*.



Gambar 3. Diagram Alir

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kategori Soil

Titik bor SPT yang dilakukan korelasi pada daerah penelitian terdapat 6 Titik bor SPT, yaitu Titik bor SPT 1, Titik bor SPT 2, Titik bor SPT 3, Titik bor SPT 4, Titik bor SPT 5, dan Titik bor SPT 6 yang ditampilkan pada **Gambar 5**. Tujuan

dilakukan korelasi bor SPT untuk mengetahui jenis tanah, konsistensi tanah, dan ketebalan lapisan tanah yang akan dilakukan untuk pemodelan lereng disposal. Korelasi dilakukan dengan mempertimbangkan variasi topografi serta karakteristik kekuatan tanah berdasarkan nilai N-SPT.

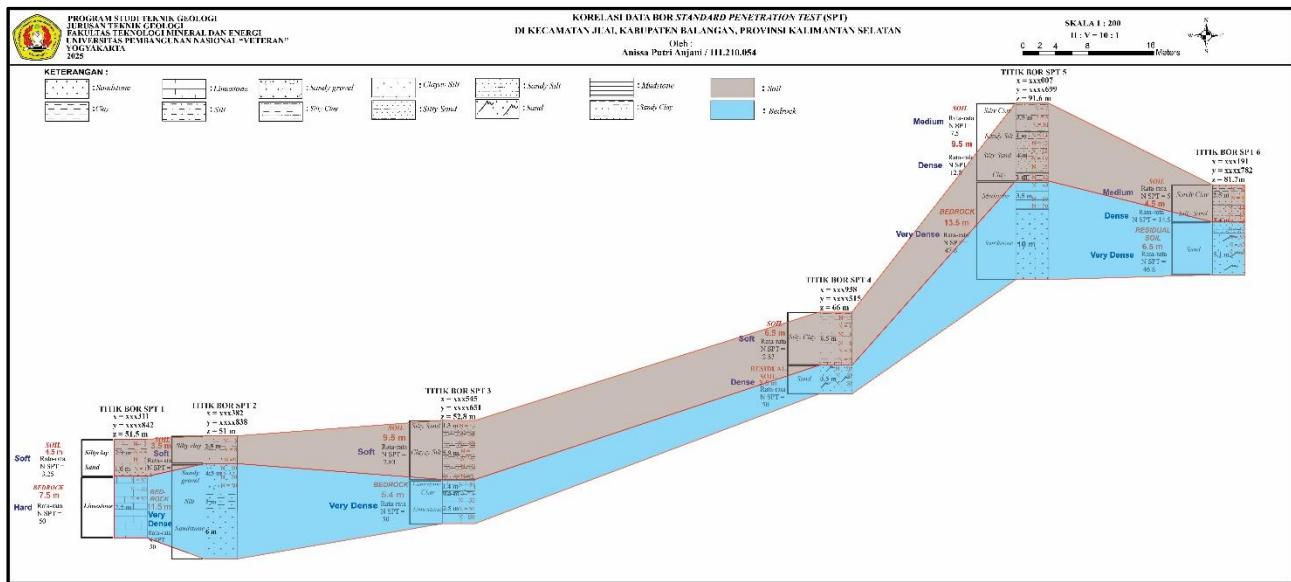
Berdasarkan analisis elevasi pada lokasi titik bor, menunjukkan bahwa titik bor pada elevasi lebih tinggi cenderung memiliki nilai N-SPT yang lebih besar, seperti pada Titik Bor 5 yang berada pada elevasi 91 meter dengan kedalaman 9.5 meter dari permukaan. Hal ini mengindikasikan bahwa tanah pada area tersebut memiliki kepadatan dan konsistensi yang lebih tinggi, serta kemungkinan telah mengalami proses pelapukan yang lebih sedikit. Sebaliknya, titik bor pada elevasi lebih rendah cenderung menunjukkan nilai N-SPT yang lebih kecil, menandakan bahwa tanahnya bersifat lebih lunak. Variasi ini menunjukkan bahwa kondisi geoteknik tanah dipengaruhi oleh posisi topografinya.

Pengelompokan konsistensi tanah juga ditinjau berdasarkan hasil nilai N-SPT pada data bor SPT yang mengacu pada Klasifikasi Peck (1974) yang membahas terkait hubungan antara nilai SPT terkoreksi (Ncor) dan kuat tekan bebas (qu), seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Hubungan antara Ncor dan qu (Peck, 1974 dalam Murthy, 2002)

Consistency	Ncor	qu kPa
Very soft	0 – 2	< 25
Soft	2 – 4	25 – 50
Medium	4 – 8	50 – 100
Stiff	8 – 15	100 – 200
Very stiff	15 – 30	200 – 400
Hard	>30	>400

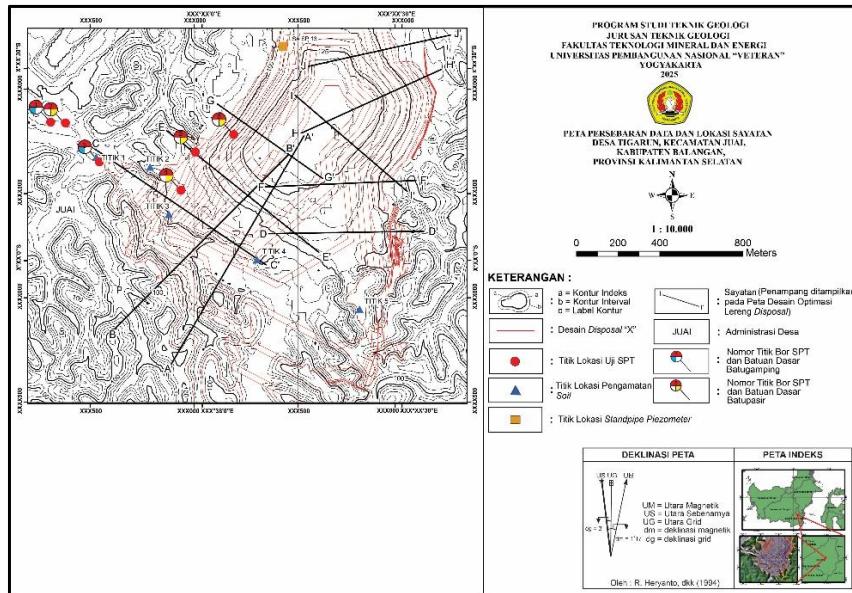
Ketebalan lapisan tanah ditentukan berdasarkan perubahan nilai N-SPT yang menunjukkan peralihan antara lapisan *soil* dan *bedrock*. Perubahan nilai N-SPT dianggap sebagai batas antar lapisan, dengan bagian atas dikategorikan sebagai *soil* dan bagian bawah sebagai *bedrock*. Ketebalan tiap lapisan dihitung pada masing-masing titik bor dan dirata-ratakan untuk memperoleh nilai representatif yang digunakan dalam pemodelan penampang lereng *disposal*. Korelasi ini penting untuk menentukan ketebalan dan jenis lapisan tanah serta topografi asli sebelum penimbunan, sebagai dasar dalam analisis geoteknik (**Gambar 4**).



Gambar 4. Korelasi Data Bor SPT

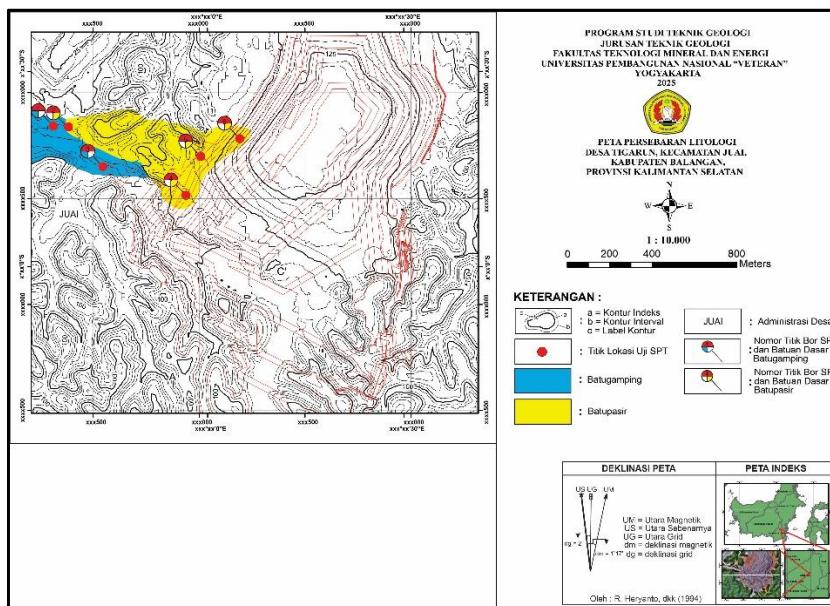
Berdasarkan **Gambar 5**, pada daerah penelitian dilakukan penarikan 10 sayatan (A-A' hingga J-J') yang dibuat tegas lurus terhadap desain dan didasarkan pada kondisi morfologi area penelitian agar diperoleh gambaran yang representatif

terhadap geometri lereng di berbagai area *disposal*. Analisis kestabilan lereng dilakukan pada desain *Yearly Disposal* 2025 di lereng *disposal* "X" Kabupaten Balangan, Provinsi Kalimantan Selatan.



Gambar 5. Peta Persebaran Data Bor SPT, Lokasi Pengamatan, *Standpipe Piezometer*, dan Lokasi Sayatan Lereng *Disposal* "X"

Material asli pada area *disposal* didapatkan dari pengujian SPT pada beberapa titik dan kedalaman yang berbeda. Berdasarkan data SPT diperoleh jenis material yang terdapat pada area *disposal* yaitu material timbunan dan material *original*. Material timbunan merupakan material campuran dari lokasi penambangan yang didominasi oleh campuran material lempung, material pasir, dan material batubara. Material *original* merupakan material asli pada lokasi sebelum dilakukan penimbunan. Material asli pada daerah penelitian memiliki sifat fisik yang diperoleh melalui pengujian laboratorium dari beberapa sampel yang diambil saat pengujian SPT. Berdasarkan informasi yang didapatkan dari uji bor SPT, diketahui bahwa pada Titik bor SPT 2, 4, 5, dan 6 memiliki litologi berupa batupasir, sedangkan pada Titik Bor SPT 1 dan 3 diketahui bahwa litologinya berupa batugamping.



Gambar 6. Peta Persebaran Litologi

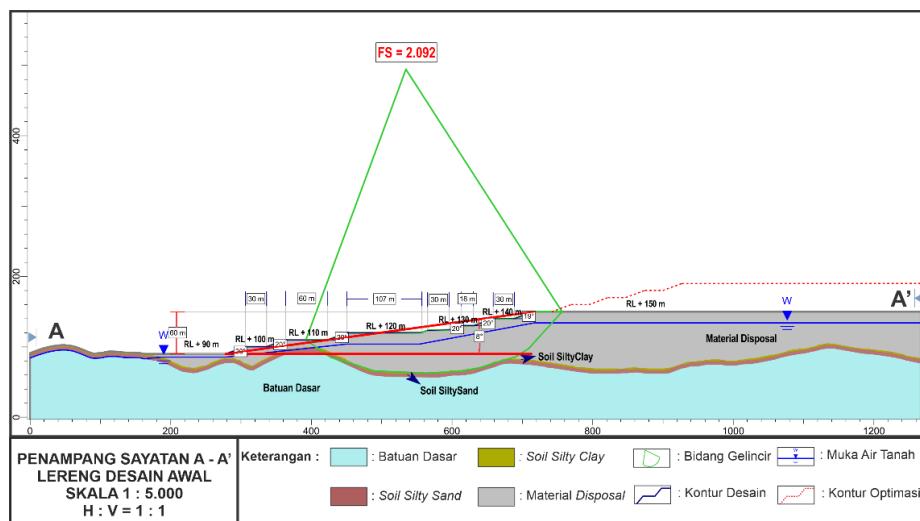
Analisis Kestabilan Lereng

Adapun data, metode, dan pendekatan geologi teknik yang digunakan dalam pembuatan geometri disposal, sebagai berikut :

1. Geometri menggunakan desain awal dan optimasi geometri dengan jumlah 10 sayatan dengan kode A – A', B – B', C – C', D – D', E – E', F – F', G – G', H – H', I – I', J – J'
2. Data input berupa geometri lereng desain awal, *material properties*, data *water level*, dan data ketebalan *soil* yang didapatkan dari data SPT.
3. Analisis faktor keamanan menggunakan Metode Kesetimbangan Batas, dengan tipe analisis Morgenstern-Price, tipe kelongsoran *non-circular* dengan tipe *search Auto-Refine*, dan Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb.
4. Analisis disesuaikan dengan klasifikasi nilai faktor keamanan lereng berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018.

Penampang A – A'

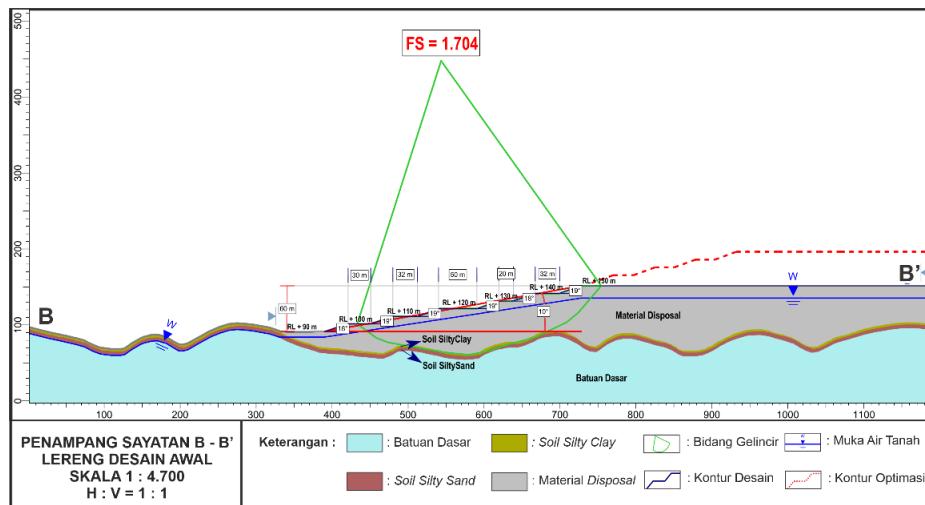
Letak sayatan A – A' berada pada bagian barat daya area *disposal*. Material yang tersusun pada sayatan ini berupa material *disposal*, *soil silty clay*, *soil silty sand*, dan *bedrock*. Desain awal lereng *disposal* memiliki geometri, berupa tinggi lereng sebesar 60 m yang diukur pada elevasi 90 meter hingga 150 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 8° , dan luas area sebesar 56.045,37 m². Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng *disposal* desain awal pada sayatan A – A', didapatkan nilai Faktor Keamanan sebesar 2.092 dan menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 masih termasuk kategori aman. Tingginya nilai FK pada desain awal menunjukkan bahwa lereng masih memiliki potensi kapasitas yang besar, sehingga dapat dilakukan optimasi geometri guna meningkatkan volume tampung *disposal* tanpa mengurangi aspek keamanan lereng, seperti yang disajikan dalam **Gambar 7**.



Gambar 7. Analisis Kestabilan Lereng Desain Awal Sayatan A - A'

Penampang B – B'

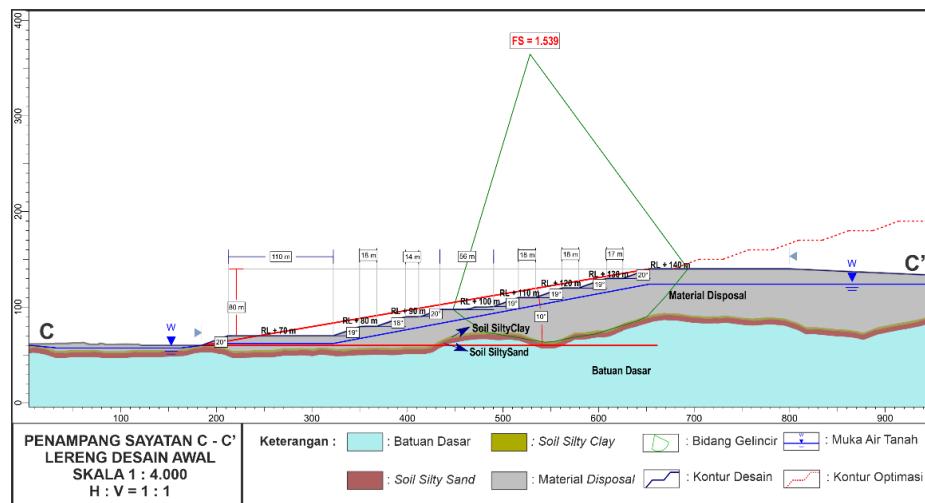
Letak sayatan B – B' berada pada bagian barat daya area *disposal*. Material yang tersusun pada sayatan ini berupa material *disposal*, *soil silty clay*, *soil silty sand*, dan *bedrock*. Desain awal lereng *disposal* memiliki geometri, berupa tinggi lereng sebesar 60 m yang diukur pada elevasi 90 meter hingga 150 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 10° , dan luas area sebesar 47.372,97 m². Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng *disposal* desain awal pada sayatan B – B', didapatkan nilai Faktor Keamanan sebesar 1.704 dan menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 masih termasuk kategori aman. Tingginya nilai FK pada desain awal menunjukkan bahwa lereng masih memiliki potensi kapasitas yang besar, sehingga dapat dilakukan optimasi geometri guna meningkatkan volume tampung *disposal* tanpa mengurangi aspek keamanan lereng, seperti yang disajikan dalam **Gambar 8**.



Gambar 8. Analisis Kestabilan Lereng Desain Awal Sayatan B - B'

Penampang C – C'

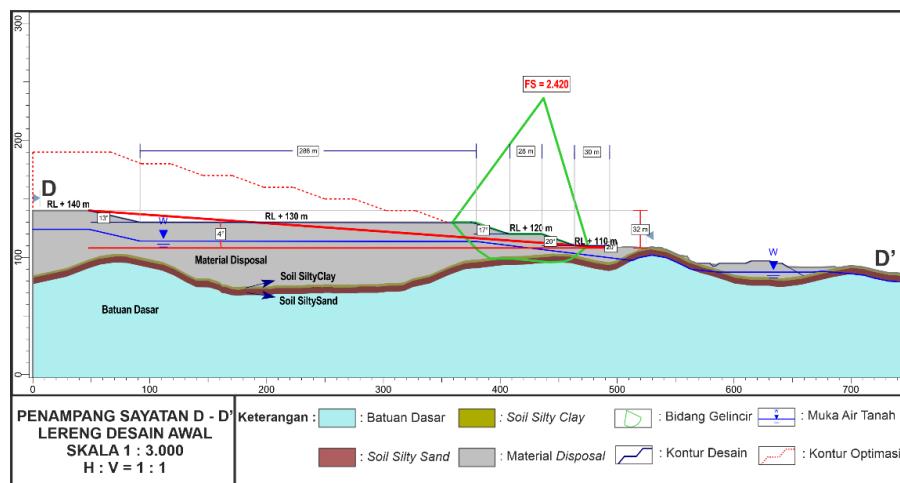
Letak sayatan B – B' berada pada bagian barat area *disposal*. Material yang tersusun pada sayatan ini berupa material *disposal*, *soil silty clay*, *soil silty sand*, dan *bedrock*. Desain awal lereng *disposal* memiliki geometri, berupa tinggi lereng sebesar 60 m yang diukur pada elevasi 70 meter hingga 140 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 10°, dan luas area sebesar 31.547,45 m². Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng *disposal* desain awal pada sayatan C – C', didapatkan nilai Faktor Keamanan sebesar 1.539 dan menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 masih termasuk kategori aman. Tingginya nilai FK pada desain awal menunjukkan bahwa lereng masih memiliki potensi kapasitas yang besar, sehingga dapat dilakukan optimasi geometri guna meningkatkan volume tumpang *disposal* tanpa mengurangi aspek keamanan lereng, seperti yang disajikan dalam **Gambar 9**.



Gambar 9. Analisis Kestabilan Lereng Desain Awal Sayatan C - C'

Penampang D – D'

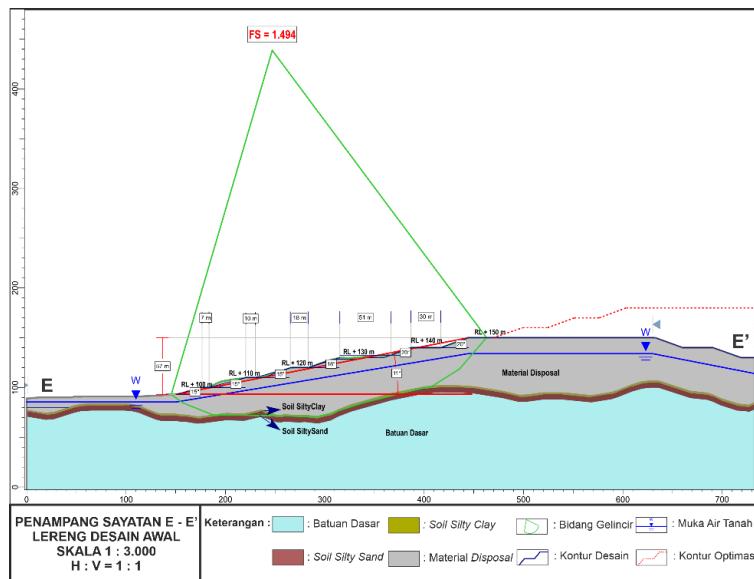
Letak sayatan D – D' berada pada bagian timur area *disposal*. Material yang tersusun pada sayatan ini berupa material *disposal*, *soil silty clay*, *soil silty sand*, dan *bedrock*. Desain awal lereng *disposal* memiliki geometri, berupa tinggi lereng sebesar 32 meter yang diukur pada elevasi 110 meter hingga 140 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 4°, dan luas area sebesar 19.736,56 m². Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng *disposal* desain awal pada sayatan D – D', didapatkan nilai Faktor Keamanan sebesar 2.42 dan menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 masih termasuk kategori aman. Tingginya nilai FK pada desain awal menunjukkan bahwa lereng masih memiliki potensi kapasitas yang besar, sehingga dapat dilakukan optimasi geometri guna meningkatkan volume tumpang *disposal* tanpa mengurangi aspek keamanan lereng, seperti yang disajikan dalam **Gambar 10**.



Gambar 10. Analisis Kestabilan Lereng Desain Awal Sayatan D - D'

Penampang E – E'

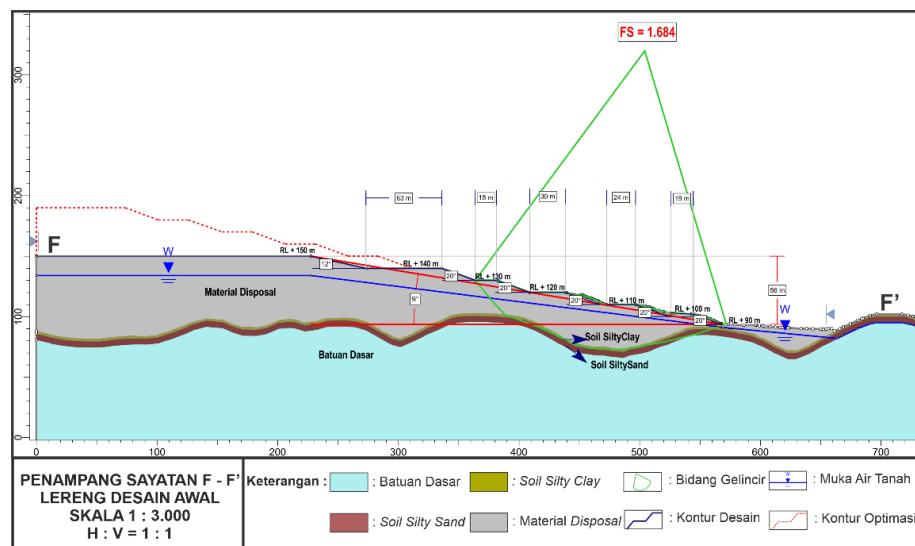
Letak sayatan E – E’ berada pada bagian tengah area *disposal*. Material yang tersusun pada sayatan ini berupa material *disposal*, *soil silty clay*, *soil silty sand*, dan *bedrock*. Desain awal lereng *disposal* memiliki geometri, berupa tinggi lereng sebesar 57 meter yang diukur pada elevasi 150 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 11°, dan luas area sebesar 27.904,92 m². Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng *disposal* desain awal pada sayatan E – E’, didapatkan nilai Fakor Keamanan sebesar 1.494 dan menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 masih termasuk kategori aman. Tingginya nilai FK pada desain awal menunjukkan bahwa lereng masih memiliki potensi kapasitas yang besar, sehingga dapat dilakukan optimasi geometri guna meningkatkan volume tumpang *disposal* tanpa mengurangi aspek keamanan lereng, seperti yang disajikan dalam **Gambar 11**.



Gambar 11. Analisis Kestabilan Lereng Desain Awal Sayatan E - E'

Penampang F – F'

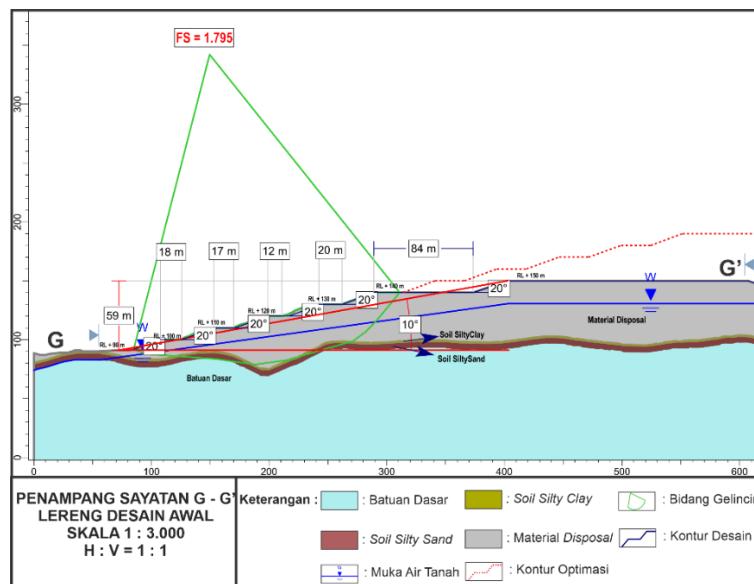
Letak sayatan E – E’ berada pada bagian timur area *disposal*. Material yang tersusun pada sayatan ini berupa material *disposal*, *soil silty clay*, *soil silty sand*, dan *bedrock*. Desain awal lereng *disposal* memiliki geometri, berupa tinggi lereng sebesar 56 meter yang diukur pada elevasi 90 meter hingga 150 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 9°, dan luas area sebesar 26.481,80 m². Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng *disposal* desain awal pada sayatan F – F’, didapatkan nilai Fakor Keamanan sebesar 1.684 dan menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 masih termasuk kategori aman. Tingginya nilai FK pada desain awal menunjukkan bahwa lereng masih memiliki potensi kapasitas yang besar, sehingga dapat dilakukan optimasi geometri guna meningkatkan volume tumpang *disposal* tanpa mengurangi aspek keamanan lereng, seperti yang disajikan dalam **Gambar 12**.



Gambar 12. Analisis Kestabilan Lereng Desain Awal Sayatan F - F'

Penampang G – G'

Letak sayatan G – G' berada pada bagian tengah area *disposal*. Material yang tersusun pada sayatan ini berupa material *disposal*, *soil silty clay*, *soil silty sand*, dan *bedrock*. Desain awal lereng *disposal* memiliki geometri, berupa tinggi lereng sebesar 59 meter yang diukur pada elevasi 90 meter hingga 150 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 10°, dan luas area sebesar 21.107,25 m². Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng *disposal* desain awal pada sayatan G – G', didapatkan nilai Fakor Keamanan sebesar 1.795 dan menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 masih termasuk kategori aman. Tingginya nilai FK pada desain awal menunjukkan bahwa lereng masih memiliki potensi kapasitas yang besar, sehingga dapat dilakukan optimasi geometri guna meningkatkan volume tumpang *disposal* tanpa mengurangi aspek keamanan lereng, seperti yang disajikan dalam **Gambar 13**.

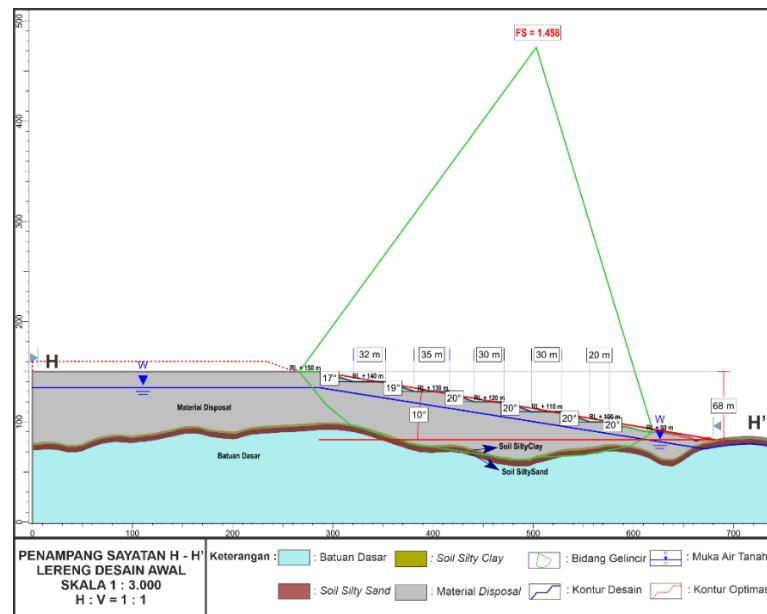


Gambar 13. Analisis Kestabilan Lereng Desain Awal Sayatan G- G'

Penampang H – H'

Letak sayatan H – H' berada pada bagian timur laut area *disposal*. Material yang tersusun pada sayatan ini berupa material *disposal*, *soil silty clay*, *soil silty sand*, dan *bedrock*. Desain awal lereng *disposal* memiliki geometri, berupa tinggi lereng sebesar 68 meter yang diukur pada elevasi 80 meter hingga 150 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 10°, dan luas area sebesar 32.398,89 m². Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng *disposal* desain awal pada sayatan H – H', didapatkan nilai Fakor Keamanan sebesar 1.458 dan menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 masih termasuk kategori aman. Tingginya nilai FK pada desain awal menunjukkan bahwa lereng masih memiliki potensi

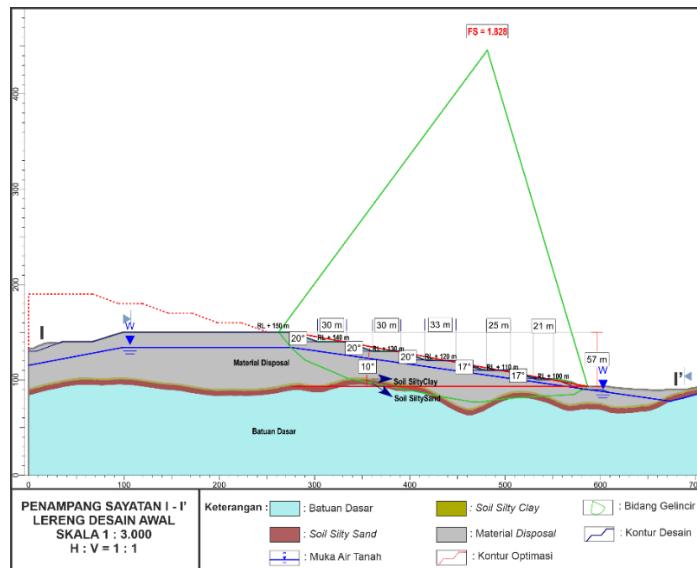
kapasitas yang besar, sehingga dapat dilakukan optimasi geometri guna meningkatkan volume tumpang *disposal* tanpa mengurangi aspek keamanan lereng, seperti yang disajikan dalam **Gambar 14**.



Gambar 14. Analisis Kestabilan Lereng Desain Awal Sayatan H - H'

Penampang I – I'

Letak sayatan I – I' berada pada bagian timur laut area *disposal*. Material yang tersusun pada sayatan ini berupa material *disposal*, *soil silty clay*, *soil silty sand*, dan *bedrock*. Desain awal lereng *disposal* memiliki geometri, berupa tinggi lereng sebesar 57 meter yang diukur pada elevasi 90 meter hingga 147 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 10°, dan luas area sebesar 25.429,03 m². Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng *disposal* desain awal pada sayatan I – I', didapatkan nilai Fakor Keamanan sebesar 1.828 dan menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 masih termasuk kategori aman. Tingginya nilai FK pada desain awal menunjukkan bahwa lereng masih memiliki potensi kapasitas yang besar, sehingga dapat dilakukan optimasi geometri guna meningkatkan volume tumpang *disposal* tanpa mengurangi aspek keamanan lereng, seperti yang disajikan dalam **Gambar 15**.

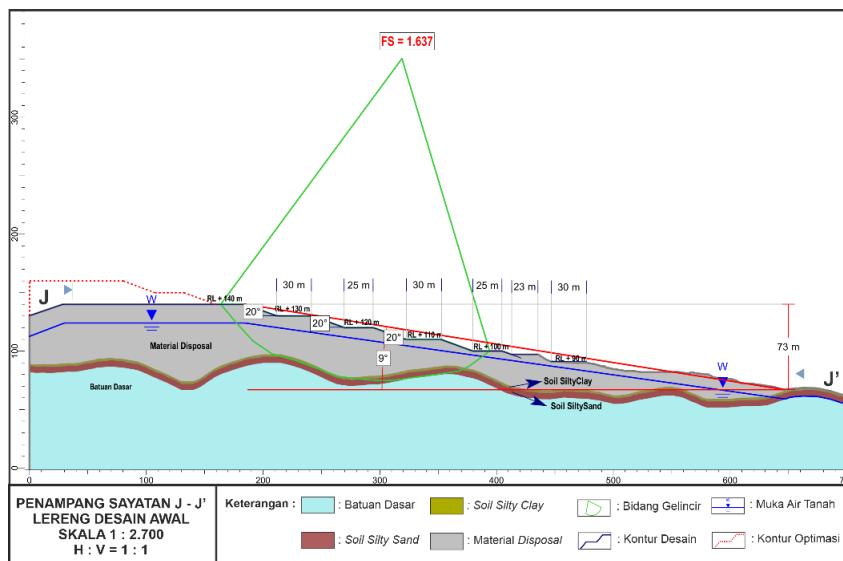


Gambar 15. Analisis Kestabilan Lereng Desain Awal Sayatan I - I'

Penampang J – J'

Letak sayatan J – J' berada pada bagian timur laut area *disposal*. Material yang tersusun pada sayatan ini berupa material *disposal*, *soil silty clay*, *soil silty sand*, dan *bedrock*. Desain awal lereng *disposal* memiliki geometri, berupa tinggi lereng

sebesar 73 meter yang diukur pada elevasi 70 meter hingga 140 meter, sudut lereng keseluruhan sebesar 9° , dan luas area sebesar $21.410,58 \text{ m}^2$. Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng *disposal* desain awal pada sayatan J – J', didapatkan nilai Fakor Keamanan sebesar 1.637 dan menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 masih termasuk kategori aman. Tingginya nilai FK pada desain awal menunjukkan bahwa lereng masih memiliki potensi kapasitas yang besar, sehingga dapat dilakukan optimasi geometri guna meningkatkan volume tumpang *disposal* tanpa mengurangi aspek keamanan lereng, seperti yang disajikan dalam **Gambar 16**.



Gambar 16. Analisis Kestabilan Lereng Desain Awal Sayatan J – J'

Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2**, dapat diketahui bahwa seluruh sayatan lereng telah memenuhi kriteria nilai $\text{FK} > 1.3$ sesuai dengan Standard Keputusan Menteri ESDM RI No. 1827K/30/MEM/2018.

Tabel 2. Ringkasan Geometri Lereng dan Faktor Keamanan Pada Desain Awal

Sayatan	Lereng Keseluruhan Desain Awal		Nilai FK Desain Awal	Elevasi Tertinggi (m)
	Tinggi Lereng (m)	Sudut lereng ($^\circ$)		
A - A'	60	8	2.092	150
B - B'	60	10	1.704	150
C - C'	80	10	1.539	140
D - D'	32	4	2.42	140
E - E'	57	11	1.494	150
F - F'	56	9	1.684	150
G - G'	59	10	1.795	150
H - H'	68	10	1.458	150
I - I'	57	10	1.828	150
J - J'	73	9	1.637	140

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng *disposal* "X", diketahui bahwa elevasi rata-rata berada pada ketinggian 140–150 meter dan memiliki sudut *overall slope* $4\text{--}10^\circ$. Analisis kestabilan lereng menggunakan Metode Kesetimbangan Batas terhadap 10 sayatan lereng *disposal* pada desain awal lereng *disposal*, menunjukkan bahwa pada sayatan A – A' didapatkan nilai FK sebesar 1.923; sayatan B – B' didapatkan nilai FK sebesar 1.669; sayatan C – C' didapatkan nilai FK sebesar 1.539; sayatan D – D' diperoleh nilai FK 2.42; sayatan E – E' diperoleh nilai FK sebesar 1.494; sayatan F – F' didapatkan nilai FK sebesar 1.684; sayatan G – G' diperoleh nilai FK sebesar 1.795; sayatan H – H' diperoleh nilai FK sebesar 1.458; sayatan I – I' diperoleh nilai FK sebesar 1.828; dan sayatan J – J' diperoleh nilai FK 1.637.

Saran

Perlu melakukan *slope monitoring* untuk mengetahui apabila terjadi pergerakan pada lereng disposal, menggunakan alat piezometer monitoring untuk mengetahui tekanan air pori pada lereng disposal, dan mengatur saluran air untuk mencegah terbentuknya jalur air dan memastikan tidak tersumbat untuk mencegah adanya genangan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Fikri, H. N., Sachsenhofer, R. F., Bechtel, A., & Gross, D. (2022). *Coal deposition in the Barito Basin (Southeast Borneo): the Eocene Tanjung formation compared to the Miocene Warukin formation*. International journal of coal geology, 263, 104-117.
- Murthy, V. N. S. (2002). *Geotechnical Engineering: Principles And Practices Of Soil Mechanics And Foundation Engineering*. CRC press.
- Sapiie, B., & Rifiyanto, A. (2017). Tectonics and geological factors controlling cleat development in the Barito Basin, Indonesia. *Journal of Engineering & Technological Sciences*, 49(3), 326–340.
- Witts, D., Hall, R., Nichols, G., & Morley, R. (2012). A new depositional and provenance model for the Tanjung Formation, Barito Basin, SE Kalimantan, Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 56, 77-104.