



ANALISA GEOTEKNIK PADA OPTIMALISASI DESAIN DALAM MENCEGAH POTENSI KETIDAKTERCAPAIAN TARGET BATUBARA

Deaz Dewantara^a

^aPT. Pamapersada Nusantara, Jl. Rawagelam I No. 9 Kawasan Industri Pulogadung, Jakarta Timur 13930

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:
Diterbitkan : 24 April 2025

Kata kunci:
Kata kunci longsor
Kata kunci sekat
Kata kunci metode
gle/morgenstren-price
Kata kunci optimasi desain
Kata kunci ambang batas

ABSTRAK

Batubara merupakan salah satu sumber daya yang sangat di perlukan untuk menunjang perindustrian. Perusahaan PT. Pamapersada Nusantara merupakan salah satu kontraktor penambangan yang di berikan tanggung jawab untuk melakukan penambangan dengan target yang telah di sepakati dengan Pemilik Tambang. Ketercapaian target sering terganggu oleh banyak faktor salah satunya adalah kejadian longsor pada tambang. Penelitian ini dilakukan untuk mencegah potensi ketidaktercapaian batubara dari target 3,986,702ton menjadi sebesar 3,286,702ton defisit sebesar 700,000ton akibat adanya longsor pada sidewall timur pit mengakibatkan penambahan volume lumpur dengan total 1.260.000 bcm. Untuk menanggulangi hal tersebut maka dilakukan suatu perencanaan Optimasi Desain pada area dasar pit bagian barat dengan membentuk Sekat untuk menahan lumpur yang mengalir dari longsor sidewall timur pada rencana optimasi desain. Penelitian ini berguna untuk memastikan desain Sekat yang di bentuk stabil. Analisis stabilitas Sekat dilakukan menggunakan data uji laboratorium geoteknik dan uji sondir yang di lakukan pada lokasi setelah sekat dibentuk untuk memastikan nilai keamanannya. Hasil analisis didapatkan pada rencana desain Sekat berdasarkan metode gle/morgenstren-price dengan angka keamanan 1.654 untuk kondisi muka air tidak jenuh. Sedangkan untuk kondisi muka air tanah jenuh didapatkan nilai keamanan 1.336. Kategori kestabilan PT. Pamapersada Nusantara menggunakan nilai ambang batas keamanan sesuai dengan ketentuan pemilik tambang yaitu untuk material timbunan nilai keamanan diatas 1.5 (Stabil), 1.38-1.49 (Riskan), 1.3-1.37 (Kritis) dan kurang dari 1.3 (Tidak Aman). Kemudian validasi dari hasil uji sondir Sekat setelah terbentuk memiliki nilai keamanan 6.454 (Stabil). Berdasarkan hasil Analisa tersebut maka desain dapat dikerjakan dengan aman sehingga ketercapaian batubara mencapai 3,837,102ton dan hanya mengalami defisit sebesar 149,600ton.

1. Pendahuluan

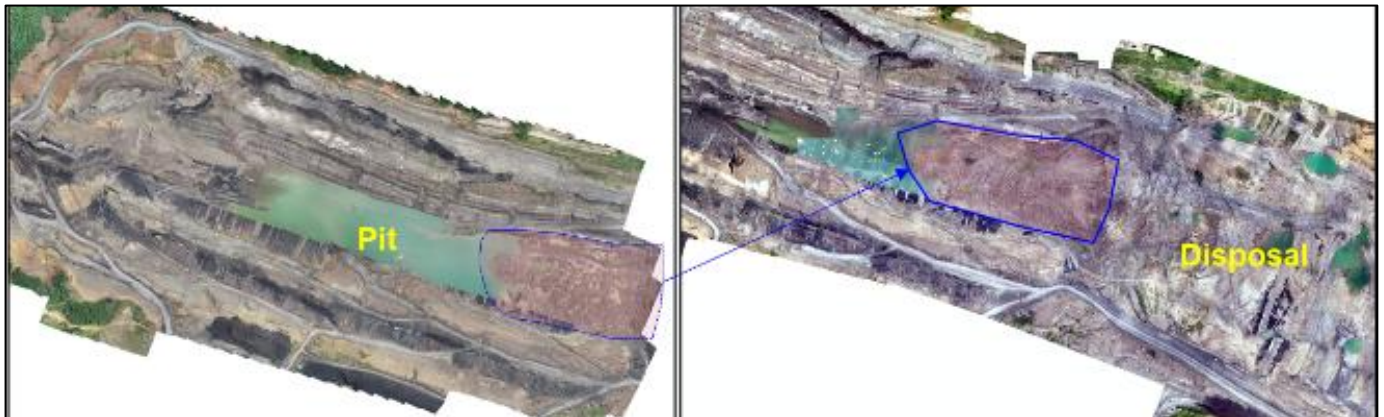
Dalam industri pertambangan batubara sebuah perusahaan kontraktor penambangan pada awal perencanaan telah berikan target batubara yang harus dicapai oleh pemilik tambang. Target tersebut terakomodir dengan perencanaan yang baik dalam sebuah desain tambang. Dalam prosesnya penambangan terdapat kendala yang membuat target tidak dapat tercapai salah satunya yaitu kejadian longsor.

PT. Pamapersada Nusantara di berikan target batubara sebesar 3,986,702-ton, namun telah terjadi longsor pada sidewall timur pit dan mengakibatkan potensi ketidaktercapaian target batubara yaitu sebesar 3,286,702-ton defisit sebesar 700,000-ton dari perencanaan desain awal. Longsor yang terjadi mengakibatkan terjadinya penambahan volume lumpur dengan total 1.260.000 bcm.

Untuk menghindari terjadinya kerugian akibat batubara yang tertutupi lumpur maka diperlukan suatu perencanaan optimasi

desain untuk mendapatkan batubara. Perencanaan optimasi desain dilakukan dengan membentuk Sekat sehingga dapat membendung volume lumpur yang terus masuk dari sisi longsor pada sidewall timur sehingga dapat melakukan optimasi desain penambangan pada bagian bottom pit bagian barat Sekat.

Analisa kestabilan lereng mempunyai peran yang penting dalam melakukan optimasi desain untuk menghindari kejadian longsor yang dapat membahayakan nyawa para pekerja tambang. Desain Sekat harus dianalisa agar dapat diketahui kondisi nilai keamanan pada rencana desain Sekat. Setelah Sekat terbentuk juga harus tetap dilakukan Analisa geoteknik menggunakan data properties terbaru untuk memastikan nilai keamanan lebih dari nilai ambang batas yang di sepakati sehingga dapat dinyatakan Stabil.



Gambar 1 Longsor Sidewall Timur

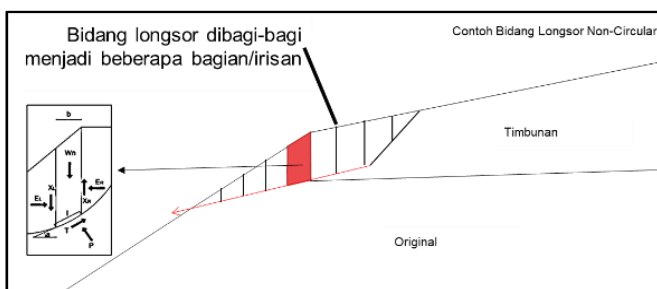
2. Metodologi

2.1 Slope Stability Analysis

Analisa stabilitas menggunakan metode Limit Equilibrium Method (Keseimbangan Batas) salah satu metode yang paling umum digunakan untuk menganalisa permasalahan kestabilan. Metode ini di kembangkan oleh Fredlund pada tahun 1970 yang di kenal dengan konsep The General Limit Equilibrium (GLE) dalam metode untuk melakukan perhitungan kesetimbangan batas.

Dalam perhitungan GLE pada tahun 1965 Morgenstern and Price mengusulkan metode kesetimbangan antara momen dan gaya untuk dapat menangani permasalahan gaya geser antar perlapisan. Untuk besaran faktor keamanan lereng menggunakan metoda sayatan, maka hanya longsoror dengan bidang gelincir yang dapat dialkukan perhitungan

Metoda analisis ini dilakukan dengan mengasumsikan suatu bidang kelongsoran yang mungkin dapat terjadi. Bidang kelongsoran ini terbagi menjadi dua asumsi bidang kelongsoran yaitu: bidang kelongsoran berbentuk circular (busur) dan bidang kelongsoran yang berbentuk non-circular (planar).



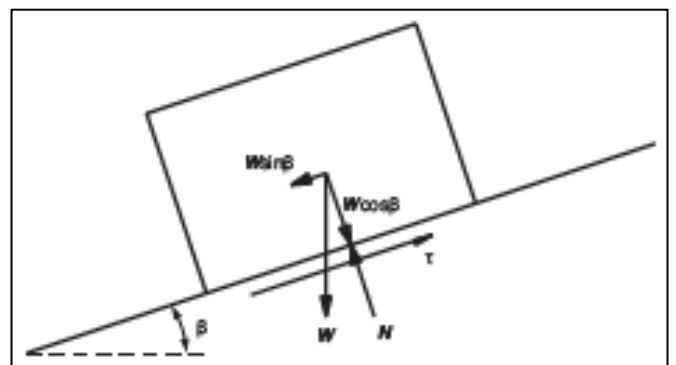
Gambar 2 Contoh Bidang Irisan Non-Circular dan Gaya yang bekerja pada irisan

Perhitungan dilakukan dengan membagi tanah yang berada dalam bidang longsor kedalam irisan-irisan kecil sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 2, maka metoda ini dikenal juga dengan sebutan metoda irisan (method of slice).

Terdapat gaya normal yang berkerja pada titik di area lingkaran bidang longsor yang di pengaruhi oleh berat tanah pada area titik tersebut. Area yang berada di dalam irisan tersebut merupakan massa tanah yang diasumsikan dapat mengalm

longsor. Irisan tersebut dibagi menjadi beberapa irisan vertikal. Kemudian, keseimbangan dari tiap – tiap irisan diperhitungkan. Gambar 2 memperlihatkan satu irisan dengan gaya gaya yang bekerja padanya. Gaya – gaya ini terdiri dari gaya geser (X_R dan X_I) dan gaya normal efektif (E_r dan E_L) di sepanjang sisi irisannya, termasuk resultan gaya geser efektif (T_i) serta resultan gaya normal efektif (N_i) yang bekerja di sepanjang dasar area irisan-irisan tersebut. Tekanan air pori U_I dan U_r bekerja di kedua sisi irisan, dan tekanan air pori U_I bekerja pada dasarnya. Dianggap tekanan air pori sudah diketahui sebelumnya.

lebih dari dua orang dapat ditulis dengan (Serbezov dkk., 1997). Sumber pustaka di dalam uraian dari beberapa suber dapat ditulis (Berbner dan Loffler, 1994; Riley, 1987; Skelland, 1974;). Penulisan kutipan di dalam artikel cukup tahun saja yang diletakkan di dalam tanda kurung setelah penyebutan nama penulis. Shinnar (1987) mendefinisikan sistem ini.



Gambar 3 Balok pada bidang miring pada kesetimbangan terbatas

Model paling sederhana yang diterapkan pada keruntuhan tipe planar adalah model balok yang bertumpu pada bidang miring pada kesetimbangan batas.

Persamaan berikut menggambarkan gaya yang bekerja pada tipe Block:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{W \cos \beta}{A}$$

$$\tau = c + \frac{W \cos \beta}{A} \tan \phi$$

Shear force = τA = gaya menahan = $cA + W \cos \beta \tan \phi$
 Gaya mendorong = $W \sin \beta$

where

τ = shear stress along the failure plane

c = cohesion along the failure plane

σ = normal stress on the failure plane

ϕ = angle of internal friction for the failure plane

N = magnitude of the normal force across the plane

A = area of the base of the plane

W = weight of the failure mass

β = dip angle of the failure plane

Faktor keamanan dapat di jelaskan dengan membagi besaran antara gaya yang menahan dan gaya yang mengerakkan untuk nilai keamanan, FS:

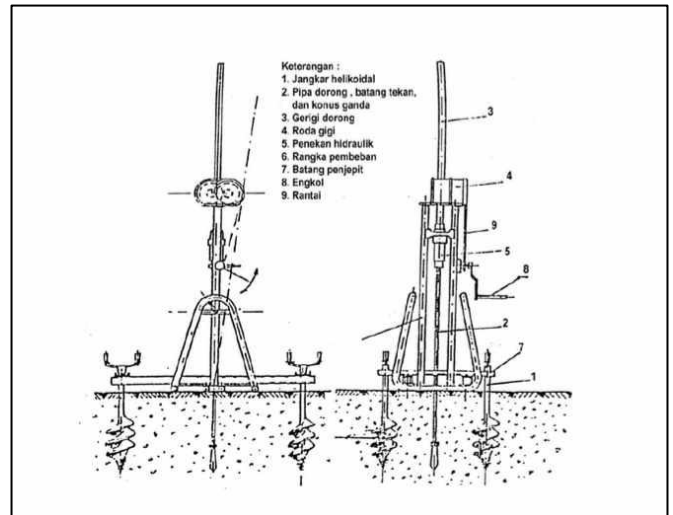
$$FS = \frac{\text{resisting force}}{\text{driving force}} = \frac{cA + W \cos \beta \tan \phi}{W \sin \beta}$$

2.2 Analisis Hasil Tes Sondir

Metode untuk mendapatkan *properties* geoteknik pada tanah salah satunya yaitu dengan melakukan *Cone Penetration Test* (CPT) atau yang biasa disebut Sondir. Kegunaan melakukan pengujian Sondir adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui daya dukung tanah setiap lapisan dan kedalaman tanah keras (*Estimate of Hard Soil*).
2. Untuk mendapatkan daya dukung tanah melalui perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya transversal dengan satuan luas dan hambatan yang lekat atau perlawanan geser terhadap selubung area bikonus di dalam gaya dengan persatuan panjang.

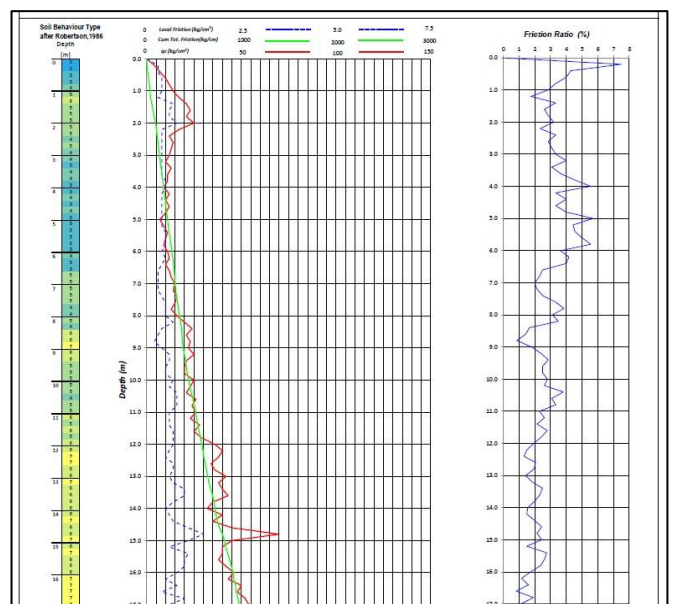
Pelaksanaan Sondir dilakukan sesuai dengan Standard *ASTM D 3411 T 75*, Sondir ini juga telah diatur dalam *SNI 2827:2008* mengenai “Cara Uji Penetrasi Lapangan menggunakan Alat Sondir”. Pada prinsipnya, pekerjaan sondir dilakukan untuk mengetahui perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya geser persatuan luas. Sedangkan untuk gaya lekat tersebut merupakan gaya geser dari selubung bikonik dengan per satuan panjang. Alat yang digunakan untuk mengukur daya dukung tanah melalui sondir ini adalah penetrometer (Dutch Cone Penetration Test).



Gambar 4 Rangkaian alat penetrasi konus (Sondir Belanda) (Source: SNI 2827:2008)

Dari penyelidikan uji sondir akan diperoleh perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (R_f), dan geseran total tanah (T_f), data tersebut akan digunakan dalam menginterpretasikan suatu perlawanan yang ada didalam tanah. Pembacaan manometer dilakukan setiap interval 2m, di mana nilai perlawanan konus telah mencapai 250 kg/cm^2 atau telah mencapai jumlah hambatan lekat 2,5-ton (kapasitas alat).

Hasil CPT disajikan dalam bentuk diagram sondir yang menunjukkan adanya interaksi antara kedalaman sondir yang ada di permukaan tanah terhadap besarnya nilai perlawanan pada konus (q_c) serta berapa jumlah hambatan pelekak yang ada di selubung (t_f). Hasil dari pengukuran tersebut kemudian dioleh oleh ahli geoteknik untuk memahami sifat-sifat pada tanah (kerapatan relatif tanah serta jenis perilaku tanah, dihitung dari nilai pada CPT, resistensi ujung konus, dan gesekan pada selubung), untuk menentukan berapa banyak kekuatan yang telah diperoleh tanah setelah pekerjaan perbaikan tanah

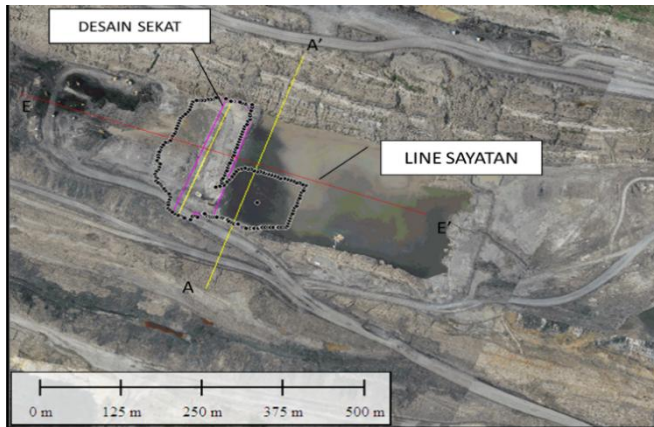


Gambar 5 Hasil CPT / Sondir (Source: geochemsurvey.com)

3. Hasil dan pembahasan

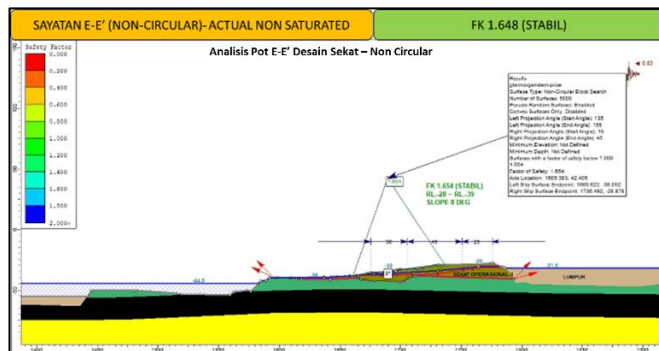
3.1 Analisis Desain Sekat

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui algoritma perhitungan keseimbangan batas (Limit Equilibrium Method) dengan metode perhitungan dari gle/morgenstren-price method menggunakan software SLIDE – Rockscience. Desain rencana Sekat dan lokasi sayatan diberikan oleh Mineplan Engineer yang kemudian dilakukan analisa oleh Geoteknik Engineer untuk memastikan kondisi dan nilai keamanan sekat sebelum dikerjakan. Gambar 6



Gambar 6 Desain Sekat + Lokasi Sayatan

Analisa kestabilan geometri desain Sekat menggunakan Metode non-circular, Gambar 2 dengan Surface tipe Block peneliti mengasumsikan adanya bidang lemah pada area dasar desain Sekat pada batas situasi setelah dilakukan analisis maka didapatkan nilai keamanan 1.648 (Stabil) untuk kondisi tidak jenuh air, Gambar 7.



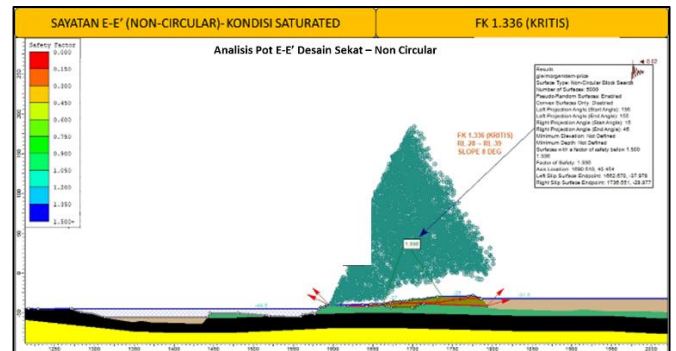
Gambar 7 Analisa Geoteknik Desain Tidak Jenuh Air

Kemudian peneliti juga melakukan analisa kestabilan untuk kondisi jenuh air pada area sekat kemudian dilakukan analisis dan didapatkan nilai keamanan 1.336 (Risiko) yang ditunjukkan pada Gambar 8.

Dari hasil analisa kestabilan lereng desain sekat dapat dikerjakan dengan beberapa parameter yaitu:

- Dumping dilakukan dengan DT Tronton bukan unit HD
- Pembuatan subbench Sekat dari arah barat dan membentuk sub bench pada sisi bagian barat sekat
- Lebar bench atas sekat selebar 35m dengan slope 1:3 (Tinggi : Lebar)
- Pembentukan dilakukan menggunakan material baik (Claystone)

- Geometri sekat terbentuk kemudian tahap loading lumpur sisi barat dilakukan

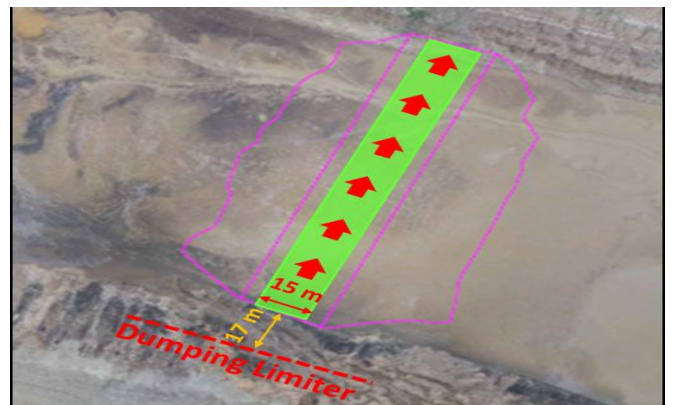


Gambar 8 Analisa Geoteknik Desain Jenuh Air

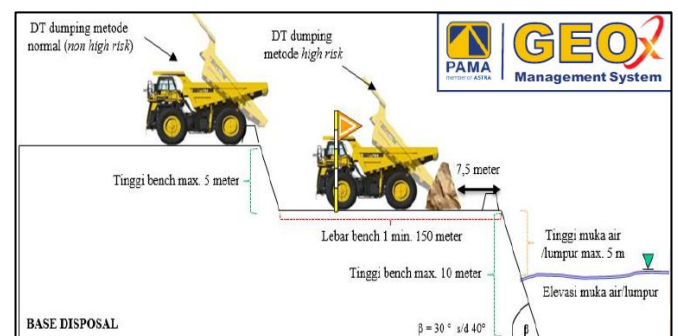
3.2 Proses Pembentukan Sekat

Kegiatan pembentukan merupakan kegiatan yang sangat berisiko tinggi dan harus dilakukan dengan standard operasional prosedur yang baik. Gambar 9 menunjukkan rencana proses pembentukan sekat yang di mulai dari sisi selatan dikarenakan lokasi selatan merupakan lokasi yang lebih dangkal dan menjaga jarak unit dumping 7.5 meter dari crest lumpur dengan pengawasan yang melekat Gambar 10.

Unit yang di gunakan yaitu dt tronton bukan unit HD karena dimensi pembentukan sekat 35m dan menghindari beban unit yang besar berpotensi terjadi longsor. Setiap terdapat patahan pada area dumping maka wajib segera di lakukan reshaping dan dimulai lagi dumping dengan jarak 7.5 m dari patahan yang terbentuk paling luar dari crest area dumping.



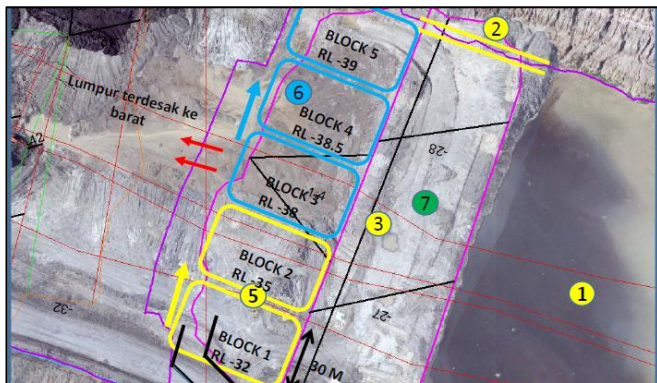
Gambar 9 Proses Dumping dari Selatan



Gambar 10 SOP Dumping Highrisk Pama

Kemudian Gambar 11 menunjukkan proses stageplan rencana pembentukan subbench pada area sekat dari selatan kearah utara. Pembentukan dilakukan perstep dengan metode pembersihan

dasar dari material lunak dan menggantinya dengan material baru/bagus yang kemudian dilakukan pemadatan perlayer (0.5m) Kondisi Skeat Setelah Selesai dikerjakan ditunjukkan pada Gambar 12.



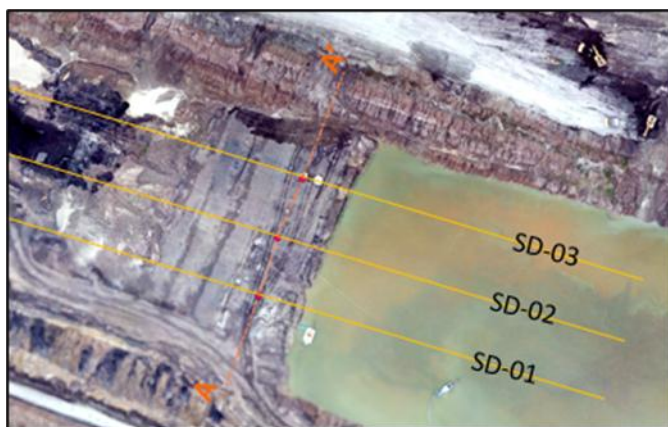
Gambar 11 Pembentukan Sub bench Sekat



Gambar 12 Kondisi Sekat Setelah Selesai Dikerjakan

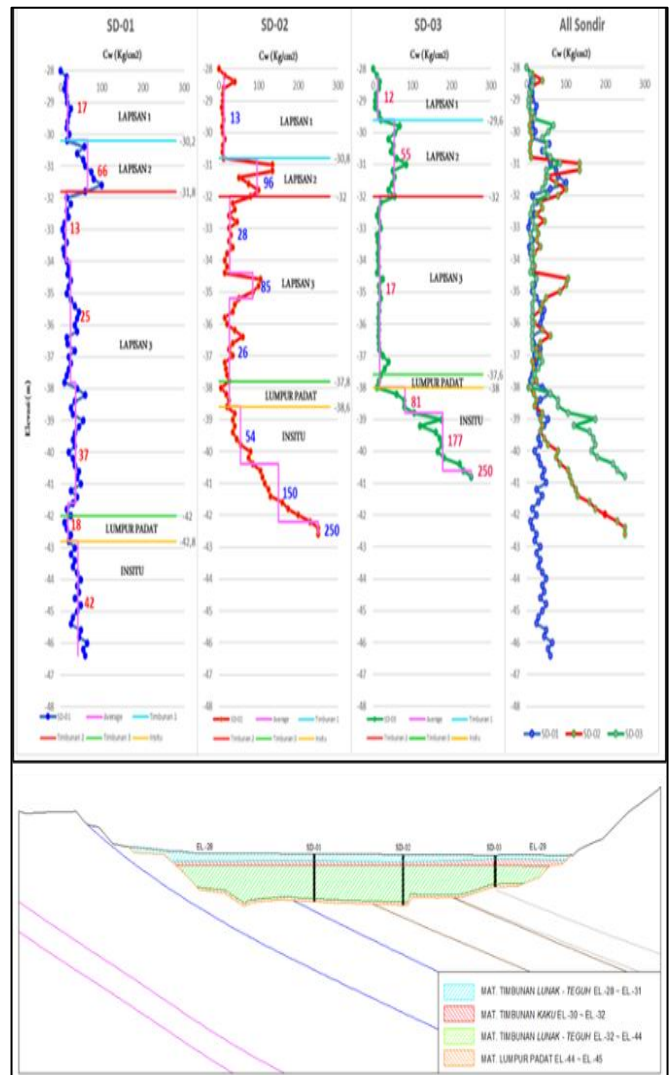
3.3 Proses Pembentukan Sekat

Untuk memastikan kestabilan sekot maka diperlukan pengambilan data properties geoteknik baru pada area Sekat maka dilakukan pengambilan data sondir sebanyak 3 titik dengan kedalaman lebih dari 20m, Gambar 13.



Gambar 13 Lokasi Sondir + Sayatan Analisis

Berdasarkan hasil interpretasi data Sondir berdasarkan nilai perlawanan konus (q_c) dilakukan menentukan sifat menggunakan konsistensi Tanah Lempung berdasarkan hasil Sondir (Terzaghi dan Peck, 1984), Table 1 yang menunjukkan bahwa Sekat memiliki 4 lapisan, Gambar 14.



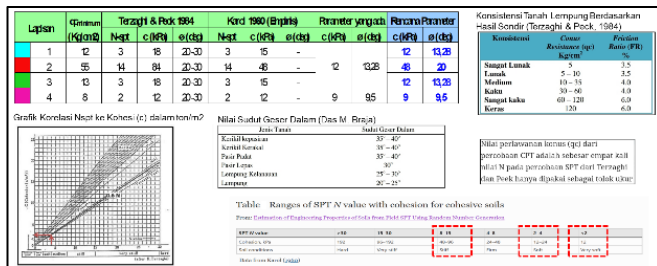
Gambar 14 Hasil Analisa Data Sondir Sondir

Table 1 Konsistensi Tanah Lempung berdasarkan Hasil Sondir (Terzaghi dan Peck, 1984)

Konsistensi	Conus Resistance (q_c) Kg/cm^2	Friction Ratio (FR) %
Sangat Lunak/very soft	<5	3.5
Lunak/Soft	5-10	3.5
Teguh/Firm	10-35	4.0
Kaku/stiff	30-60	4.0
Sangat Kaku/very stiff	60-120	6.0
Keras/Hard	>120	6.0

Masing-masing dari perlapisan diambil nilai rata-ratanya dan menggunakan probability plot untuk menghilangkan data yang menyimpang signifikan. Kemudian nilai dari perlawanan konus (q_c) dan (FR) digunakan untuk penentuan properties setiap lapisan. Metode ini merupakan metode pendekatan, korelasi CPT merujuk dari data empiris oleh peneliti terdahulu, lokasi

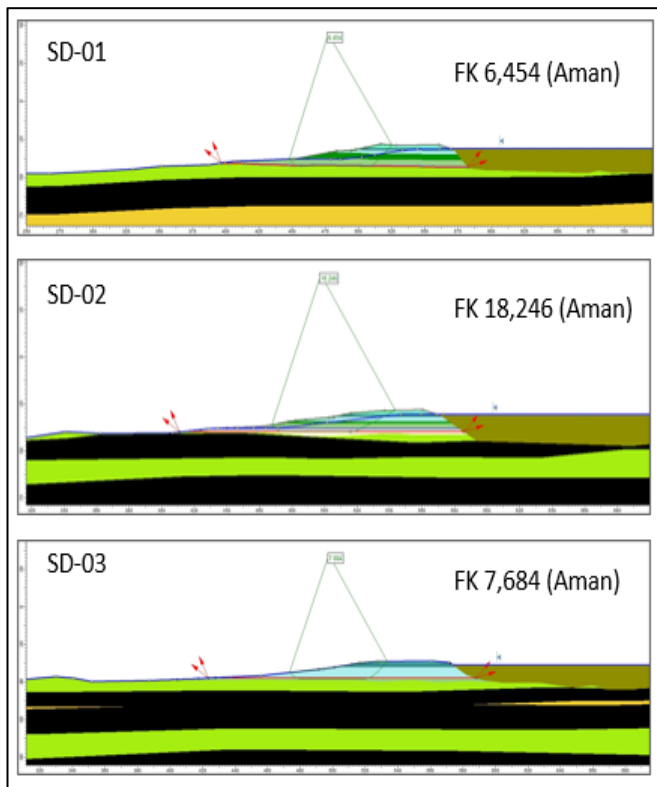
penelitian yang berbeda dapat memungkinkan adanya perbedaan material, Gambar 15.



Gambar 15 Korelasi Parameter Sondir

Setelah didapatkan pendekatan dari data nilai sondir maka dilakukan analisa dengan parameter:

- Melakukan line section dan membuat model geoteknik pada setiap titik sondir Gambar 13
- Melakukan pembagian lapisan sesuai interpretasi data sondir dan Mengambil nilai qc average untuk setiap titik sondir
- Nilai qc kemudian diubah menjadi nilai undrained shear strength (Su), kemudian dimasukkan pada software slide sebagai nilai cohesion (satuan sudah kN/m², tidak perlu dikonversi lagi)
- Menggunakan strength type undrained (phi=0) untuk setiap lapisan dalam analisa jangka pendek
- Failure surface menggunakan tipe non-circular



Gambar 16 Analisa Geoteknik Sekat dengan Data Sondir

Setelah dilakukan analisa menggunakan software SLIDE-Rockscience maka di dapatkan nilai keamanan yang di tunjukan pada Gambar 16 terhadap masing-masing line section Gambar 13 yaitu:

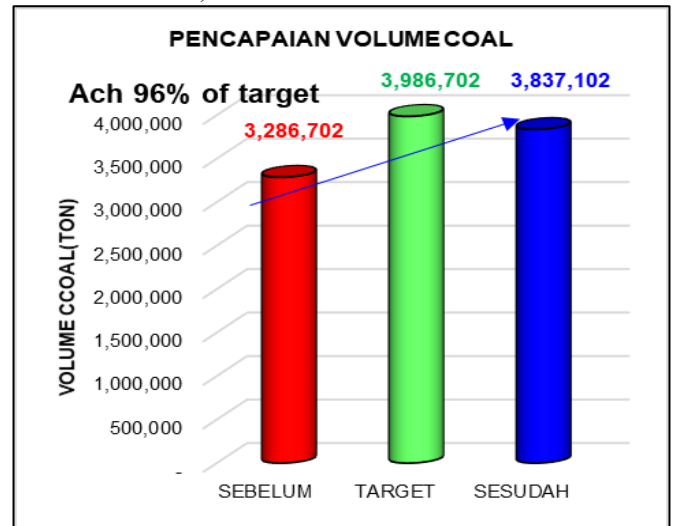
1. SD-01 nilai keamanan 6.454 (Stabil)
2. SD-02 nilai keamanan 18.246 (Stabil)

3. SD-03 nilai keamanan 7.684 (Stabil)

Dari Hasil analisa kestabilan maka dapat di simpulkan bahwa kondisi keamanan lereng bernilai lebih dari 1.3 sesuai dengan nilai ambang batas yang disepakati bahwa kondisi sekat dinyakatan "Stabil".

3.4 Ketercapaian Target batubara

Setelah sekat terbentuk maka progress optimasi desain pada area bottom pit dapat dilakukan untuk pengambilan batubara dengan target 3,986,702-ton dan didapatkan hasilnya dengan ketercapaian batubara sebesar 3,837,102-ton hanya mengalami defisit sebesar 149,600-ton. Gambar 17.



Gambar 17 Ketercapaian Batubara

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian analisa stabilitas lereng Sekat maka dapat disimpulkan:

1. Batubara tercapai di 3,837,102-ton dari target 3,986,702-ton achieve 96% dari target 100% dengan defisit 149,000-ton yang sebelumnya berpotensi loss 700,000-ton.
2. Kondisi Sekat saat perencanaan awal memiliki nilai keamanan 1.648 (Stabil) untuk kondisi non-saturated.
3. Setelah Sekat terbentuk dan dilakukan uji Sondir maka didapatkan nilai keamanan terendah yaitu 6.454 (Stabil) nilai ini didapatkan akibat metode pembentukan sekat yang baik sesuai dengan stage plan yang di rencanakan mulai dari mengganti material yang jelek dan melakukan pemadatan perlayer (0,5m).

Ucapan terima kasih

Terimakasih kepada PT. Bukit Asam yang sudah mempercayakan pekerjaan penambangan kepada kami selaku kontraktor penambangan PT. Pamapersada Nusantara. Tidak Lupa ucapan terimakasih kepada Departemen Engineering Pama dan kepada seluruh departemen terkait yang ikut terlibat langsung maupun tidak langsung pada proyek ini.

Daftar pustaka

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor:
416/MEN.KES/PER/IX/1990. Syarat-Syarat dan Pengawasan
Kualitas Air Minum. Jakarta.
Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Nomor
907/MENKES/SK/VII/2002. Syarat-Syarat dan Pengawasan
Kualitas Air Minum. Jakarta.
Undang-Undang republic Indonesia Nomor 32 Tahun 2004.
Pemerintah Daerah Jakarta
Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun
2005. Pengembangan Sistem Penyediaan Air minum, Jakarta.
Direktorat Jendral Cipta Karya. Departemen Pekerjaan Umum.
2007. Pedoman Penyusunan Rencana Induk Pengembangan
Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM). Jakarta.
Direktorat Jendral Cipta Karya. Departemen Pekerjaan Umum.
2007. Sistem
Penyediaan Air Bersih. Jakarta.
Joko, Tri. Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air
Minum.2010. Semarang: Graha Ilmu.