

ANALISIS KESTABILAN DAM TAILING PT. SUMBER ENERGY JAYA

Elrinawati Lumentah¹⁾,

Fabian J. Manoppo²⁾, Oktovian B. A. Sompie²⁾

¹⁾Kementerian ESDM, Direktorat Teknik dan Lingkungan Mineral Batubara di Provinsi SULUT.

²⁾Prodi Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi Manado
email: Elrinlumentah@gmail.com

ABSTRAK

Pertambangan mineral logam yang berada di Desa Tokin, Karimbow, dan Picuan Lama, Kecamatan Motoling Timur, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara, adalah pertambangan mineral (emas). Dalam pertambangan mineral (emas) pada proses pengolahan bijih menghasilkan tailing yang perlu diolah secara khusus agar tidak merusak lingkungan sekitarnya. Teknik pengolahannya antara dengan membangun dam tailing.

Pembangunan Dam Tailing ini mempunyai resiko tinggi berupa kemungkinan terjadinya kegagalan bendungan yaitu keruntuhan sebagian atau seluruh bendungan yang dapat mengancam keselamatan masyarakat pada kawasan hilir pertambangan. Kegagalan pada dam tailing dapat disebabkan oleh kegagalan struktur antara lain terjadi longsoran, kegagalan hidraulik yang mengakibatkan terjadi peluapan air, kegagalan operasi dan terjadinya rembesan yang dapat mengganggu kestabilan dam tailing tersebut.

Untuk meminimalkan resiko akan kegagalan dam tailing tersebut akibat terjadinya longsoran atau rembesan pada dam tailing PT. Sumber Energy Jaya maka perlu adanya analisis terhadap kestabilan pada Dam Tailing PT. Sumber Energy Jaya.

Kata kunci: *kestabilan, Dam, deformasi, tegangan, longsoran, rembesan*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Aktivitas penambangan emas lokal di Sulawesi Utara diketahui sejak awal tahun 1813 dan terus berlanjut hingga saat ini, intensitasnya tergantung pada harga emas dan kondisi ekonomi. Peta Inggris tentang Sulawesi yang diterbitkan pada tahun 1885 menunjukkan sebuah tambang emas di wilayah Ratatotok, bernama Mt. Tottik. Penambangan di sana dilakukan oleh penduduk setempat dari provinsi tetangga Bolaang Mongondow menyediakan emas untuk pemimpin mereka (Van Leeuwen and Pieters, 2011).

Kabupaten Minahasa Selatan adalah salah satu Kabupaten yang berada pada posisi tengah jazirah Propinsi Sulawesi Utara. Kabupaten Minahasa Selatan merupakan Kabupaten pemekaran dari Kabupaten Minahasa pada tahun 2003. Salah satu sumber daya alam berupa deposit benda tambang dan endapan atau sedimentasi yang ada di daerah ini adalah pertambangan emas. Lokasi pertambangan emas terdapat di Ranoyapo, Picuan Lama, Tokin, Karimbow.

Pertambangan emas PT Sumber Energy Jaya, merupakan salah satu penyumbang pendapatan daerah kabupaten Minahasa Selatan sehingga terjadi pertumbuhan ekonomi (*economy growth*) (Mangilaleng dkk, 2015).

Sebagai usaha eksploitasi, dengan konstruksi dam menampung sisa pengolahan emas sehingga pengawasan terhadap konstruksi dan kestabilan secara geoteknikal selalu dilakukan.

Secara umum kegiatan pertambangan berdampak pada lingkungan, erosi lereng terbuka, tempat pembuangan sampah, bendungan tailing dan aliran drainase, sungai yang dihasilkan dapat mempengaruhi daerah sekitarnya. Selain menciptakan kerusakan lingkungan, kontaminasi akibat kebocoran bahan kimia juga mempengaruhi kesehatan penduduk setempat.

Dalam hal ini PT. Sumber Energy Jaya diwajibkan untuk mengikuti peraturan lingkungan dan rehabilitasi, dengan memastikan daerah yang ditambang dikembalikan mendekati keadaan semula. Sehingga limbah tambang (tailing) bisa ditampung dalam suatu dam atau bangunan

yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton dan atau pasangan batu yang dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang tersebut. Desain, konstruksi, serta manajemen penyimpanan tailing sangat penting dalam menjaga keamanan dam sehingga terhindar dari keruntuhan (*failure*).

Peningkatan massa material yang tertampung dalam dam serta terjadinya peningkatan ketinggian permukaan tailing memerlukan pengawasan berupa pengujian secara geoteknikal

Pembangunan Dam Tailing ini mempunyai resiko tinggi berupa kemungkinan terjadinya kegagalan (*failure*) bendungan yaitu keruntuhan sebagian atau seluruh bendungan yang dapat mengancam keselamatan masyarakat pada kawasan hilir pertambangan. Kegagalan pada dam tailing dapat disebabkan oleh kegagalan struktur antara lain terjadi longsor, kegagalan hidraulik yang mengakibatkan terjadi peluapan air, kegagalan operasi dan terjadinya rembesan yang dapat mengganggu kestabilan dam tailing tersebut.

Perumusan Masalah

Untuk meminimalkan resiko akan kegagalan dam tailing tersebut akibat terjadinya longsor atau rembesan pada dam tailing PT. Sumber Energy Jaya maka perlu adanya analisis terhadap kestabilan pada Dam Tailing PT. Sumber Energy Jaya.

Pembatasan Masalah

1. Tinjauan penelitian ini hanya dilakukan pada Dam Tailing PT. Sumber Energy Jaya.
2. Analisis menggunakan metode finith elemen dengan menggunakan program PLAXIS.
3. Stabilitas Dam Tailing yang dimaksud adalah masih amannya Dam Tailing terhadap deformasi dan tegangan.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kestabilan dam tailing PT. SEJ menggunakan program PLAXIS.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan alternatif pembandingan terkait analisa kestabilan pada Dam Tailing PT. Sumber Energy Jaya.

KAJIAN PUSTAKA

Tailing

Tailing adalah bahan yang tersisa setelah proses pemisahan pecahan yang berharga dari fraksi tidak ekonomis (*gangue*) bijih. Tailing berbeda dengan lapisan penutup yang merupakan batuan sisa atau bahan lain yang mengungguli badan bijih atau mineral dan tergusur saat pertambangan tanpa diproses. Jumlah tailing bisa besar, berkisar 90 – 98 % untuk beberapa bijih tembaga hingga 20 – 50 % mineral lainnya (kurang berharga).

Tailing adalah ekstraksi mineral dari biji dapat dilakukan dengan 2 cara, yang pertama adalah pertambangan *placer*, yang menggunakan air dan gravitasi untuk memusatkan mineral berharga atau penambangan batu keras, yang menghancurkan batuan yang mengandung bijih dan kemudian bergantung pada reaksi kimia untuk memusatkan perhatian pada yang dicari bahan, pada akhirnya, ekstraksi mineral dari bijih memerlukan kominusi, yaitu menggiling bijih menjadi partikel halus untuk memudahkan ekstraksi elemen target.

Karena kominusi ini, tailing terdiri dari partikel halus, mulai dari seukuran pasir sampai beberapa mikrometer. Kedua adalah Tailing biasanya di produksi dari penggilingan dalam bentuk bubuk, yang merupakan campuran mineral halus, partikel dan air.

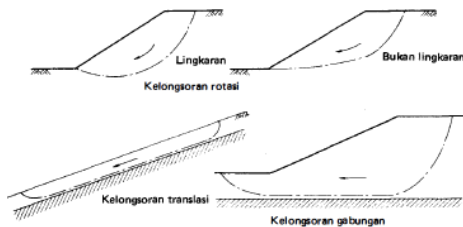
Bendungan

Menurut Tancev (2005) konstruksi bendungan atau juga dam adalah bangunan yang berfungsi untuk menahan laju air sehingga menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Beberapa manfaat bendungan seperti mengalirkan air ke Pembangkit Listrik Tenaga Air, pertambangan. Beberapa bendungan juga memiliki bagian yang berfungsi sebagai pintu air untuk mengalirkan air yang tidak diinginkan secara bertahap atau berkelanjutan.

Stabilitas Lereng

Perencanaan suatu konstruksi dam seperti kondisi tanah, bahan material, lingkungan sekitar, stabilitas lereng tanah diperlukan untuk keberhasilan konstruksi (Pangemanan dkk 2014; Putra dkk, 2016). Menggunakan referensi seperti peta gempa dipakai sebagai perencanaan terhadap kestabilan konstruksi sehingga terhindar dari kegagalan seperti kebocoran, rembesan, erosi dan retakan.

Gaya-gaya gravitasi dan rembesan (seep age) cenderung menyebabkan ketidakstabilan (instability) pada lereng alami (natural slope), pada lereng yang dibentuk dengan cara penggalian, dan pada lereng tanggul serta bendungan tanah (earth dams). Dalam kelongsoran rotasi (rotational slip) bentuk permukaan runtuh pada potongannya dapat berupa busur lingkaran (circular arc) atau kurva bukan lingkaran. Tipe-tipe kelongsoran lereng dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tipe-Tipe Kelongsoran Lereng

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kemantapan Lereng

Kemantapan lereng selalu dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: geometri lereng, sifat fisik dan mekanik batuan, struktur geologi, kondisi air tanah, kedudukan lereng terhadap bidang perlapisan batuan, serta gaya-gaya dari luar yang bekerja pada lereng.

Perhitungan Kemantapan Lereng dengan Metode Irisan / Fellenius

Kestabilan suatu lereng tergantung pada gaya-gaya penggerak dan gaya penahan yang ada pada lereng tersebut. Gaya-gaya penggerak berupa gaya berat, gaya tiris atau muatan, sedangkan gaya-gaya penahan berupa gaya gesekan atau geseran, kohesi dan kuat geser. Apabila gaya penggerak lebih besar dibandingkan dengan gaya penahan maka akan menyebabkan terjadinya kelongsoran. Tetapi bila gaya penahan ini lebih besar dari gaya penggerak, maka lereng tersebut tidak akan mengalami kelongsoran atau lereng dalam keadaan stabil. Kestabilan lereng biasa dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan (Fs) yang diperkenalkan Fellenius, sebagai berikut:

$$F_s = \text{Gaya penahan} / \text{Gaya penggerak}$$

Dimana: F_s = Faktor keamanan

Menurut Bowles (1984), apabila dalam suatu lereng diperoleh:

$F_s > 1,25$: berarti lereng dalam keadaan stabil.

$F_s < 1,07$: berarti lereng dalam keadaan tidak stabil dan rawan terjadi longsor.

$F_s < 1,25$: berarti lereng dalam keadaan kritis.

Dasar Teori Perhitungan Stabilitas Bendungan Tanah

Hal yang perlu dilakukan untuk mengetahui stabilitas lereng bendungan tanah adalah dengan menghitung tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan retak yang paling mungkin. Proses ini dinamakan analisis stabilitas lereng (*slope stability analysis*).

Metode untuk menghitung stabilitas lereng telah banyak diperkenalkan oleh para ahli, yaitu dengan metode keseimbangan batas (*Limit Equilibrium*), antara lain *Method of Slice* (Fellenius, 1927, 1936), *Bishop's Simplified Method* (Bishop, 1955), *Janbu's Simplified Method* (Janbu, 1954, 1957, 1973), *Morgenstern-price Method* (Morgenstern dan Price, 1965), dan beberapa metode lainnya. Selain analisis menggunakan metode keseimbangan batas, analisis dapat dilakukan menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method*) yang berdasarkan analisis matrik. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Turner dkk (1956) untuk menyelesaikan analisis tegangan.

Pada penelitian ini, perhitungan stabilitas lereng dibatasi dengan menggunakan metode *Finite Element* lewat alat bantu program PLAXIS. PLAXIS adalah perkembangan dari software elemen hingga sebelumnya dan sudah tersedia fasilitas *auto mesh* yang secara otomatis membuat diskritisasi model, sehingga mudah untuk digunakan dalam membuat modeling tanah.

METODOLOGI PENELITIAN

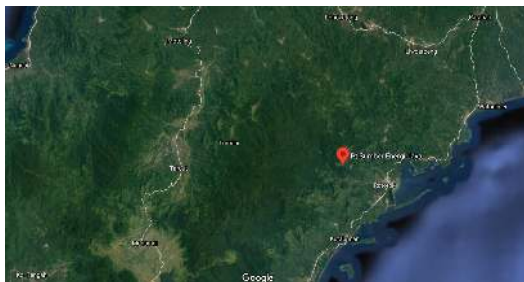
Uraian Umum

Permasalahan dalam penelitian ini diselesaikan dengan metode deskriptif-analisis. Deskriptif mempunyai tujuan untuk memaparkan potensi permasalahan DAM / Bendungan bisa terjadi. Sedangkan analisis berarti menggunakan fakta atau informasi yang telah tersedia kemudian informasi tersebut dianalisis untuk membuat sebuah evaluasi yang kritis sebagai perbandingan terhadap hasil yang telah dilakukan dengan menggunakan program PLAXIS serta memberi solusi alternatif menyangkut metode perbaikan/perkuatan pada Dam Tailing. Data yang digunakan dalam study

literatur ini adalah data sekunder dari PT. Sumber Energi Jaya.

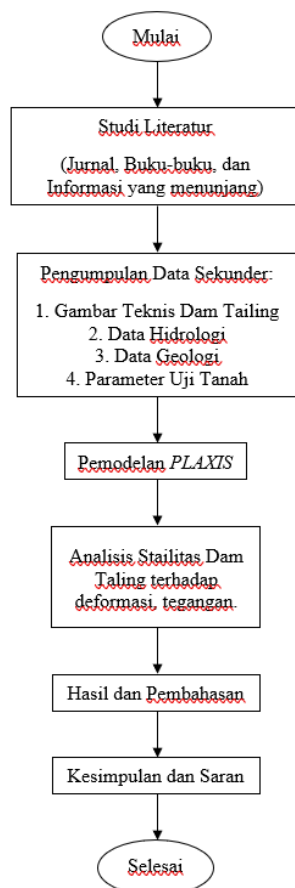
Tempat Penelitian

Lokasi penelitian di Dam Tailing PT. Sumber Energi Jaya terletak di Desa Karimbow Kecamatan Motoling Kabupaten Minahasa Selatan, Propinsi Sulawesi Utara.



Gambar 2. Lokasi Dam Tailing
Sumber: Google Map

Bagan Alir



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

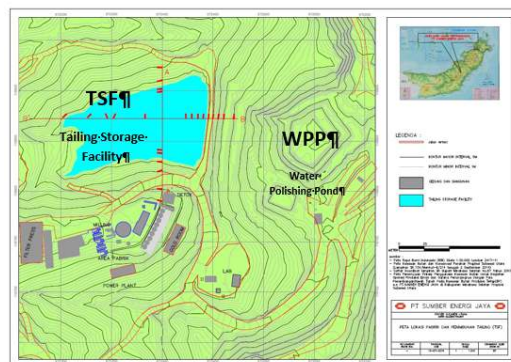
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Teknis Dam Tailing PT SEJ

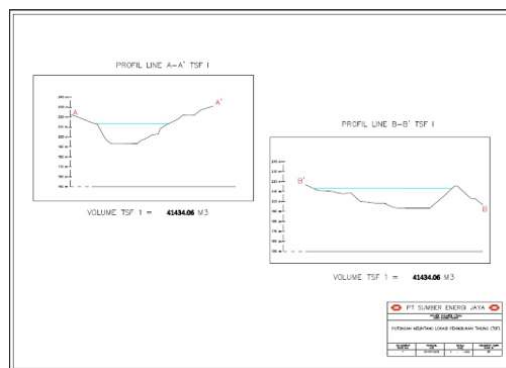
Lokasi TSF dipilih pada area morfologi yang sebagian cekungan atau lembah seluas 1,25 Ha dengan memanfaatkan sebagian timbunan batuan penutup yang ada sebagai tanggul untuk konstruksi TSF.

Pengelolaan air pelimpah akan dibuat di sekitar TSF yang tepatnya berada di sebelah barat atau bagian atas TSF agar limpahan air hujan tidak masuk ke dalam TSF.

Setelah penutupan tambang sebagian pada dinding bukaan TSF akan ditutup dengan batuan penutup dan tanah pucuk untuk selanjutnya dilakukan revegetasi. Pada akhir penambangan akan terbentuk lahan basah (*wet land*) pada TSF.



Gambar 4. Peta Lokasi Pabrik dan Timbunan Tailing (TSF)



Gambar 5.. Potongan Melintang TSF

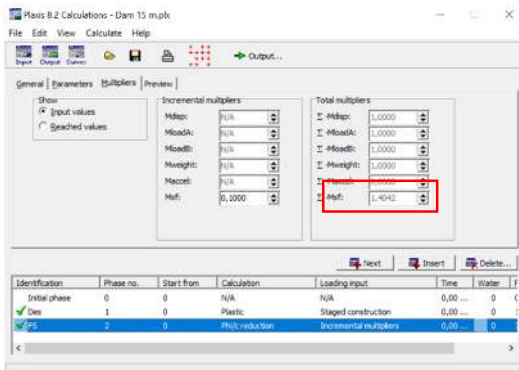
Data Penyelidikan Tanah di Lokasi PT SEJ

Tabel 1. Data Parameter Tanah

Mohr-Coulomb		Rock	Rock	Ground	
Type		Drained	Drained	Drained	
Berat jenis tanah tak jenuh	γ_{unsat}	24,7	23,5	25,5	[kN/m ³]
Berat jenis tanah jenuh	γ_{sat}	25,3	23,8	25,9	[kN/m ³]
Permeabilitas horisontal	k_x	0,33	0	0	[m/Day]
Permeabilitas vertikal	k_y	0,62	0	0	[m/Day]
Modulus Young konstan	E_{ref}	3500	38200	99300	[kN/m ²]
Angka Poison	ν	0,32	0,21	0,23	-
Kohesi konstan	c_{ref}	80	80	67	[kN/m ²]
Sudut geser dalam	ϕ	40	31,83	40,3	°
Sudut dilatasi	ψ	0	0	0	°

Dam tailing 15m

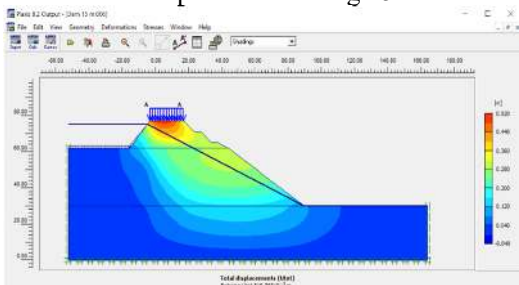
Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk FS pada dam tailing 15m dapat dilihat pada Gambar 6. berikut



Gambar 6. Angka Faktor Keamanan pada dam tailing 15 m

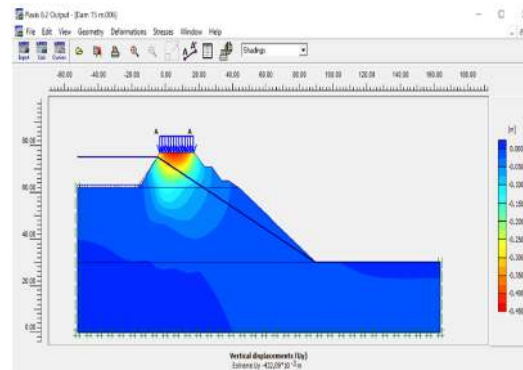
SF ketinggian Dam 15 m = 1,4042 > 1 maka **AMAN**

Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk deformasi total pada dam tailing 15m

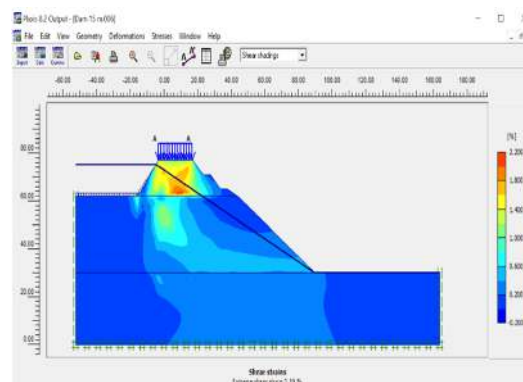


Gambar 7. Deformasi Total pada dam tailing 15 m

Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk deformasi arah vertikal pada dam tailing 15m



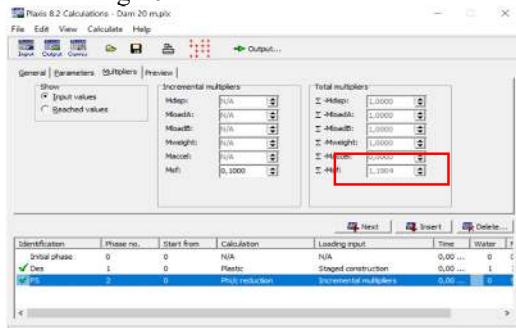
Gambar 8. Deformasi arah vertikal pada dam tailing 15 m



Gambar 9. Tegangan geser yang terjadi pada dam tailing 15 m

Dam tailing 20m

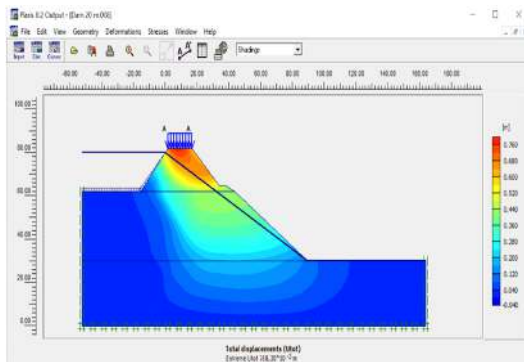
Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk FS pada dam tailing 20 m



Gambar 10. Angka Faktor Keamanan pada dam tailing 20 m

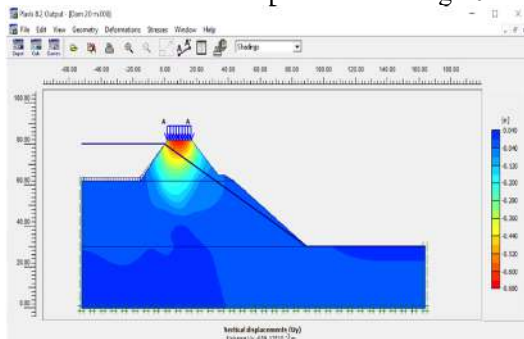
SF ketinggian Dam 20 m = 1,1904 > 1 AMAN

Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk deformasi total pada dam tailing 20 m



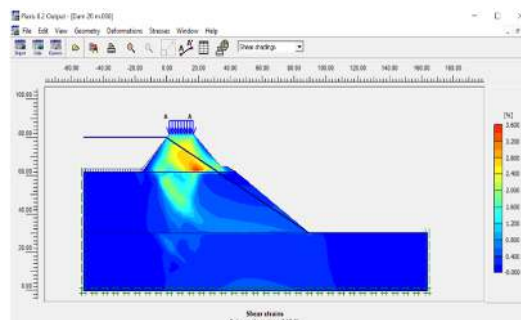
Gambar 11. Deformasi Total pada dam tailing 20 m

Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk deformasi arah vertikal pada dam tailing 20 m



Gambar 12. Deformasi arah vertikal pada dam tailing 20 m

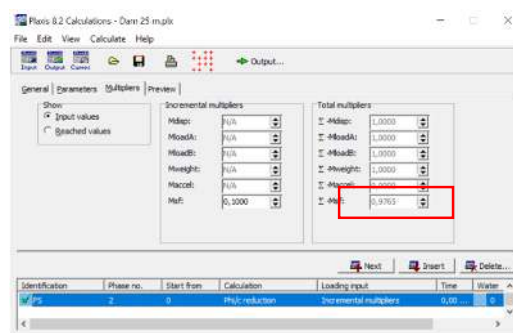
Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk tegangan geser pada dam tailing 20 m



Gambar 13. Tegangan geser yang terjadi pada dam tailing 20 m

Dam tailing 25m

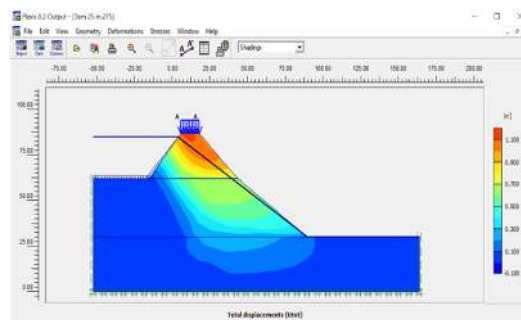
Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk FS pada dam tailing 25 m



Gambar 14. Angka Faktor Keamanan pada dam tailing 25 m

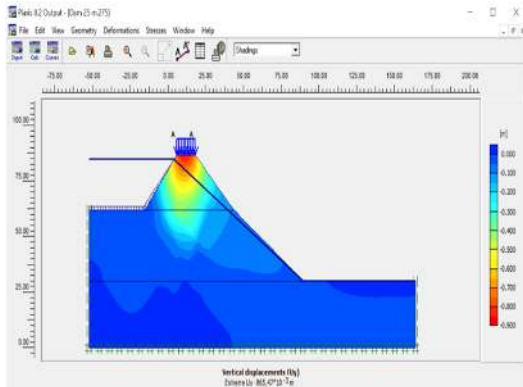
SF ketinggian Dam 25 m = 0,9765 < 1 TIDAK AMAN

Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk deformasi total pada dam tailing 25 m



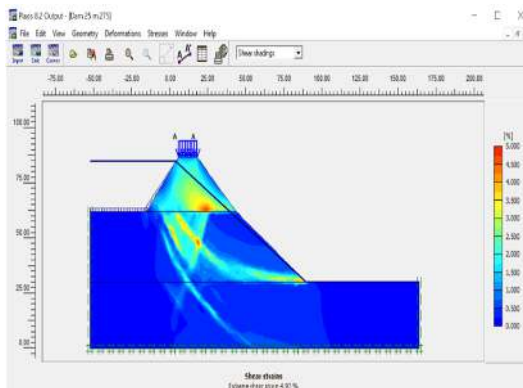
Gambar 15. Deformasi Total pada dam tailing 25 m

Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk deformasi arah vertikal pada dam tailing 25 m



Gambar 16. Deformasi arah vertikal pada dam tailing 25 m

Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk tegangan geser pada dam tailing 25 m

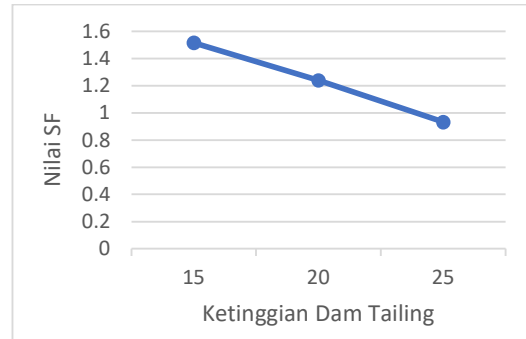


Gambar 17. Tegangan geser yang terjadi pada dam tailing 25 m

Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk FS

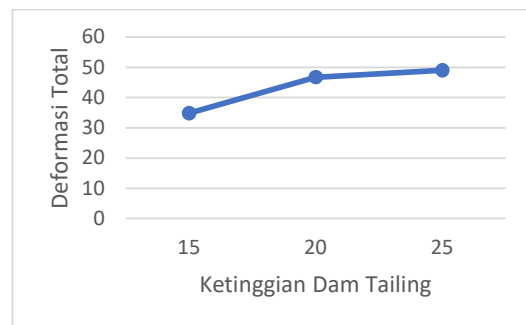
Tabel 2. Nilai SF pada Ketinggian Tailing Dam

Ketinggian Tailing Dam	Nilai SF	>1 AMAN
15 m	1,516	AMAN
20 m	1,239	AMAN
25 m	0,933	TIDAK AMAN



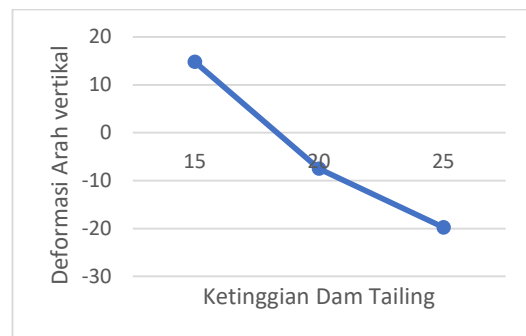
Gambar 18. Grafik Hubungan Nilai SF dan Ketinggian Dam

Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk deformasi total



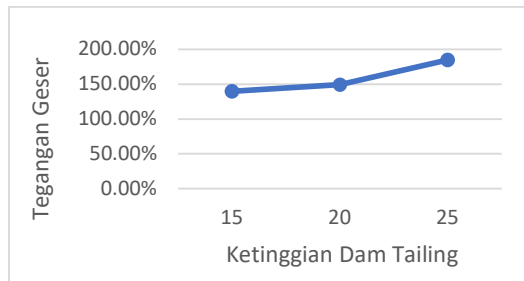
Gambar 19.. Grafik Hubungan Deformasi Total dan Ketinggian Dam

Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk deformasi arah vertikal



Gambar 20. Grafik Hubungan Deformasi Arah Vertikal dan Ketinggian Dam

Hasil kalkulasi program *PLAXIS* untuk tegangan geser



Gambar 21. Grafik Hubungan Tegangan Geser dan Ketinggian Dam

Kapasitas Tampung Dam Tailing

Dari Data yang ada Volume tampung TSF 41.434.06 M³. Dengan luas 1.25 Ha, dan tinggi Dam 15 M. Sehingga produksi pertahun 99.000 Ton /Tahun atau setiap hari ada 150.55 m³. Dengan demikian pada 275 Hari Kerja posisi dam penuh sehingga perusahaan berkewajiban melakukan pengerukan.

Jika Tinggi Dam 20m, dengan luas yang sama maka volume tampung 103.934 M³ sehingga pada 383 H kerja posisi dam tailing penuh. Begitu juga dengan tinggi Dam 25 M ,kapasitas tampung 177.684 M³ dan pada hari kerja ke 655 tailing tersebut akan dikeruk dan di back fill dimana bekas galian atau di manfaatkan sebagai bahan konstruksi.

Tabel 3. Kapasitas Tampung Tailing Dam

Ketinggian Tailing Dam	Kapasitas Tampung (m ³)
15 m	41.434,06
20 m	103.934
25 m	177.624

PENUTUP

Kesimpulan

Dari Hasil Perhitungan Plaxis untuk SF pada existing 15 m dan 20 m SFnya melebihi 1, jadi aman. untuk existing 25 m SFnya lebih kecil dari 1, jadi tidak aman. berdasarkan data ini bahwa tailing dam hanya bisa menampung pada existing 20 m.

Jika existing 25m SFnya lebih kecil dari 1, bisa diperkuat dengan bahan konstruksi lainnya seperti penggunaan geotekstil dan sebagainya.

Saran

1. Ketika tailing telah penuh harus segera dilakukan pengerukan.
2. Memanfaatkan material tailing untuk bahan konstruksi dan juga mengurangi beban Dam Tailing.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. dan Hainim, J. K. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Edisi Kedua. Erlangga, Jakarta.
- Hardiyanto C. Hary. 1994. *Mekanika Tanah 2*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Pangemanan V. G. Margaretha, A. E. Turangan, O. B. A. Sompie. 2014. *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)*. Jurnal Sipil Statik Vol 2 No 1 ISSN: 2337-6732.
- PT Sumber Energi Jaya. 2018. Adendum Studi Kelayakan PT Sumber Energi Jaya Site Ranoyapo. Manado.
- Van Leeuwen T.M. dan Pieters P.E., 2011, *Proceeding of The Sulawesi. Mineral Resources*, Seminar MGEI-IAGI, Manado, North. Sulawesi, Indonesia.
- Mangilaleng, E. J., Debby Rotinsulu, Wensy Rompas., 2015. Analisis Sektor Unggulan Kabupaten Minahasa Selatan, *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, Vol 15, No 4 (2015)