

Tabel 3.18 Rekomendasi dimensi drainase rencana tambang PT HM

Design Parameter	Unit	CD-01	CD-02	CD-03	CD-04	CD-05	CD-06	CD-07
Shape		Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium
Discharge Design (Qc)	m ³ /sec	4.72	3.96	8.68	2.25	1.20	7.78	9.51
Bottom Width (b)	m	1.20	1.00	1.50	0.50	0.60	1.40	1.60
Top Width (T)	m	2.35	2.15	2.88	1.65	1.41	2.78	3.04
Height (y)	m	1.00	1.00	1.20	1.00	0.70	1.20	1.25
Slope Ratio (z)	m	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Manning coeff.(n)		0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Drainage slope (s)		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Angle	°	60	60	60	60	60	60	60
Area (A)	m ²	1.78	1.58	2.63	1.08	0.70	2.51	2.90
Wet Perimeter (P)	m	3.51	3.31	4.27	2.81	2.22	4.17	4.49
Radius Hidrolic (R)	m	0.51	0.48	0.62	0.38	0.32	0.60	0.65
Velocity (v)	m/sec	2.87	2.76	3.27	2.38	2.10	3.22	3.38
Discharge (Q)	m ³ /sec	5.10	4.34	8.60	2.56	1.47	8.08	9.80

Design Parameter	Unit	CD-01	CD-02	CD-03	CD-04	CD-05	CD-06	CD-07
Shape		Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium
Discharge Design (Qc)	m ³ /sec	4.32	8.39	5.64	2.96	3.48	6.38	15.67
Bottom Width (b)	m	1.00	1.50	1.50	0.60	0.80	1.60	2.00
Top Width (T)	m	2.15	2.88	2.65	1.75	1.95	2.75	3.73
Height (y)	m	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50
Slope Ratio (z)	m	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58



Design Parameter	Unit	CD-01	CD-02	CD-03	CD-04	CD-05	CD-06	CD-07
Shape		Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium	Trapezium
Manning coeff.(n)		0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Drainage slope (s)		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Angle	°	60	60	60	60	60	60	60
Area (A)	m ²	1.58	2.63	2.08	1.18	1.38	2.18	4.30
Wet Perimeter (P)	m	3.31	4.27	3.81	2.91	3.11	3.91	5.46
Radius Hidrolic (R)	m	0.48	0.62	0.55	0.40	0.44	0.56	0.79
Velocity (v)	m/sec	2.76	3.27	3.01	2.47	2.62	3.06	3.85
Discharge (Q)	m ³ /sec	4.34	8.60	6.26	2.91	3.61	6.65	16.54

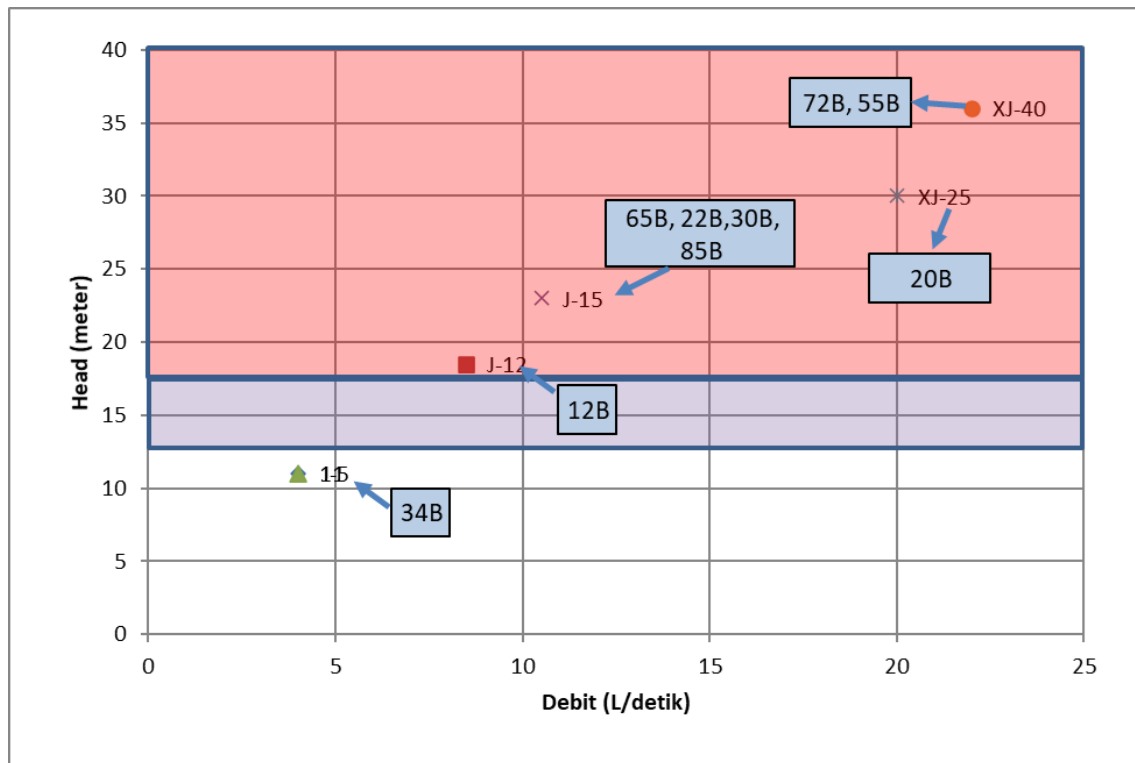
3.4.2. Sump dan Pemompaan

Penggunaan pompa di tambang terbuka adalah untuk menjaga agar kapasitas *sump* dapat selalu menahan total limpasan air (airtanah dan air permukaan) yang masuk ke dalam pit. Keseimbangan jumlah air masuk-keluar dilakukan dengan memilih pompa dengan kapasitas yang tepat. Secara teknis, pemilihan pompa dibuat berdasarkan dua faktor utama, yaitu kemampuan dorong pompa (*head*) dan jumlah air yang bisa dipompa (volume/waktu). Dengan mengasumsikan efisiensi *head* 85%, untuk menghilangkan risiko kegagalan maka diperlukan spesifikasi pompa dorong yang mampu mendorong air naik ke lereng dari *sump*. Parameter berikutnya yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan pompa adalah kemampuan debit pompa untuk mengeluarkan air dari lokasi tambang. Diperlukan pompa yang mampu mengeringkan secepat mungkin, sehingga *sump* dapat digunakan secara reguler. Kapasitas *inflow* dan *head* maksimum dari masing-masing lokasi rencana pit PT HM dapat dilihat pada Tabel 3.19.

Tabel 3.19 Kapasitas *inflow* maksimum dan *head* dari masing-masing rencana pit

Sub-Catchment	Peak Flow Rate (m ³ /s)	Head (m)	Head Max (85% Efisiensi) (m)
34B	2.21	6	6.90
65B	6.36	12	13.80
20B	4.07	20	23.00
72B	2.93	30	34.50
22B	4.43	6	6.90
55B	3.32	28	32.20
48B	3.29	8	9.20
30B	6.38	10	11.50
12B	4.72	8	9.20
85B	3.28	4	4.60

Penentuan pompa yang digunakan pada masing-masing pit dihitung berdasarkan potensi maksimum debit *inflow* dan kapasitas *head* maksimum masing-masing rencana pit setelah dikurangi efisiensi sebesar 85%. Gambar 3.25 memperlihatkan spesifikasi pompa yang umum digunakan pada tambang terbuka (contoh dalam produk Sultzter) dengan detail pada Tabel 3.20. Blok biru pada Gambar 3.25 memperlihatkan jenis pompa yang dapat digunakan pada lokasi tambang PT HM.



Gambar 3.25 Spesifikasi pompa berdasarkan kemampuan *head* dan *discharge* (contoh dari produk Sultzer)

Tabel 3.20 Rekomendasi spesifikasi jenis pompa (sejenis) untuk mengantisipasi aliran puncak pada tambang PT HM

Catchment	Jenis Pompa	Discharge (m ³ /s)	Head Pompa (m)	Inflow (m ³ /s)	Head Max (m)	Ratio
34B	J-5	4	11	2.21	6.90	0.55
65B	J-15	10.5	23	6.36	13.80	0.61
20B	XJ-25	20	30	4.07	23.00	0.39
72B	XJ-40	22	36	2.93	34.50	0.13
22B	J-15	10.5	23	4.43	6.90	0.42
55B	XJ-40	22	36	3.32	32.20	0.17
48B	J-12	8.5	18.5	4.72	9.20	0.56
30B	J-15	10.5	23	6.38	11.50	0.61
12B	J-12	8.5	18.5	4.72	9.20	0.56
85B	J-15	10.5	23	3.28	4.60	0.31

Infrastruktur lain yang dibutuhkan untuk penyaliran di dalam tambang adalah *sump*. *Sump* didefinisikan sebagai kolam untuk mengumpulkan air dan terletak di tingkat terendah level penambangan. Air yang mengalir ke *sump* harus dipompa keluar dari tambang ke kolam pengendapan. Ada dua jenis *sump*, yaitu permanen dan sementara.

Sump permanen dibangun dan digunakan selama kegiatan pertambangan berlangsung, sedangkan *sump* sementara hanya digunakan sementara dan dapat dibangun mengikuti perkembangan dan kebutuhan kegiatan penambangan.

Ukuran *sump* utama harus mampu mengakomodasi jumlah air tanah dan air permukaan yang mengalir ke lubang tambang dan idealnya terletak di titik terendah level penambangan. Ukurannya disesuaikan dengan kemampuan total pemompaan yang tersedia. *Sump* pada pit PT HM berjumlah sesuai dengan *sub-catchment* pada area pertambangan. Dari *sump*, air akan dipompa terlebih dahulu ke perimeter drainase, namun tidak semua *sump* membutuhkan pompa karena tidak memiliki *head* ke lokasi perimeter drainase terdekat. Beberapa *sump* yang membutuhkan pemompaan disajikan pada Tabel 3.21.

Tabel 3.21 Karakteristik *sub-catchment* beserta besar *head* untuk dialirkan ke perimeter

Sub-Catchment	Peak Flow Rate	Head	Head Max
34B	2.21	6	6.90
65B	6.36	12	13.80
20B	4.07	20	23.00
72B	2.93	30	34.50
22B	4.43	6	6.90
55B	3.32	28	32.20
48B	3.29	8	9.20
30B	6.38	10	11.50
12B	4.72	8	9.20
85B	3.28	4	4.60

3.4.3. Sediment Pond

Sediment Pond adalah suatu penyaliran berbentuk kolam yang berfungsi sebagai kolam pengendapan semua air dari areal tambang, baik air tanah maupun air hujan dan bertujuan untuk menjernihkan air yang keluar ke perairan umum. Sebelum menghitung kebutuhan *settling pond*, dibutuhkan perhitungan kecepatan pengendapan sedimen (*Fall Velocity*) yang mengacu pada *Stoke's Law*. Persamaan untuk menghitung *Fall Velocity* adalah sebagai berikut:

$$V_p = \frac{[g (\rho_p - \rho_e) d^2]}{(18 h)}$$

Keterangan:

- V_p = vertical fall velocity of particles (m/s)
 g = percepatan gravitasi (9.81 m/s²)
 ρ_p = densitas partikel tanah (kg/m³)
 ρ_e = densitas massa air (1000 kg/m³)
 d = diameter partikel untuk sedimentasi (m)
 h = kekentalan dinamis air pada suhu 4°C (0.0016 Pa.s)

Selain itu dihitung juga kebutuhan luas permukaan *sediment pond* dengan persamaan:

$$A_s = \frac{\theta Q}{V_p}$$

Keterangan:

- A_s = minimum luas air pada cekungan (m²)
 θ = faktor *adjustment* yang berkaitan dengan turbulen (θ memiliki nilai 1, 1,2, atau 1,5 tergantung pada derajat turbulen pada cekungan sedimentasi)
 Q = tingkat debit (m³/s) sesuai dengan 5% dari aliran puncak (*peak flow*)
 V_p = kecepatan sedimentasi (m/s)

Data ukuran butir yang digunakan pada perhitungan menggunakan hasil analisis laboratorium, yaitu ukuran butir dominan pada bagian permukaan di lokasi studi adalah partikel dengan ukuran medium *silt*. Resume perhitungan *Fall Velocity* dan luas permukaan *sediment pond* dapat dilihat pada Tabel 3.22. Perhitungan ini telah memasukkan faktor keselamatan (*factor of safety*) dengan mengalikan debit puncak sebesar 1.25 kali sesuai rekomendasi pada Kepmen 1827 tahun 2018.

Tabel 3.22 Perhitungan *fall velocity* dan luas permukaan *sediment pond*

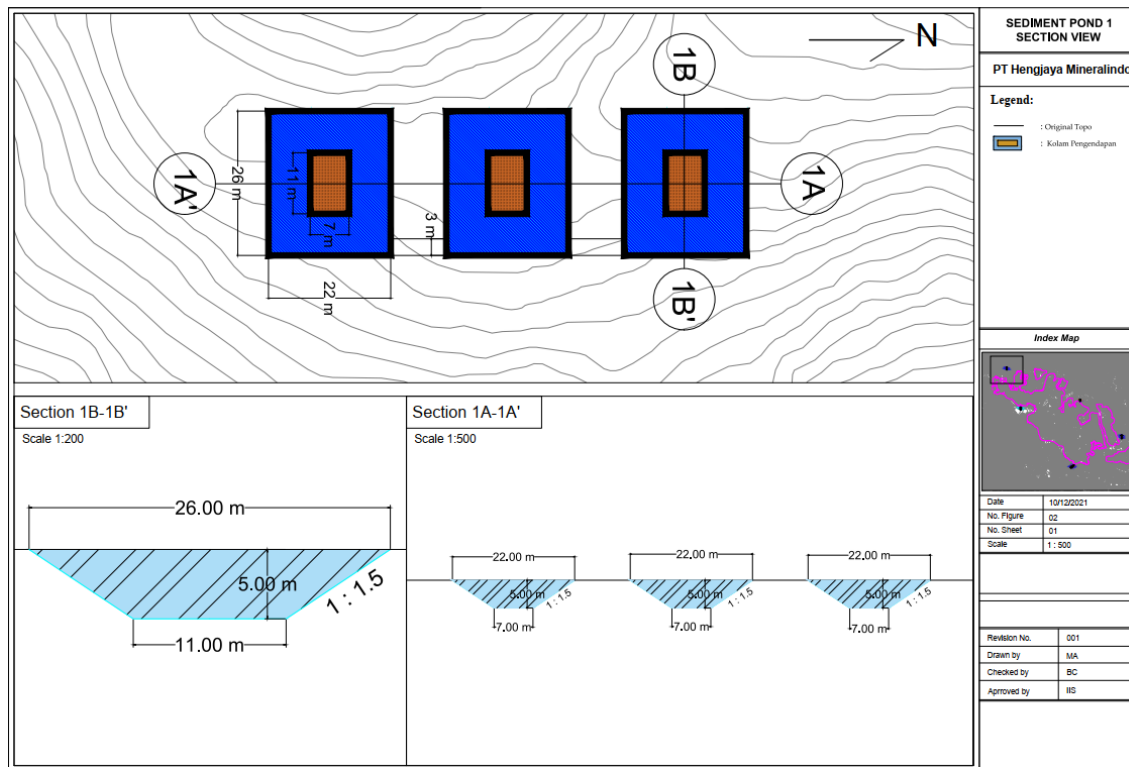
Parameter		Unit	Pond				
			P01	P02	P03	P04	P05
Watershed area	A	ha	120.11	117.75	62.61	431.9	229.84
Peak flow (1,25 x Q _p)	Q _p	m ³ /s	9.175	10.3375	4.7375	25.9	19.2125
Discharge Rate (5% x Q _p)	Q	m ³ /s	0.37	0.41	0.19	1.04	0.77
Particle size (medium silt)	d	m	2.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	2.00E-05

Parameter		Unit	Pond				
			P01	P02	P03	P04	P05
Soil particle density	pp	kg/m ³	2617	2617	2617	2617	2617
Water density	pe	kg/m ³	1000	1000	1000	1000	1000
Adjustment factor related to turbulence	Θ		1	1	1	1	1
Fall velocity	Vp	m/s	2.20E-04	2.20E-04	2.20E-04	2.20E-04	2.20E-04
Minimum area of sediment pond	As	m ²	1665.79	1876.85	860.13	4702.33	3488.17

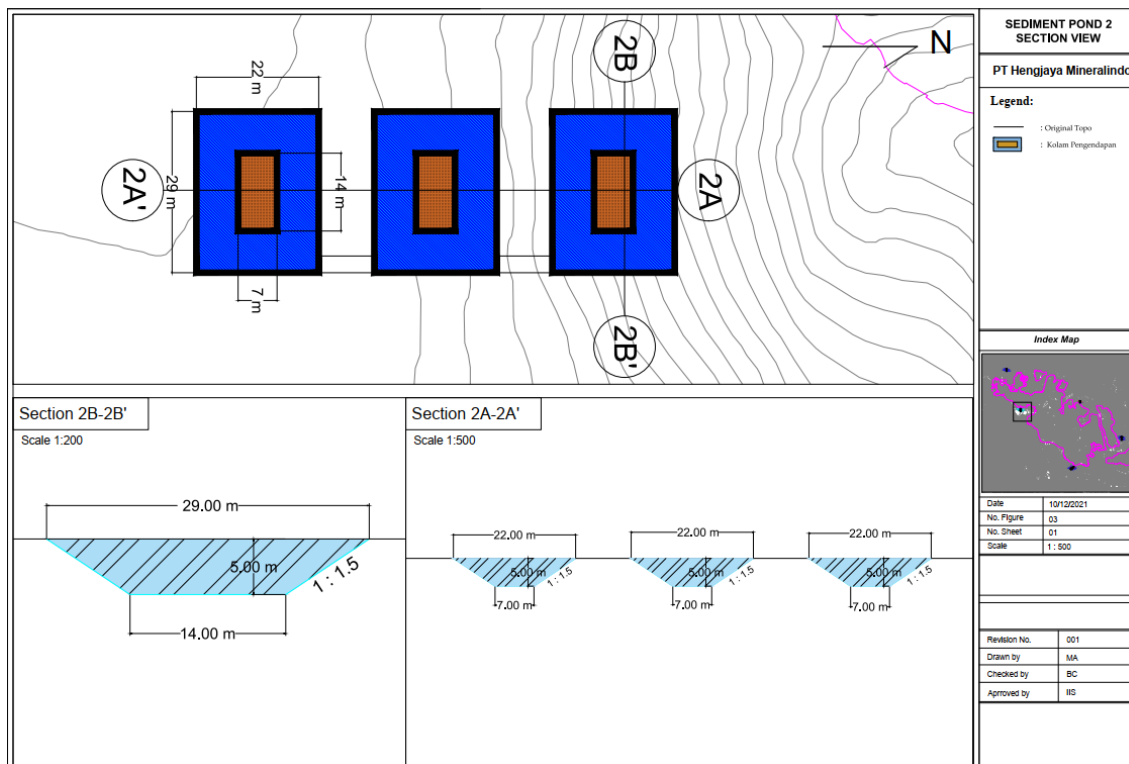
Dengan diketahuinya luas permukaan *sediment pond* yang dibutuhkan, maka dapat diperkirakan dimensi secara keseluruhan. Untuk menjaga kestabilan dinding *sediment pond*, maka kemiringannya dijaga pada angka 1:1.5. Perkiraan dimensi untuk *Pond* 1 hingga 5 dapat dilihat pada Tabel 3.23. Dari perhitungan yang dilakukan, *sediment pond* untuk masing-masing *catchment* (*Pond* 1 hingga *Pond* 5) dibagi menjadi 3 kompartemen, dengan estimasi volume tiap kompartemen berkisar antara 598.5 m³ hingga 8448 m³. Konsep desain rekomendasi masing-masing *settling pond* dapat dilihat pada Gambar 3.26 hingga Gambar 3.30.

Tabel 3.23 Perhitungan jumlah dan dimensi *settling pond*

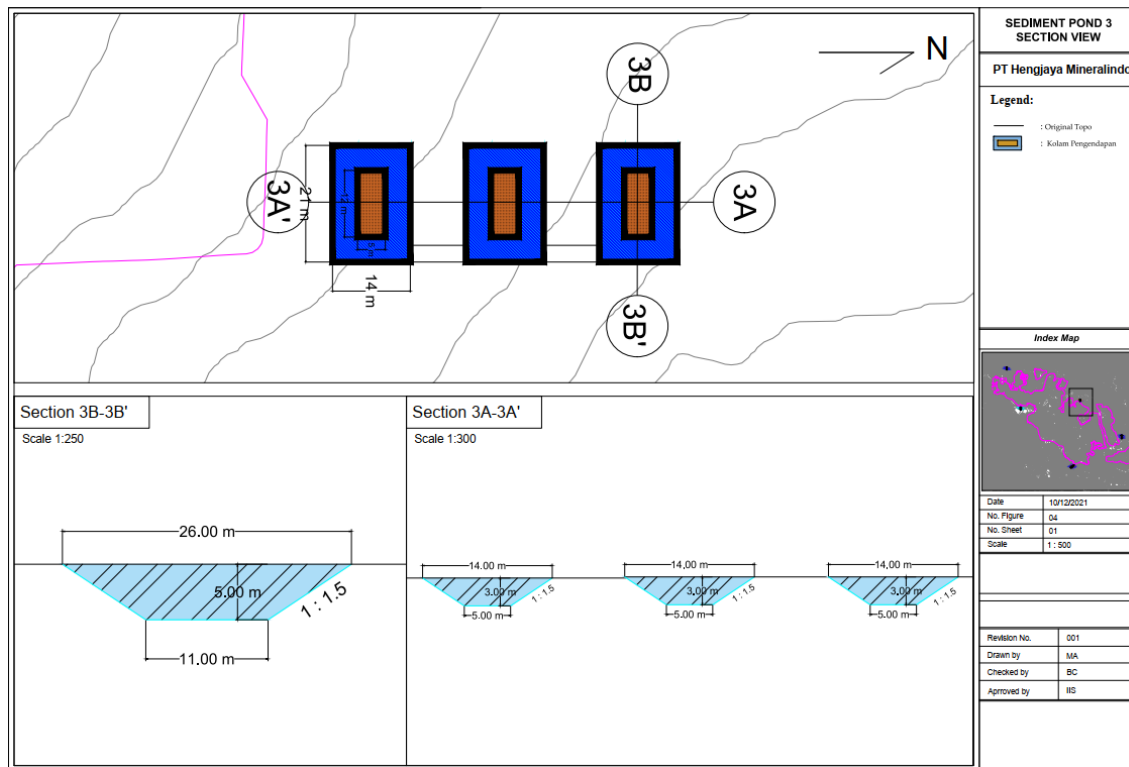
Parameter		Unit	Pond				
			P01	P02	P03	P04	P05
Sediment Pond Dimension							
Slope of sides			1:1.5	1:1.5	1:1.5	1:1.5	1:1.5
Number of sediment pond			3	3	3	3	3
Width at floor of sediment pond	L	m	7	7	5	12	10
Water depth during operation	P	m	5	5	3	8	7
Width of water surface	W	m	22	22	14	36	31
Length of sediment pond	l	m	26	29	21	44	38
Sediment pond volume (per compartment)		m ³	1885	2102.5	598.5	8448	5453
Total sediment pond volume		m ³	9425	10512.5	1795.5	67584	38171



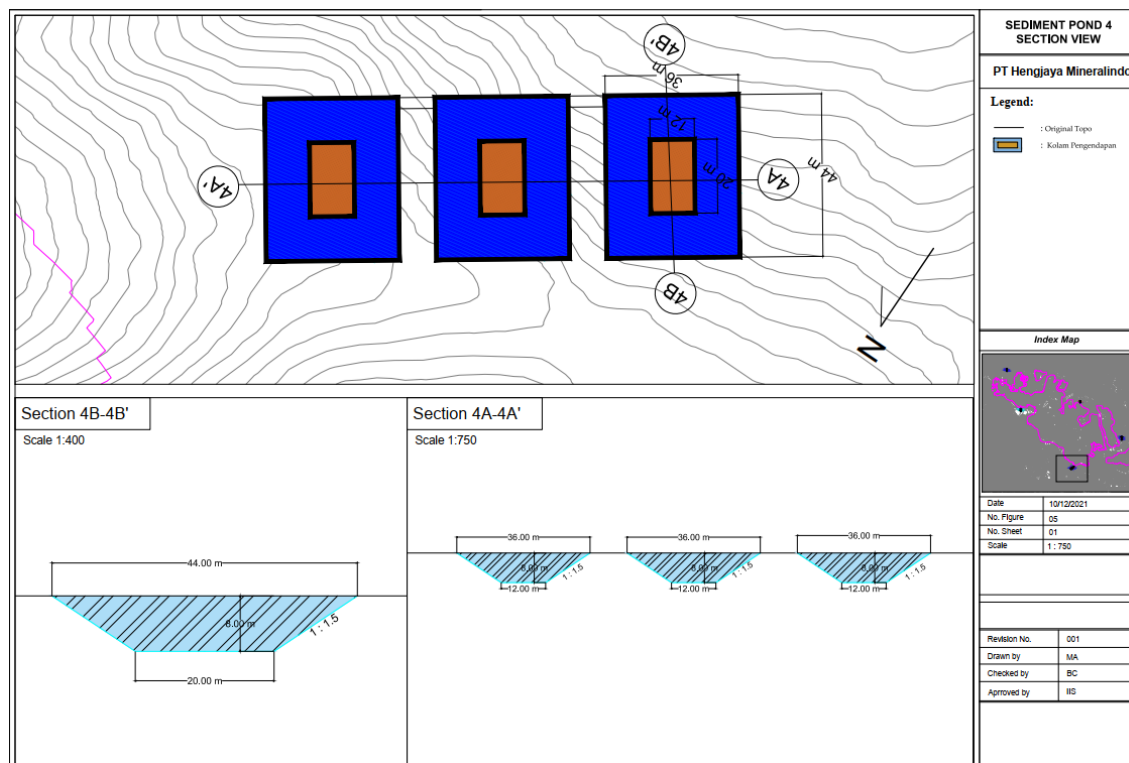
Gambar 3.26 Tipikal rekomendasi *Sediment Pond-01*



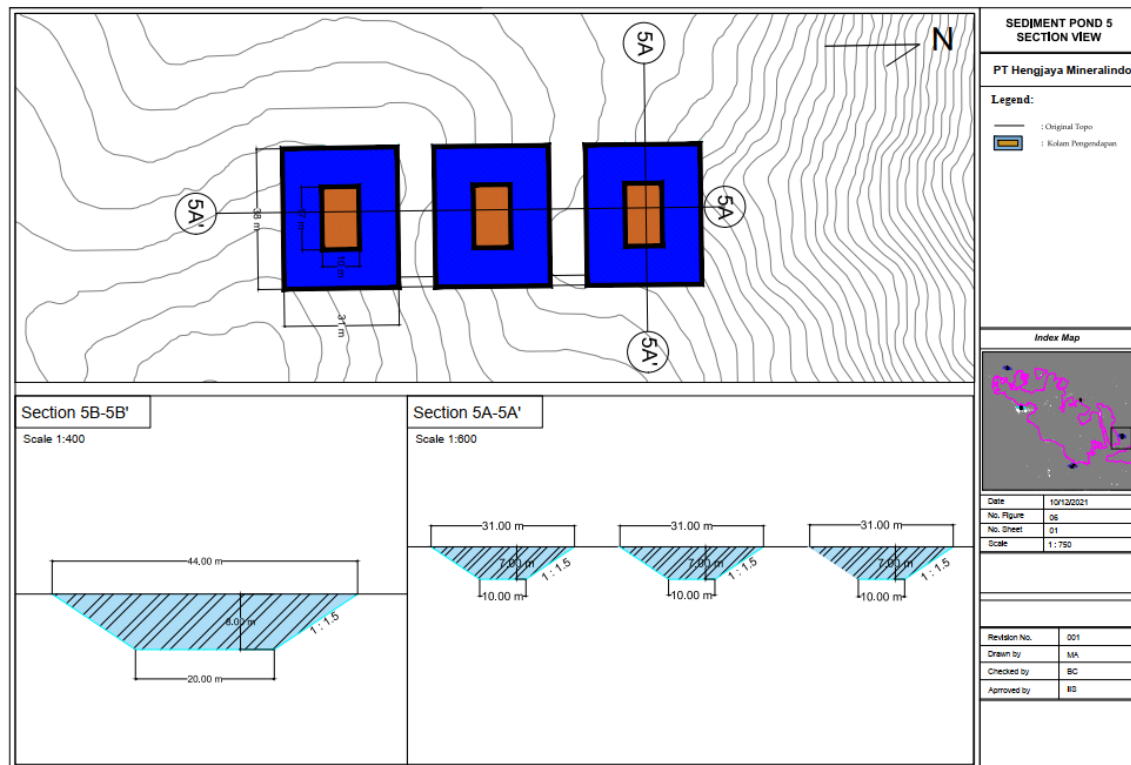
Gambar 3.27 Tipikal rekomendasi *Sediment Pond-02*



Gambar 3.28 Tipikal rekomendasi *Sediment Pond-03*



Gambar 3.29 Tipikal rekomendasi *Sediment Pond-0*



Gambar 3.30 Tipikal rekomendasi *Sediment Pond-05*

Perkiraan partikel yang akan terendapkan pada *sediment pond* dilakukan dengan menggunakan persamaan *Universal Soil Loss Equation* (USLE):

$$A = R K L S C P$$

Keterangan:

- A = tanah hilang tahunan karena erosi (*annual soil loss due erosion*)
- R = indeks erosi hujan
- K = faktor kemampuan tanah tererosi
- LS = faktor panjang dan *slope*
- C = faktor penutup (*cover factor*)
- P = faktor pengukuran kontrol erosi

Dengan menggunakan USLE, maka dapat diprediksi jumlah sedimen yang terendapkan tiap tahunnya (Tabel 3.24). Berdasarkan perhitungan ini, didapatkan bahwa massa sedimen yang terendapkan tiap tahun pada tiap *pond* berkisar pada 738 ton (282 m³) hingga 5798.5 ton (2215.72 m³).

Dengan asumsi bahwa perawatan atau pengambilan sedimen pada kolam harus dilakukan saat volume sedimen mencapai setengah dari volume kolam, maka perawatan rutin harus dilakukan tiap minimal 1 kali per tahun untuk tiap *pond*.

Tabel 3.24 Perhitungan sedimen yang terendapkan tiap tahun

Parameter		Unit	Pond				
			P01	P02	P03	P04	P05
Annual Deposition Estimation							
Rainfall erosion index	R		100	100	100	100	100
Soil erodibility factor (silt)	K		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Slope steepness	BS	m/m	0.243	0.2455	0.2048	0.2532	0.2726
Slope length	L	m	2307.69	1117.21	1724.46	2820.48	1690.35
The length and slope factor (gradient)	LS		0.19	0.17	0.18	0.20	0.19
Cover factor (bare soil)	C		1	1	1	1	1
Erosion control measure factor (bare soil)	P		1	1	1	1	1
Annual soil loss due to erosion	A	tonnes/ hectare/year	11.62	10.07	10.70	12.18	11.13
Total tons deposited per year		tonnes	1396.25	1185.84	669.98	5260.36	2558.14
		ton	1539.10	1307.17	738.53	5798.55	2819.86
Sediment volume per year		m ³	588.11	499.49	282.20	2215.72	1077.52

4. KAJIAN GEOTEKNIK

4.1. Data Geoteknik

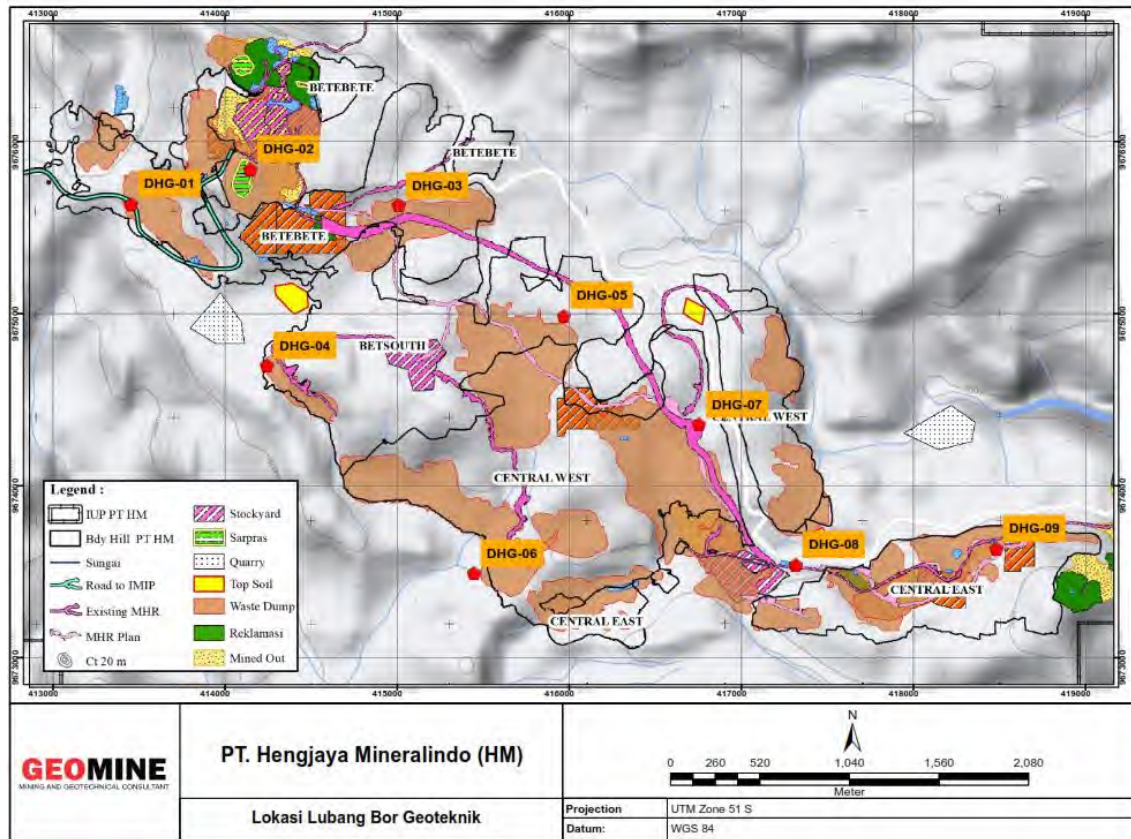
Pengumpulan data untuk kajian geoteknik di area penambangan PT. Hengjaya Mineralindo (HM) yang digunakan pada pembuatan laporan ini bersumber dari data yang diperoleh melalui pengeboran geoteknik, observasi di lapangan yang dilakukan oleh pihak PT. HM, serta dari data kajian yang telah dilakukan sebelumnya di sekitar area tersebut. Adanya kondisi pandemi Covid-19 memlimitasi untuk dilakukan *site visit* dan pengambilan data secara langsung oleh pihak GEOMINE. Pengumpulan data ini dilakukan pada bulan September-Oktober 2021 dan data yang diperoleh tersebut adalah sebagai berikut.

- Hasil *logging* geoteknik terhadap *core-core* dari sembilan lubang pengeboran geoteknik yang dilakukan oleh pihak HM pada area rencana penambangan.
- Hasil *slug test* untuk mengetahui nilai hidraulik konduktivitas dan pengukuran muka air tanah pada sembilan lubang pengeboran geoteknik untuk keperluan kajian hidrogeologi.
- Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik dari sampel-sampel lubang pengeboran yang dilakukan oleh Laboratorium GWL Bandung.

4.1.1. Pengeboran Geoteknik

Titik pengeboran lubang geoteknik pada area IUP milik PT HM dilakukan berdasarkan memo rekomendasi pengambilan data yang diberikan oleh GEOMINE pada tanggal 2 September 2021. Rekomendasi pengeboran geoteknik ini bertujuan untuk mengumpulkan data dan sampel untuk keperluan kajian geoteknik dan hidrogeologi di area tambang HM.

Pengeboran dilakukan pada bulan September-Oktober 2021 yang terdiri dari sembilan titik lubang bor di sekitar area rencana *pit* dan *waste dump* PT HM. Pemilihan titik bor tersebut disesuaikan dengan rencana pengeboran eksplorasi, rencana penambangan ke depan dan lokasi *waste dump*, dengan pertimbangan titik bor meng-cover domain dan seluruh area tambang. Lokasi pengeboran geoteknik dan koordinat dari masing-masing lokasi dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Tabel 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Lokasi Lubang Bor Geoteknik PT HM

Tabel 4.1 Lokasi dan Titik Koordinat Lubang Bor Geoteknik

Titik Bor	Domain	Rencana Koordinat Collar			Aktual Koordinat Collar			Dip	Depth
		Easting	Northing	Elevation	Easting	Northing	Elevation		
		(mE)	(mN)	(m)	(mE)	(mN)	(m)		
DHG-01	Bete Bete	413400	9675826	376	413455	9675637	380	90	17
DHG-02	Bete Bete	414146	9675839	385	414147	9675839	480	90	14
DHG-03	Bete Bete	415097	9675903	461	415011	9675627	445	90	31
DHG-04	Bete South	414286	9674645	406	414243	9674697	423	90	35
DHG-05	Bete South	415735	9674945	416	415969	9674988	452	90	23
DHG-06	Central West	415097	9673413	306	415447	9673487	332	90	35
DHG-07	Central West	416875	9674311	421	416755	9674354	417	90	15
DHG-08	Central East	417733	9673383	417	417317	9673539	361	90	20
DHG-09	Central East	418394	9673864	371	418482.3	9673633	416	90	30

4.1.2. Logging Geoteknik dan Foto Core

Pengumpulan data *logging* geoteknik dan foto *core* ini bertujuan untuk karakterisasi geoteknik terhadap material *sub-surface* di PT HM.

Sebanyak delapan lubang bor dilakukan di area rencana pit penambangan dan satu lubang bor (DHG 02) yang ditempatkan di area aktual *wastedump*. Gambar 4.2 menampilkan contoh foto *core* yang diperoleh dari aktivitas pengeboran geoteknik dan Gambar 4.3 memperlihatkan contoh hasil *logging* geoteknik yang dilakukan pada *core* tersebut. Dari data *logging* geoteknik yang dikumpulkan meliputi: i) *depth from-to*, (ii) *core run length*, (iii) *core recovery*, (iv) *sumstick* (*core* dengan panjang lebih dari 10 cm), (v) RQD, (vi) *intact strength*, (vii) *weathering*, (viii) *type of material*, (ix) deskripsi material, dan (x) *structure* dan *additional observations*. Data hasil *logging* geoteknik dan foto *core* selengkapnya dapat ditemukan pada bagian Lampiran A.



Gambar 4.2 Contoh Foto *Core* untuk Lubang Bor DHG-01

GEOMINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT

FIELD DRILLING REPORT

Client: PT. HM
Project: GEOTECH HM
Location: BENE-BENE

Coordinates: 413455
Surface RL: 8675237
Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CAPLINE
Inclination: 90°

Datum: 380 m

Report of Borehole: DHG-01
Start Date: 28-08-2021
End Date: 29-08-2021
Logged by: Yopa A. Rinauwan
Checked:

CORE RUN METERAGE	SUMSTICK > 0.1m	RQD (%)	INTACT ROCK STRENGTH	WEATHERING	TYPE OF MATERIAL (Top Soil/ Limestone/ Saprolite/Bedrock)	FIELD MATERIAL DESCRIPTION	STRUCTURE AND ADDITIONAL OBSERVATIONS			
DEPTH FROM (m)	DEPTH TO (m)	RUN LENGTH (m)	CORE RECOVERY (m)	SOIL/ROCK MATERIAL DESCRIPTION (e.g. Soil or Rock Name, Plasticity, Grain Size, Colour)						
0.00	1.00	1.00	1.00	S2	CW	Top Soil	Soil, MP, Fine Sand, Dark brown			
1.00	2.00	1.00	1.00	S2	CW	Limestone	Limestone, MP, Medium Sand, Dark brown			
2.00	3.50	1.50	0.95	S2/R1	HW	Saprolite	Grp/Lms, Med. Sand/Boulder, Brownish green			
3.50	5.00	1.50	0.87	R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Brownish green			
5.00	6.00	1.00	0.95	R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Brownish green			
6.00	7.00	1.00	0.95	R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Brownish green			
7.00	8.00	1.00	1.00	R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Brownish green			
8.00	9.00	1.00	1.00	R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Brownish green			
9.00	10.00	1.00	1.00	R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Brownish green			
10.00	11.00	1.00	1.00	R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Brownish green			
11.00	12.00	1.00	1.00	R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Brownish green			
12.00	13.00	1.00	1.00	R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Brownish green			
13.00	14.00	1.00	1.00	R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Brownish green			
14.00	15.00	1.00	1.00	R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Brownish green			
15.00	16.00	1.00	1.00	0.56	56	R4	FR	Bedrock	Durite Boulder, Greenish grey	
16.00	17.00	1.00	1.00	0.80	80	R4	FR	Bedrock	Durite, Boulder, Dark grey	

Total

Gambar 4.3 Contoh Logging Geoteknik di Lubang Bor DHG-01

4.1.3. Pengujian Laboratorium

Pengujian sifat fisik dan mekanik material dilakukan oleh pihak Laboratorium GWL di Bandung. Jenis pengujian yang dilakukan adalah Uji Sifat Fisik Batuan/Tanah, Uji *Uniaxial Compressive Strength* (UCS), *Unconfined Compression Test* (UCT), *Triaxial UU*, *Triaxial CU*, dan Uji Permeabilitas. Jumlah sampel dan jenis pengujian yang diuji di laboratorium adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Rekapitulasi Jumlah Sampel Untuk Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik

No.	Tipe Pengujian	Jumlah Sampel Teruji
1	Atterberg Limit	9
2	Falling Head	5
3	Moisture Content	7
4	Particle Size Distribution	9
5	Specific Gravity	9
6	Triaxial CU	1
7	Triaxial UU	9
8	UCS Poisson	10
9	UCT	5
10	Unit Weight	7

4.1.3.1. Sifat Fisik Soil (Soil Physical Properties)

Pengujian sifat fisik *soil*/ tanah dilakukan pada masing-masing lubang bor geoteknik untuk material *Limonite*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari *soil* material *insitu*. Jenis pengujian yang dilakukan adalah pengukuran *moisture content*, batas plastis, *specific gravity*, dan uji saringan. Uji saringan dilakukan untuk mendapatkan data kuantitatif mengenai distribusi ukuran partikel di dalam tanah. Distribusi partikel lebih besar dari 75 mm (tertahan oleh ayakan nomor 200) dapat diketahui melalui analisa *screen*, sementara distribusi partikel yang lebih kecil dari 75 mm didapatkan melalui proses sedimentasi menggunakan *hydrometer*. *Hydrometer* dilakukan pada material yang berukuran lebih kecil dari pasir untuk mengetahui komposisi lempung dan lanau. *Summary* hasil pengujian untuk sifat fisik *soil* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Summary Pengujian Sifat Fisik Limonite

Statistik	Classification														
	MC (%)	Normal Density (kN/m ³)	Dry Density (kN/m ³)	Void Ratio	Porosity	Saturation	SG	LL	PL	PI	Gravel	Sand	Silt	Clay	Fines (#200)
Min	46.08	17.40	11.20	1.53	0.61	100.00	2.67	50.80	16.80	18.30	0.00	4.07	41.44	23.20	78.00
Q2	56.55	18.77	12.35	1.81	0.64	100.00	3.30	65.00	33.60	37.10	0.00	12.88	79.13	38.85	83.27
Q3	62.46	19.55	12.40	2.06	0.67	100.00	3.54	78.80	41.00	44.70	0.00	20.64	83.27	46.67	87.84
Max	91.92	22.34	13.80	2.73	0.73	100.00	3.61	110.70	51.50	61.80	9.13	21.42	87.84	54.49	95.93
Mean	60.93	19.21	12.32	1.91	0.65	100.00	3.31	70.90	34.91	35.97	1.01	14.69	75.66	38.85	84.29
Stdev	14.90	1.58	0.86	0.43	0.05	0.00	0.30	20.66	10.90	13.71	3.04	5.76	14.31	22.13	6.19

Keterangan: Q2 = Kuartal 2, Q3 = Kuartal 3, Stdev= Standar Deviasi, MC = Moisture Content, SG = Specific Gravity, LL = Liquid Limit, PL = Plastic Limit, PI = Plasticity Index, #200 = Ayakan nomor 200

4.1.3.2. Uji Sifat Fisik Batuan (Rock Physical Properties)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan densitas, kandungan air, dan porositas sampel batuan. Hasil pengujian untuk sifat fisik batuan dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan 4.5 berikut ini.

Tabel 4.4 Summary Pengujian Sifat Fisik Batuan Saprolite

Litologi	Statistik	Physical Properties								
		Natural Density (kN/m ³)	Dry Density (kN/m ³)	Saturated Density (kN/m ³)	Spesific Gravity	Natural Moisture Content (%)	Absorption (%)	Saturation (%)	Porosity Rock	Void Ratio Rock
Saprolite	Min	10.23	16.99	12.07	1.84	9.86	11.54	75.01	0.23	0.31
	Q2	10.67	18.67	12.39	1.97	51.65	140.36	76.13	0.72	2.62
	Q3	20.21	19.51	20.51	2.62	54.39	158.99	85.49	0.75	3.06
	Max	22.36	20.35	22.70	2.66	55.67	166.20	91.65	0.76	3.13
	Mean	14.78	18.67	16.00	2.19	38.10	99.55	80.76	0.56	1.93
	Stdev	5.99	2.37	5.17	0.41	21.92	76.83	7.46	0.25	1.39

Keterangan: Q2 = Kuartal 2, Q3 = Kuartal 3, Stdev= Standar Deviasi

Tabel 4.5 Summary Pengujian Sifat Fisik Batuan *Bedrock*

Litologi	Statistik	Physical Properties								
		Natural Density (kN/m3)	Rock Dry Density (kN/m3)	Saturated Density (kN/m3)	Spesific Gravity	Natural Moisture Content (%)	Absorption (%)	Saturation (%)	Porosity Rock	Void Ratio Rock
Bedrock	Min	22.60	21.19	23.00	2.41	0.46	1.70	24.92	0.05	0.06
	Q2	27.35	26.98	27.72	2.78	3.01	4.36	63.74	0.11	0.12
	Q3	28.73	28.60	29.13	2.99	6.16	7.88	78.16	0.17	0.20
	Max	30.90	30.75	31.27	3.25	66.21	84.01	78.81	0.67	2.03
	Mean	26.71	26.08	27.08	2.80	13.30	17.46	56.30	0.19	0.43
	Stdev	3.41	3.97	3.42	0.31	26.04	32.71	25.54	0.24	0.78

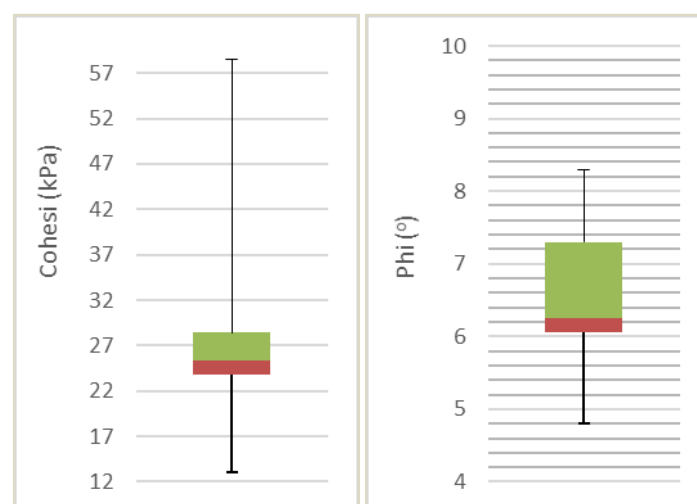
Keterangan: Q2 = Kuartal 2, Q3 = Kuartal 3, Stdev= Standar Deviasi

4.1.3.3. Uji Sifat Mekanik Tanah (*Limonite Mechanical Properties*)

Uji sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari tanah. Jenis pengujian yang dilakukan adalah *Triaxial* UU, dan *Triaxial* CU. Uji triaksial dengan cara *unconsolidated undrained*, atau *Triaxial* UU (tak terkonsolidasi-tak terdrainase), digunakan untuk menentukan kuat geser tanah pada kondisi aslinya (di dalam tanah), dimana angka pori benda uji pada permulaan pengujian tidak berubah dari nilai aslinya di dalam tanah. Uji *Triaxial* CU (*consolidated undrained*) digunakan untuk menentukan kuat geser material pada kondisi tak terdrainase (*undrained*), yaitu bila material angka porinya (e) telah berubah dari kondisi asli di lapangan oleh akibat konsolidasi. Rekapitulasi hasil pengujian sifat mekanik tanah/batuan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Summary Hasil Pengujian Sifat Mekanik *Limonite*

Litologi	Statistik	Triaxial Test (UU)		Triaxial Test (CU)			
		C (kPa)	phi (degree)	C (kPa)	Phi (degree)	C' (kPa)	phi' (degree)
Limonite	Min	13.00	4.80	7.55	24.20	5.02	33.60
	Q2	23.80	6.05				
	Q3	28.43	7.30				
	Max	58.50	8.30				
	Mean	26.95	6.45				
	Stdev	14.10	1.21				



Gambar 4.4 Distribusi Statistik Pengujian *Triaxial* Test (UU)

4.1.3.4. Uji Sifat Mekanik Batuan (Rock Mechanical Properties)

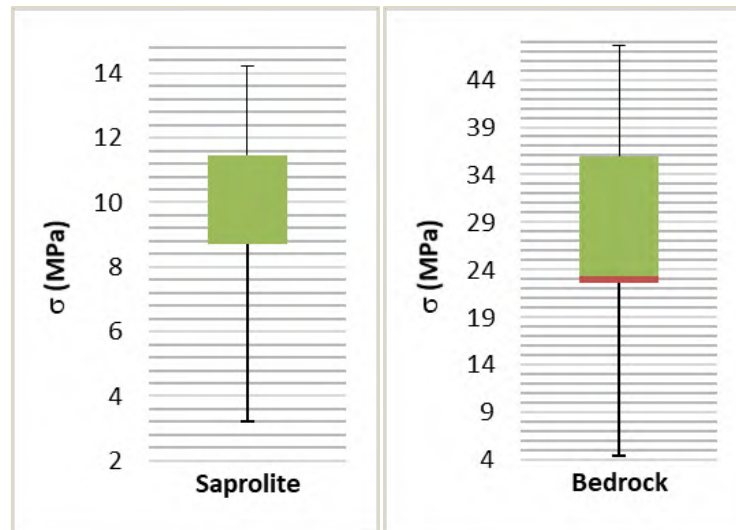
Uji sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari tanah. Jenis pengujian yang dilakukan adalah Uji *Uniaxial Compressive Strength* (UCS), *Unconfined Compression Test* (UCT). Uji kuat tekan bebas atau *Unconfined Compression Test* (UCT) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk mengukur seberapa besar kuat dukung material menerima kuat tekan yang diberikan sampai material tersebut terpisah dari butiran-butirannya dan juga regangan tanah akibat tekanan tersebut. Rekapitulasi hasil pengujian sifat mekanik tanah/batuan dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Mekanik *Saprolite*

Litologi	Statistik	UCS			UCT		
		s Max (MPa)	E (MPa)	v	c (kPa)	Sensivity	Ei (kPa)
Saprolite	Min	3.23	444.60	0.21	8.00	1.24	530.00
	Q2	8.73	1746.67	0.29	22.00	1.35	1464.00
	Q3	11.48	2397.70	0.33	42.90	1.54	3382.00
	Max	14.23	3048.74	0.38	81.50	1.55	4284.00
	Mean	8.73	1746.67	0.29	32.70	1.39	2081.00
	Stdev	7.77	1841.40	0.12	30.69	0.15	1667.11

Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Mekanik *Bedrock*

Litologi	Statistik	UCS		
		σ Max (MPa)	E (MPa)	v
Bedrock	Min	4.51	623.26	0.25
	Q2	22.66	2637.74	0.42
	Q3	36.00	4509.23	0.44
	Max	47.56	6030.54	0.46
	Mean	24.06	3170.16	0.38
	Stdev	16.71	1987.57	0.08



Gambar 4.5 Distribusi Statistik Pengujian *Uniaxial Compressive Strength* (UCS)

4.2. Karakteristik Geoteknik

Karakteristik geoteknik ditentukan berdasarkan dari hasil dari pengeboran geoteknik yang telah dilakukan. Domain geoteknik didefinisikan sebagai unit yang mempunyai karakter dan perilaku yang sama secara geoteknik. Pembagian domain geoteknik pada PT HM dibagi berdasarkan jenis litologi dari batuan yang ada di lokasi tambang, meliputi: *limonite*, *saprolite*, dan *bedrock*.

4.2.1. Limonite

Limonite merupakan lapisan batuan yang mengandung mineral oksida besi dan terletak dibawah lapisan *top soil*, memiliki karakteristik seperti tanah dengan warna cokelat kemerahan hingga cokelat kekuningan, dengan ukuran butir lempung sampai dengan medium *silt*, dan kekuatan bervariasi dari S1 (*very soft clay*) hingga S5 (*very stiff clay*).



Gambar 4.6 Contoh Material *Limonite*

4.2.2. Saprolite

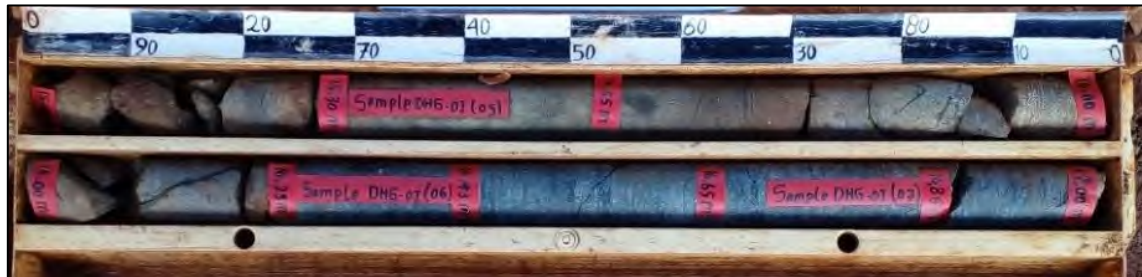
Saprolite merupakan lapisan zona pengkayaan unsur Ni, dicirikan oleh warna coklat kehijauan hingga abu-abu kehijauan, memiliki ukuran butir pasir kasar hingga *boulder*, dan kekuatan bervariasi dari R1 (*very weak rock*) hingga R4 (*strong rock*).



Gambar 4.7 Contoh Material *Saprolite*

4.2.3. Bedrock

Bedrock terdiri dari batuan beku *dunite* yang merupakan salah satu jenis batuan beku ultra basa dengan komposisi olivin hampir 100%. Lapisan batuan ini terletak paling dasar, dicirikan dengan tampilannya yang terlihat *fresh* berwarna abu-abu kehijauan hingga abu-abu gelap, dan memiliki kekuatan bervariasi dari R3 (*medium strong rock*) hingga R5 (*very strong rock*).



Gambar 4.8 Contoh Material *Bedrock* (*Dunite*)

4.3. Evaluasi Properties Massa Batuan

Pada penentuan *properties* material domain yang akan digunakan dalam membangun model untuk estimasi kestabilan lereng, hal yang harus diperhatikan adalah mempertimbangkan *properties* atau sifat-sifat batuan *rock mass* dari setiap domain yang digunakan dan bukan *properties* batuan *intact*. *Properties* batuan *intact* diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium dan nilai ini perlu disesuaikan dengan kondisi massa batuan di lapangan melalui pengumpulan data geoteknik. Dari pengujian di laboratorium dan pengumpulan data di lapangan tersebut, maka dapat diperoleh *properties* massa batuan di area pit PT HM.

Salah satu pendekatan umum yang dilakukan adalah dengan menggunakan kriteria *Hoek & Brown* atau kriteria *Mohr Coulomb*. Berdasarkan pertimbangan teknik dimana kondisi batuan relatif lemah dan merupakan jenis material *laterite*, analisis pada kajian ini menggunakan kriteria *Mohr Coulomb*. Tabel 4.9 menampilkan *properties* material yang akan digunakan untuk analisis kestabilan lereng pada PT Hengjaya Mineralindo.

Tabel 4.9 *Properties* Massa Batuan PT. Hengjaya Mineralindo (PT HM)

Litologi	Unit Weight (kN/m ³)	Mohr Coloumb	
		C (kPa)	Phi (Degree)
Limonite	18.77	11	27
Saprolite	20.21	61	18
Bedrock	26.71	217	35

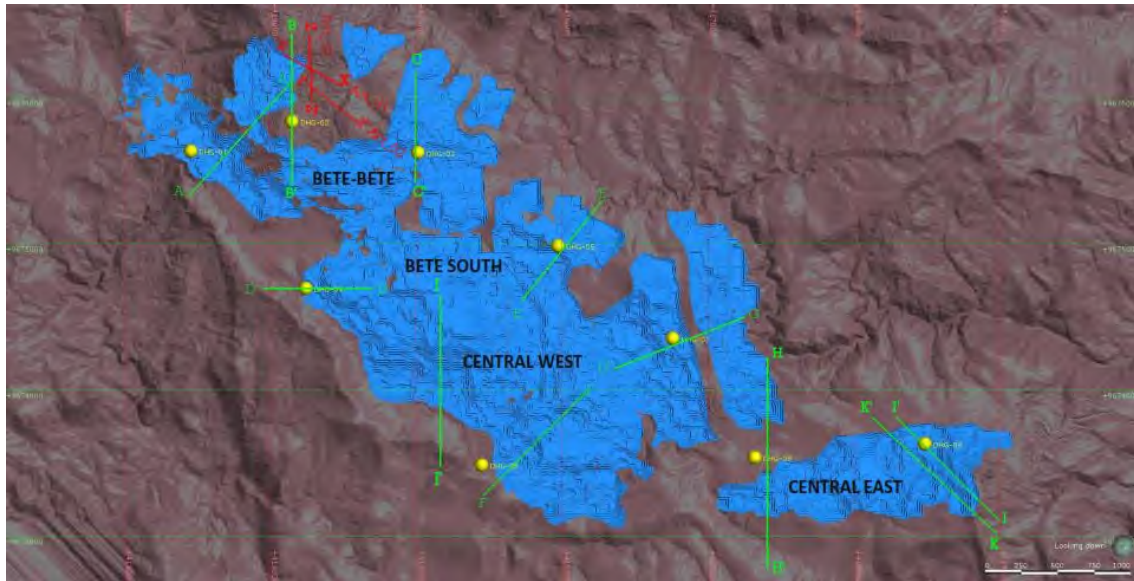
4.4. Model Litologi

Interpretasi model litologi yang digunakan untuk membantu analisis geoteknik, dilakukan dengan menggunakan data sembilan lubang bor geoteknik (DHG01 – DHG09) dan data pengeboran geologi serta akuisisi data GPR yang telah dilakukan sebelumnya. Data-data yang digunakan adalah sebagai berikut:

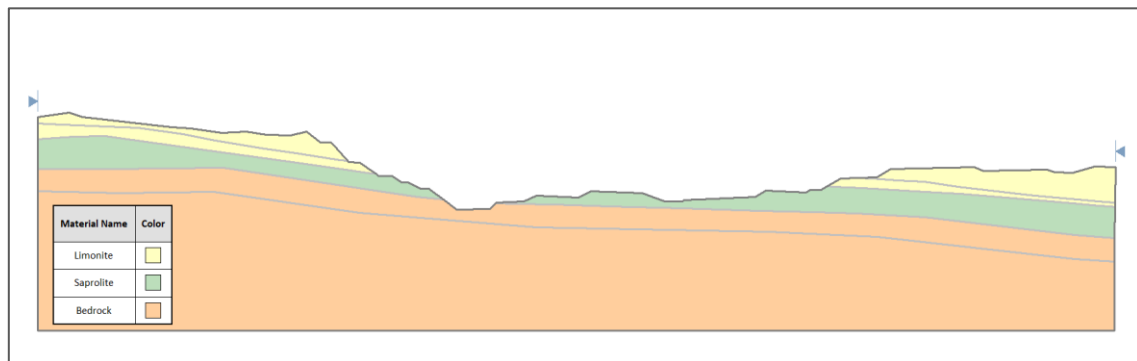
Tabel 4.10 Data untuk Interpretasi dan validasi Model Litologi

Data	Nama File	Type
Floor Bedrock	grd20m_all_floor_bedrock	dtm
Top Bedrock Contact	grd20m_all_top_bedrock	dtm
Top Saprolite Contact	grd20m_all_top_rockysap	dtm
Topo Situasi	topo_situapr20_cont2m_ldr_fltr	dtm
Log Bor Geoteknik	DHG01 – DHG09	pdf

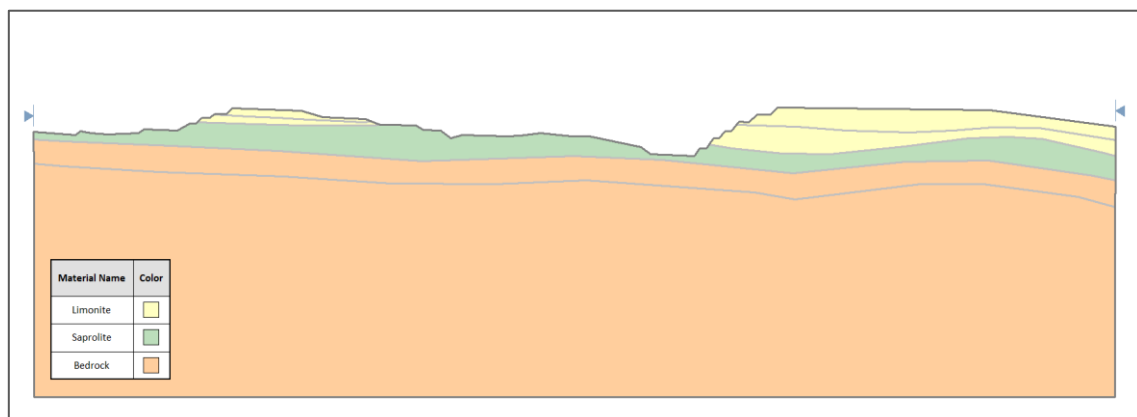
Dari hasil interpretasi tersebut ditentukan 14 *section* (Gambar 4.9) representatif yang terdiri dari 3 *section* dari kondisi aktual dan 11 *section* dari *design* pit untuk keperluan analisis kestabilan lereng. Penentuan *section* tersebut berdasarkan final *pit* terdalam dan jarak terdekat dari lokasi pengeboran geoteknik. Masing-masing *section* yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng ditampilkan pada Gambar 4.10 – Gambar 4.23.



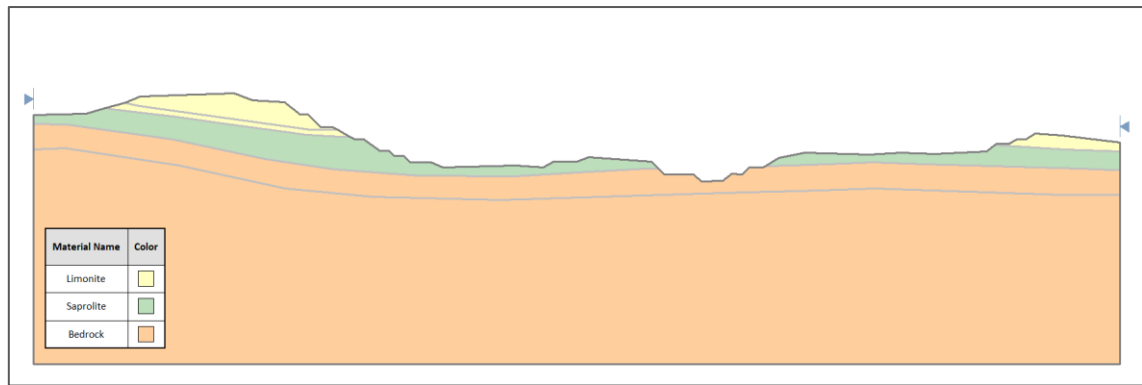
Gambar 4.9 *Section Line* untuk Analisis Kestabilan Lereng



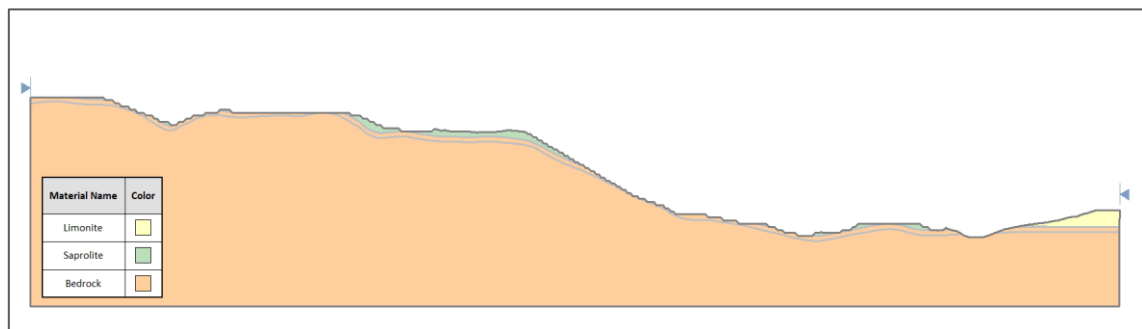
Gambar 4.10 *Section Actual 01*



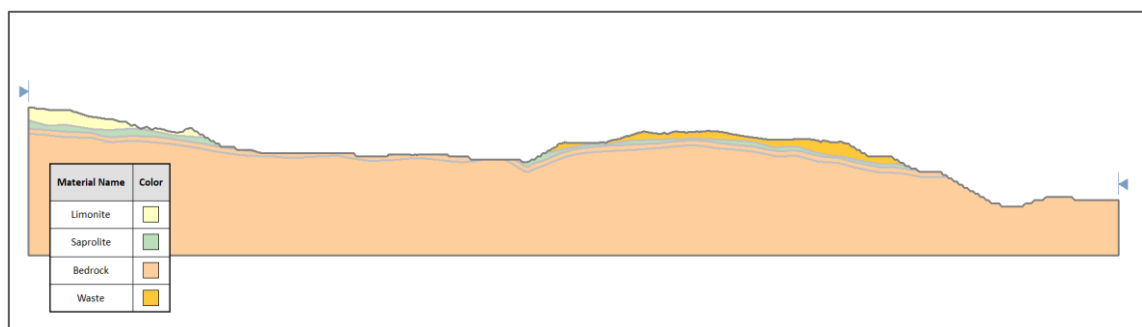
Gambar 4.11 *Section Actual 02*



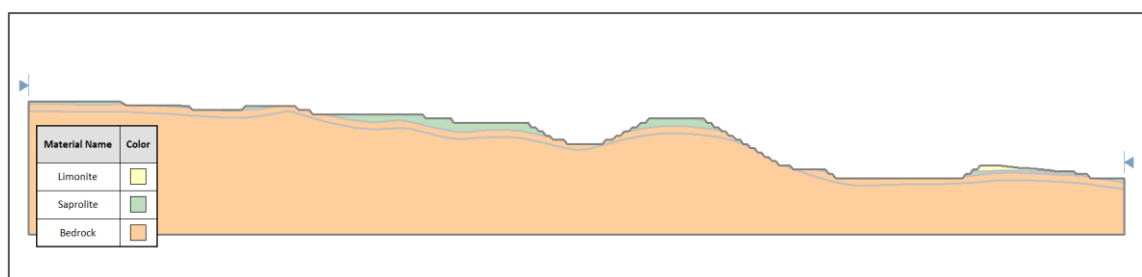
Gambar 4.12 *Section Actual 03*



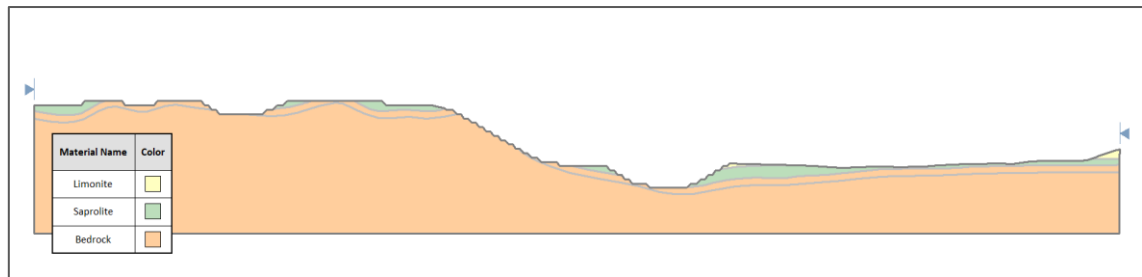
Gambar 4.13 *Section AA'*



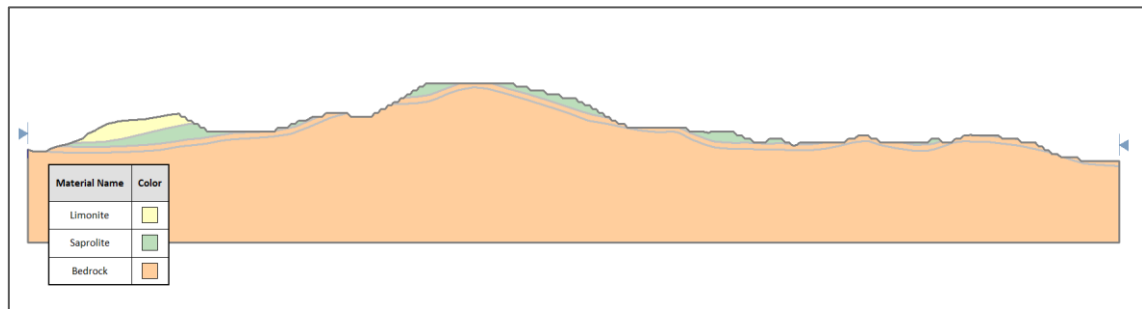
Gambar 4.14 *Section BB'*



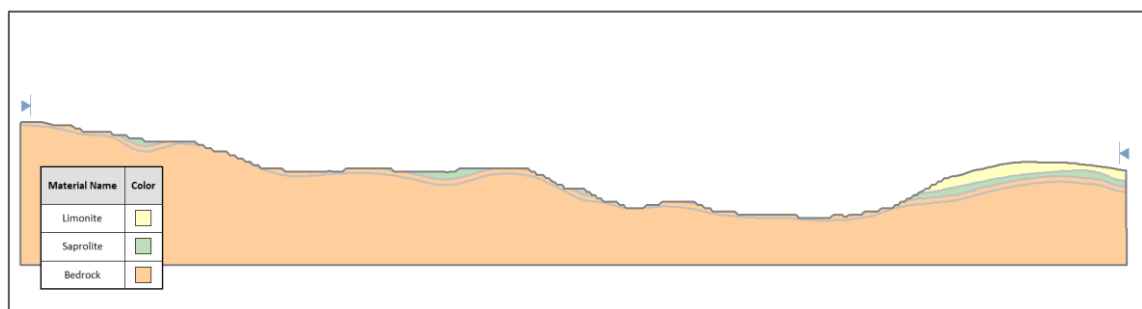
Gambar 4.15 *Section CC'*



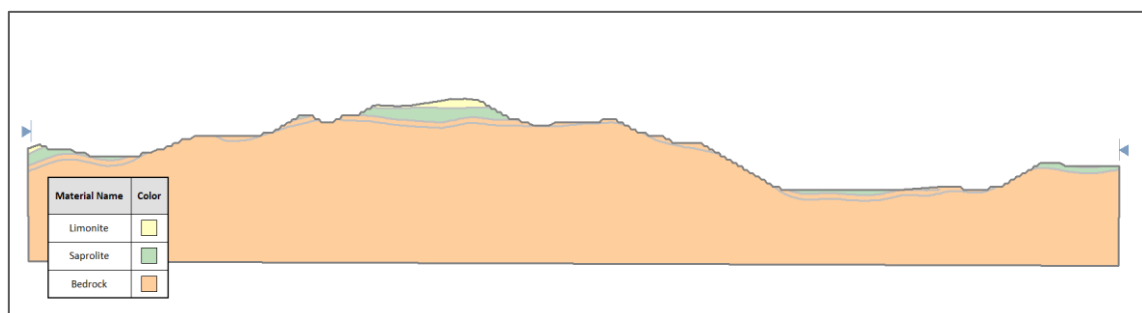
Gambar 4.16 *Section DD'*



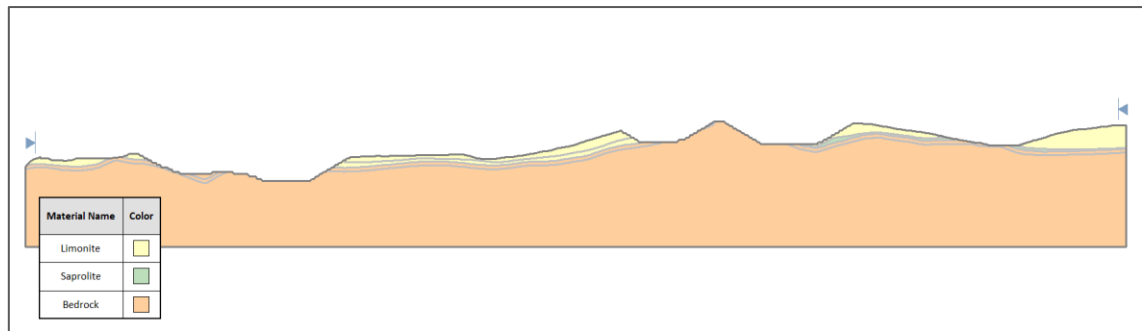
Gambar 4.17 *Section EE'*



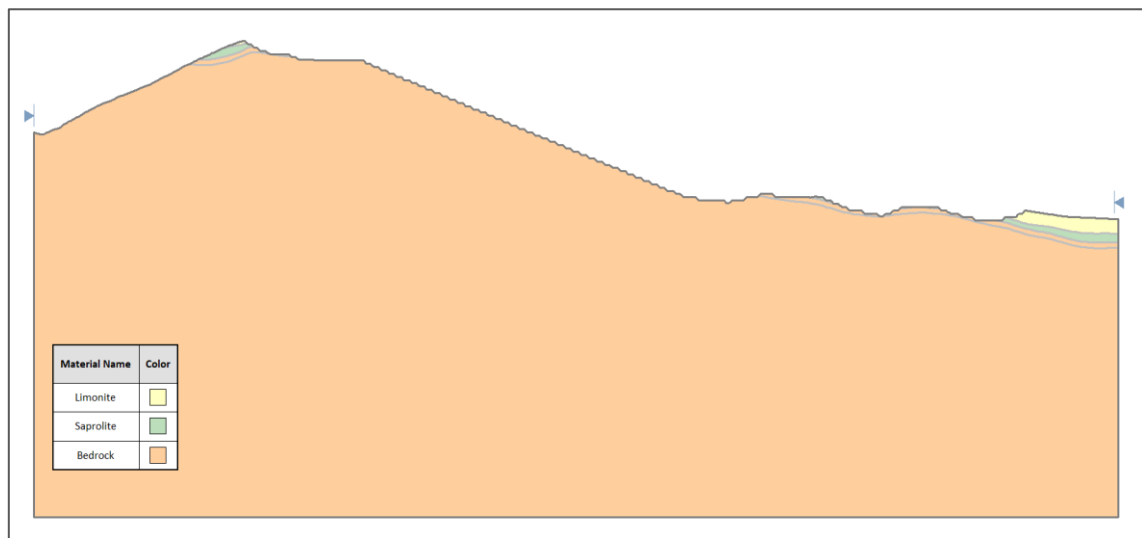
Gambar 4.18 *Section FF'*



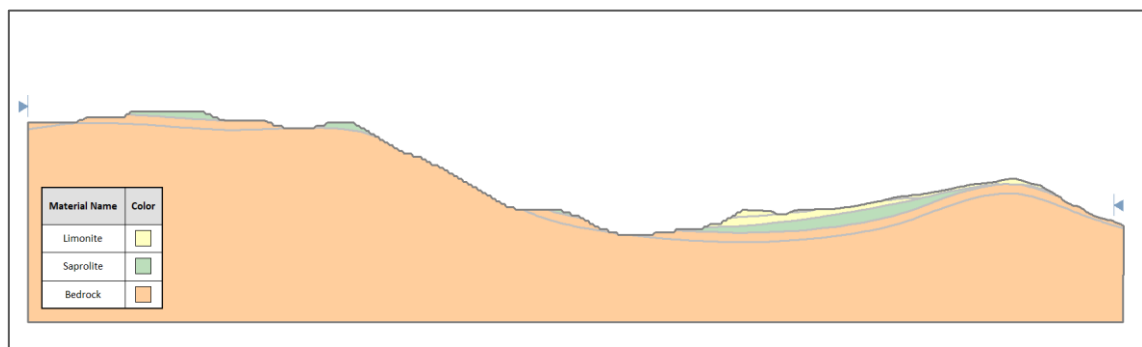
Gambar 4.19 *Section GG'*



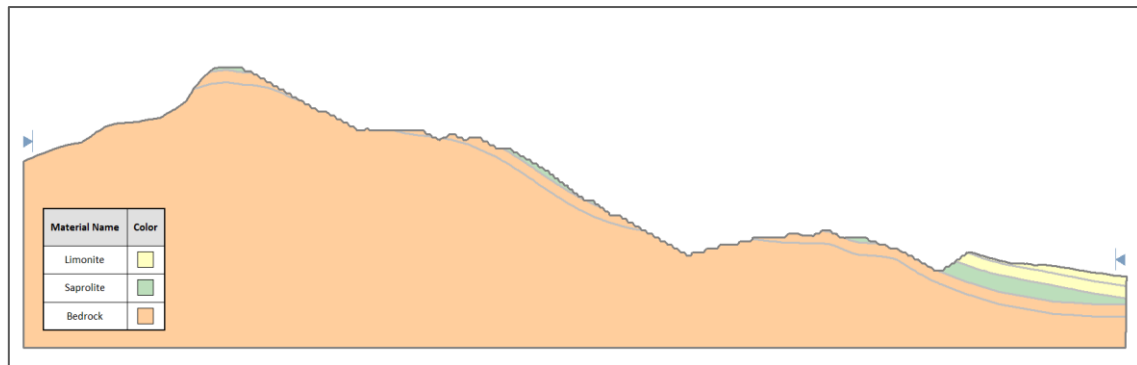
Gambar 4.20 *Section HH'*



Gambar 4.21 *Section II'*



Gambar 4.22 *Section JJ'*



Gambar 4.23 Section KK'

4.5. Metode Analisis Kestabilan Lereng

Analisis geoteknik dilakukan pada *section-section* dari model litologi yang dianggap representatif dan mempunyai kepastian data yang cukup baik untuk digunakan dalam analisis kestabilan lereng. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium*) melalui perangkat lunak *Slide* dari *Rocscience*. Adapun beberapa parameter kondisi tambahan yang diperlukan dalam analisis menggunakan metode kesetimbangan batas dan kriteria kestabilan dijelaskan pada sub bab berikut ini:

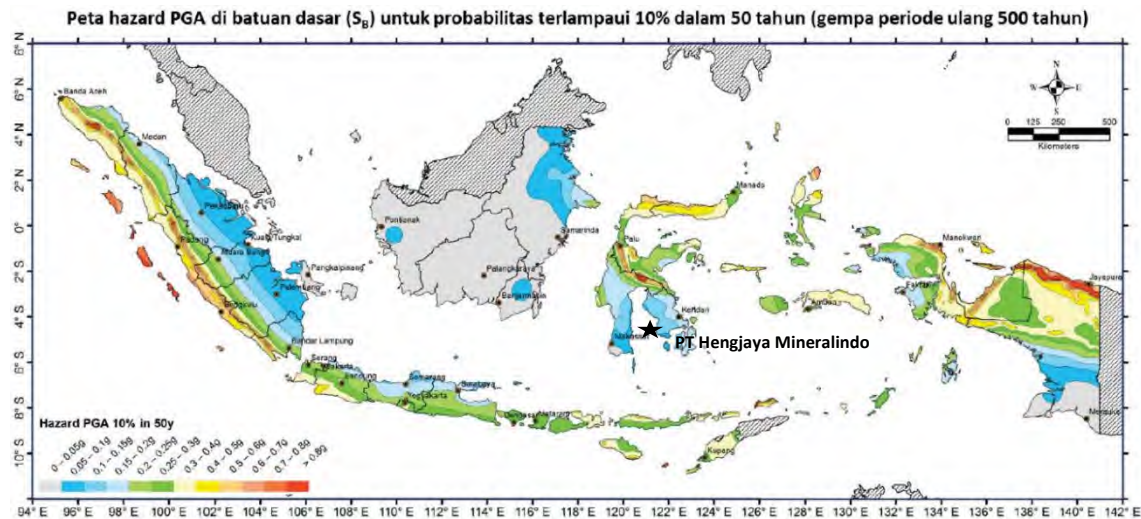
4.5.1. Kondisi Muka Air Tanah dalam Pemodelan

Kondisi muka air tanah merupakan salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam analisis kestabilan lereng. Penentuan kondisi muka air tanah yang digunakan dalam analisis ini diperoleh dari hasil pemodelan muka air tanah berdasarkan dari uji *slug test* yang telah dijelaskan dalam Bab 3 Kajian Hidrologi dan Hidrogeologi.

4.5.2. Kondisi Beban Seismik

Beban seismik yang disebabkan oleh gempa dapat menyebabkan ketidakstabilan pada lereng tambang terbuka terutama pada area zona aktif gempa. Analisa pseudo static menggunakan limit equilibrium dengan horizontal seismic coefficient adalah pendekatan yang umum digunakan untuk mengkaji potensi dampak dari beban seismik terhadap kestabilan lereng.

Penentuan pengaruh seismik pada kajian ini mengacu pada Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 dengan PGA (Peak Ground Acceleration) keterlampaian kejadian sebesar 10% dalam kurun waktu 50 tahun. Pada area IUP PT HM koefisien seismik kegempaan 0.1g berkorelasi dengan nilai PGA di area tersebut (Gambar 4.24).



Gambar 4.24 Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia (Pusat Kajian Gempa Nasional, 2017)

4.5.3. Metode Kesetimbangan Batas (*Limit Equilibrium Method*)

Metode kesetimbangan batas untuk kestabilan lereng memagi massa bidang gelincir menjadi irisan-irisan kecil. Gaya-gaya geser yang bekerja pada “n” irisan diasumsikan mewakili seluruh bagian yang sama dari kuat geser batuan/tanah dimana gaya-gaya geser ini bekerja. Dalam analisis Limit Equilibrium, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan yaitu Bishop, Fellenius, Janbu, Spencer, Sarma, dll. Dalam kajian geoteknik ini, metode yang digunakan adalah metode Spencer. Metode ini dipilih karena metode Spencer mempertimbangkan kesetimbangan yang lengkap (Tabel 4.11) dan memperhitungkan faktor gaya antar setiap irisan.

Tabel 4.11 Perbandingan kondisi kesetimbangan dan asumsi metode *Limit Equilibrium* (Krahn, 2003)

<i>Method</i>	<i>Moment Equilibrium</i>	<i>Horizontal Force Equilibrium</i>	<i>Interslice Normal Force</i>	<i>Interslice Shear Force</i>	<i>Inclination of Interslice Force</i>
<i>Fellenius</i>	Yes	No	No	No	No Force
<i>Bishop Simplified</i>	Yes	No	Yes	No	Horizontal
<i>Janbu Simplified</i>	No	Yes	Yes	Yes	Horizontal
<i>Spencer</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Constant
<i>Morgenstern Price</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Variable

<i>Method</i>	<i>Moment Equilibrium</i>	<i>Horizontal Force Equilibrium</i>	<i>Interslice Normal Force</i>	<i>Interslice Shear Force</i>	<i>Inclination of Interslice Force</i>
<i>Corps of Engin. 1</i>	No	Yes	Yes	Yes	= Crest to Toe Average Dip
<i>Corps of Engin. 2</i>	No	Yes	Yes	Yes	= Slide Ground Surface Dip
<i>Lowe-Karafiath</i>	No	Yes	Yes	Yes	= Average of Surface and Base Dip

4.5.4. Kriteria Standar Faktor Keamanan (FK)

Untuk mengevaluasi kestabilan lereng, salah satu pendekatan yang paling sering dilakukan adalah menghitung nilai Faktor Keamanan (FK). Faktor Keamanan didefinisikan sebagai perbandingan gaya penahan terhadap gaya penggerak. Dalam analisis kesetimbangan batas (Limit Equilibrium), Faktor Keamanan dikalkulasikan sebagai perbandingan regangan geser terhadap tegangan geser sepanjang permukaan kritis (Diederichs, 2007).

Tabel 4.12 menunjukkan pedoman yang disarankan untuk kriteria Faktor Keamanan minimum dalam kajian geoteknik PT HM, yang mengacu pada Kepmen ESDM No. 1827 Tahun 2018 tentang pedoman pelaksanaan kaidah teknik pertambangan yang baik.

Tabel 4.12 Kriteria Faktor Keamanan Minimum (Kepmen ESDM No. 1827 Tahun 2018)

Jenis Lereng	Keparahan Longsor	Kriteria dapat diterima		
		Faktor Keamanan (FK) Statis	Faktor Keamanan (FK) Dinamis	Probabilitas Longsor (PoF) $FK \leq 1$
Lereng tunggal	Rendah-Tinggi	1.1	N/A	25-50%
Inter-ramp	Rendah	1.15-1.2	1	25%
	Menengah	1.2-1.3	1	20%
	Tinggi	1.2-1.3	1.1	10%
Lereng keseluruhan	Rendah	1.2-1.3	1	15-20%
	Menengah	1.3	1.05	10%
	Tinggi	1.3-1.5	1.1	5%

Berdasarkan beberapa pertimbangan di atas, maka kriteria FK minimum yang digunakan pada kajian geoteknik ini adalah 1.3 untuk lereng keseluruhan *pit* pada kondisi statik dan 1.05 pada kondisi pseudostatik atau seismik, dengan acuan *Probability of Failure* (PoF) adalah < 10% untuk keparahan longsor menengah.

Pada lereng keseluruhan *waste dump* digunakan keparahan longsor rendah dengan nilai FK minimum 1.2-1.3 untuk kondisi statik dan nilai FK 1 untuk kondisi pseudostatik, dengan *Probability of Failure* (PoF) adalah 15% - 20%. Sedangkan untuk lereng tunggal, kriteria nilai FK minimum adalah 1.1.

4.5.5. Validasi Properties Material

Pada sub bab 4.3 telah didiskusikan mengenai properties awal material yang akan digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng pit pada PT HM. Sebelum properties (Tabel 4.13) tersebut digunakan untuk analisis, validasi properties tersebut terhadap kondisi aktual pada pit perlu dilakukan.

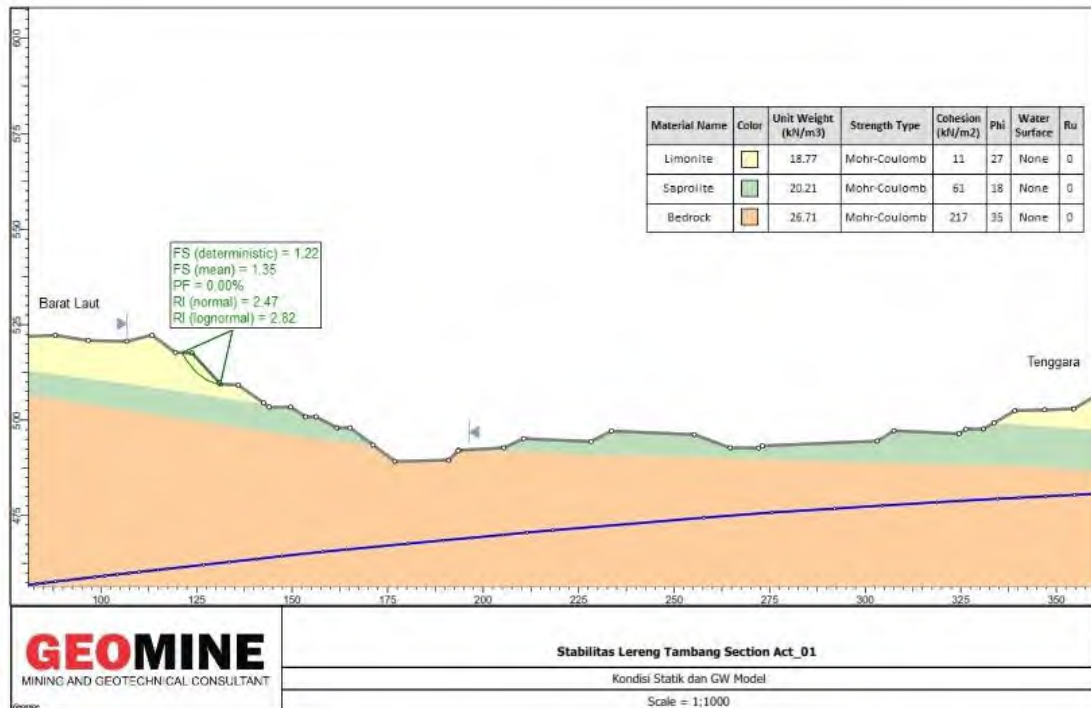
Tabel 4.13 *Properties* Awal Massa Batuan PT. Hengjaya Mineralindo (PT HM)

Litologi	Unit Weight (kN/m ³)	Mohr Coloumb	
		C (kPa)	Phi (Degree)
Limonite	18.77	11	27
Saprolite	20.21	61	18
Bedrock	26.71	217	35

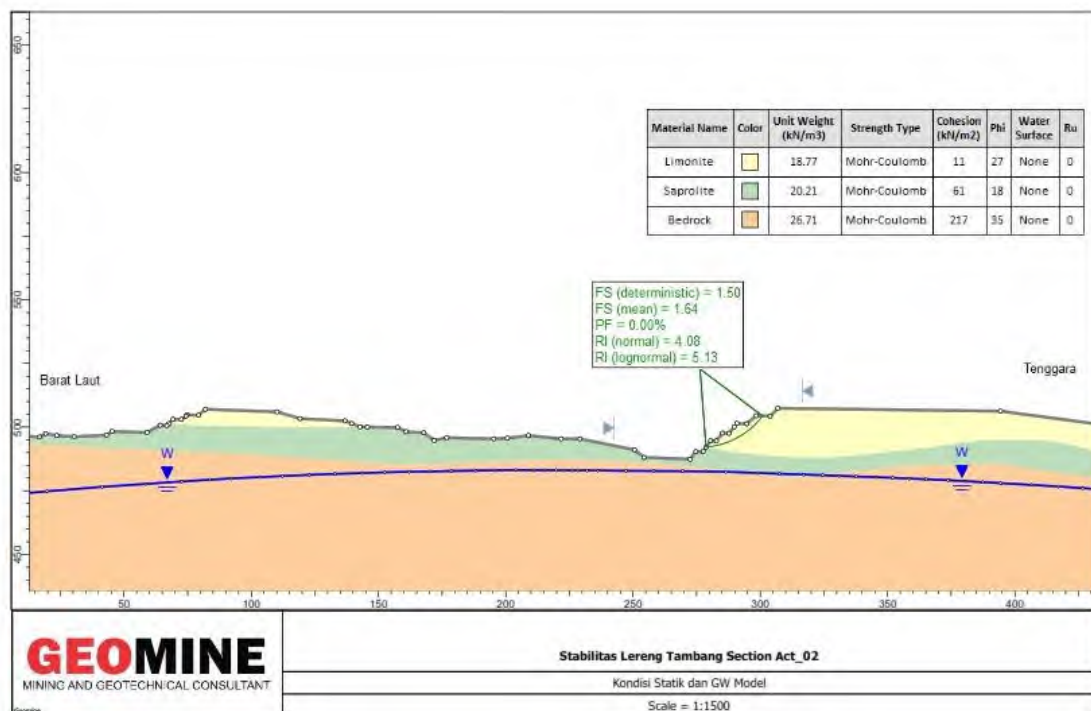
Dari hasil analisis yang dilakukan pada 3 section dari kondisi aktual, diperoleh bahwa kondisi aktual lereng pada 3 penampang tersebut berada pada keadaan *stable* sehingga berdasarkan hasil validasi properties material, properties awal ini akan digunakan pada analisis lebih lanjut (Tabel 4.14 dan Gambar 4.25 sampai 4.27).

Tabel 4.14 Rekapitulasi Analisis Validasi Properties Material

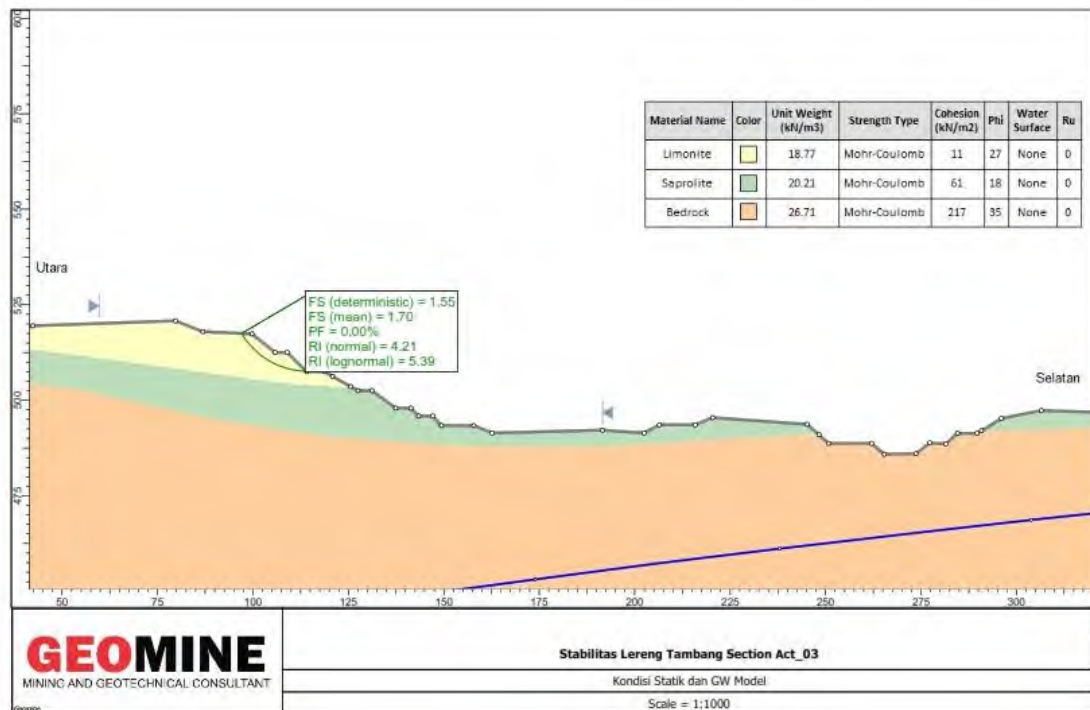
No	Lokasi	Actual Section	FK Statik	POF Statik	FK Dinamik	POF Dinamik	Kondisi Aktual
1	Bete-Bete	Section_Actual_01	1.22	0.0%	1.07	7.7%	<i>Stable</i>
2	Bete-Bete	Section_Actual_02	1.50	0.0%	1.29	0.0%	<i>Stable</i>
3	Bete-Bete	Section_Actual_03	1.55	0.0%	1.28	0.0%	<i>Stable</i>



Gambar 4.25 Hasil Validasi Properties pada Section Actual 01



Gambar 4.26 Hasil Validasi Properties pada Section Actual 02



Gambar 4.27 Hasil Validasi Properties pada Section Actual 03

4.5.6. Analisis Balik Waste Dump

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari personal site PT Hengjaya Mineral, *waste dump* aktual di area DHG-02 terpantau mengalami ketidakstabilan. Penentuan properties material yang sesuai untuk *waste dump* merupakan tantangan yang lain. Material penyusun *waste dump* umumnya berasal dari campuran material-material *waste* yang tertambang sehingga karakteristiknya juga merupakan campuran daripada material-material penyusunnya. Selain itu kondisi material *waste* tidak lagi dalam kondisi insitu sehingga karakteristiknya akan berbeda dengan kondisi insitu. Dengan pertimbangan di atas, perlu dilakukan analisis balik untuk mendapatkan properties material *waste* yang sedekat mungkin merepresentasikan kondisi aktual yang diamati dan dapat digunakan dalam analisis selanjutnya.

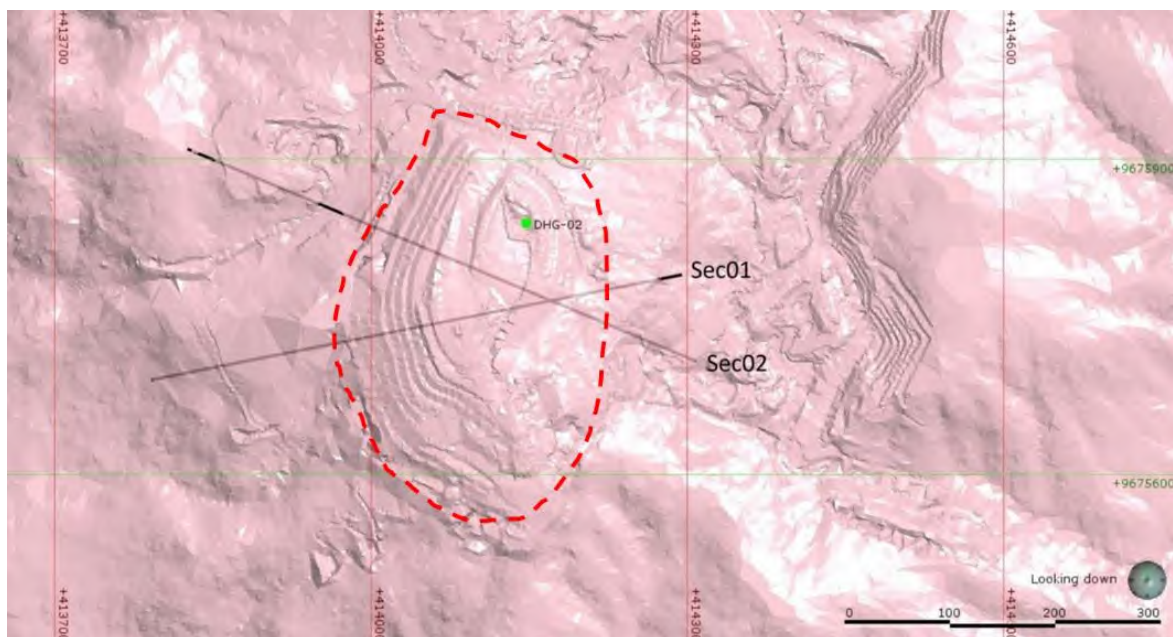
Dalam analisis balik ini digunakan properties awal material *waste* seperti Tabel 4.15 dan kondisi muka air tanah sebagaimana hasil pengukuran muka air tanah (MAT) pada lubang bor DHG-02 yaitu 3.71 m.

Tabel 4.15 *Properties Awal Waste Material*

Litologi	Unit Weight (kN/m ³)	Mohr Coloumb	
		C (KPa)	Phi (Degree)
Waste	21.9	10	37

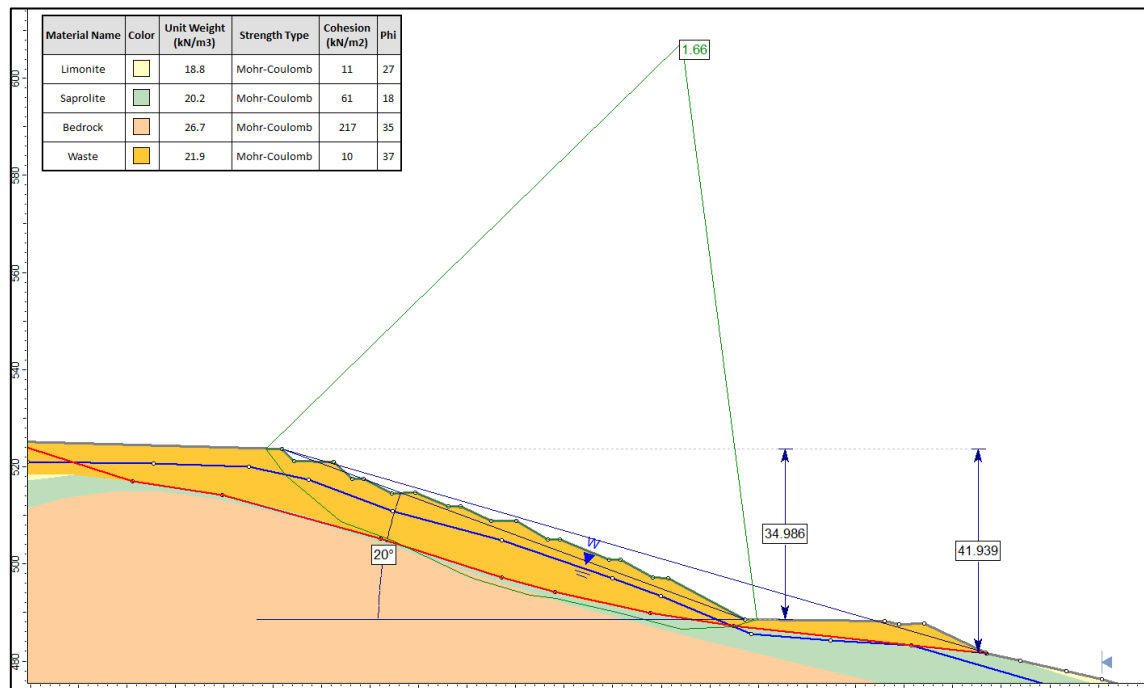
GEOMINE MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT				
Groundwater Level Measurement Form				
Date	Time	GW-Level Depth (mbgs)	Personel	Remarks
Tanggal	Jam	Kedalaman muka airtanah (mbgs)	Personel	Keterangan
28/09/2021	08.00	3,71	YAR	DHG-02
	08.10	3,71	YAR	DHG-02
	08.20	3,72	YAR	DHG-02
04/10/2021	14.00	8,58	YAR	DHG-02
	14.05	8,58	YAR	DHG-02
	14.10	8,58	YAR	DHG-02

Gambar 4.28 Hasil Pengukuran Muka Air Tanah DHG-02

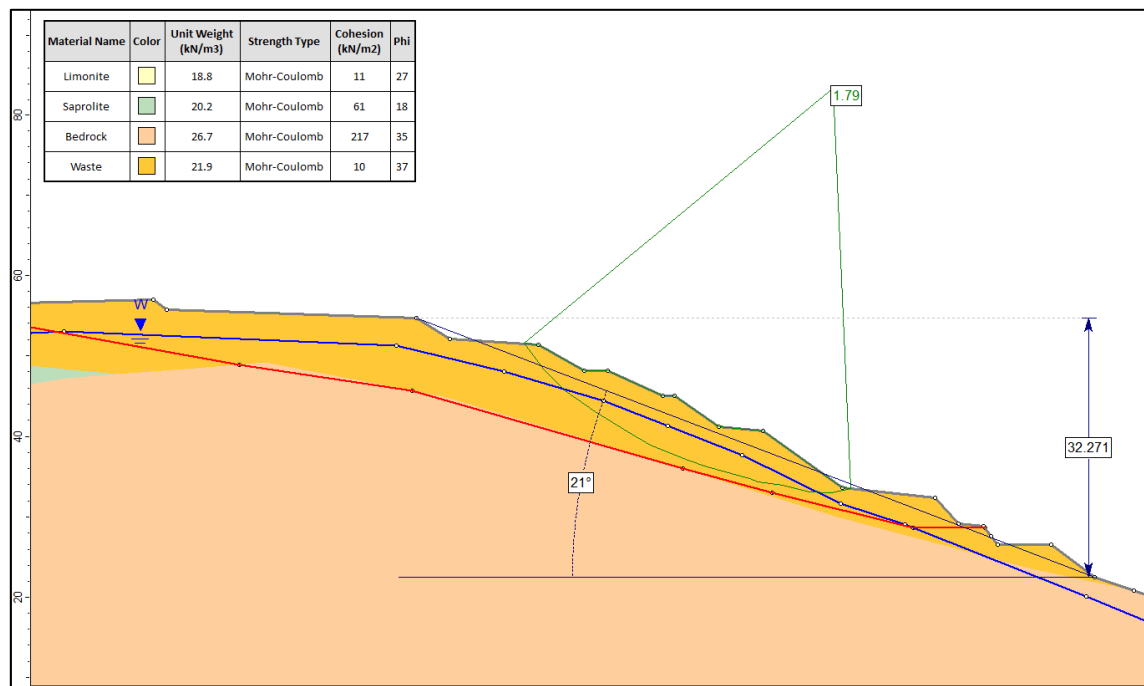


Gambar 4.29 *Section Line Waste Dump Aktual*

Dari dua lokasi *section* pada *waste dump* aktual didapatkan sudut lereng keseluruhan adalah 20° pada *section 1* dan 21° pada *section 2*, sedangkan tinggi lereng masing-masing adalah 35 m dan 32 m. Adapun hasil analisis berdasarkan properties awal material didapatkan masing-masing faktor keamanan 1.66 dan 1.79 (Gambar 4.30 dan Gambar 4.31).



Gambar 4.30 Hasil analisis properties material awal pada *section 1*

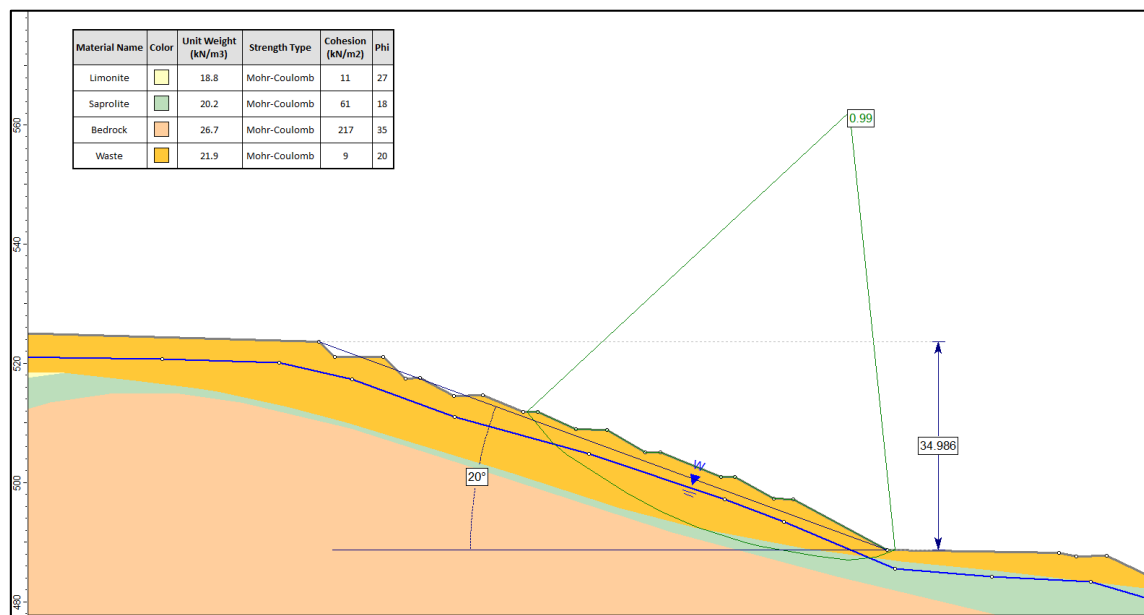


Gambar 4.31 Hasil analisis properties material awal pada *section 2*

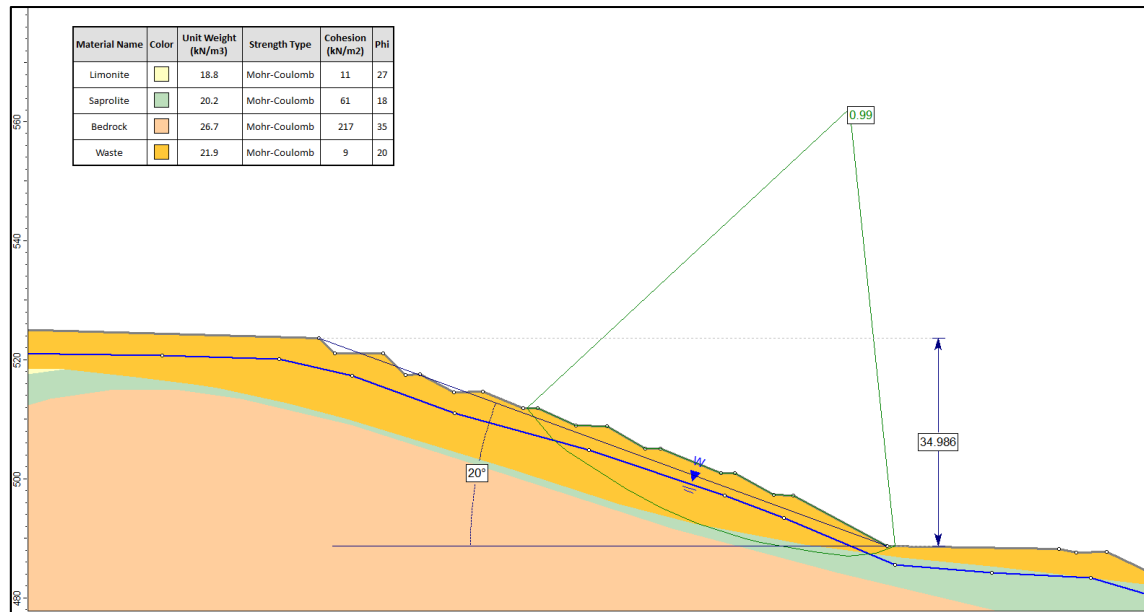
Hasil analisis menggunakan properties waste awal tersebut tidak mencerminkan kondisi ketidakstabilan sehingga perlu dilakukan penyesuaian properties material agar permodelan sesuai dengan kondisi aktual. Untuk itu Faktor Keamanan acuan dalam analisis balik ini adalah di sekitar 1.00 dengan pertimbangan material *waste dump* pada zona kritis. Hasil analisis balik terhadap properties waste menghasilkan properties waste pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Properties Material Analisis Balik

Litologi	Unit Weight (kN/m ³)	Mohr Coloumb	
		C (KPa)	Phi (Degree)
Limonite	18.77	11	27
Saprolite	20.21	61	18
Bedrock	26.71	217	35
Waste	21.9	9	20



Gambar 4.32 Analisis Balik Section 1



Gambar 4.33 Analisis Balik Section 2

4.6. Analisis Kestabilan Lereng

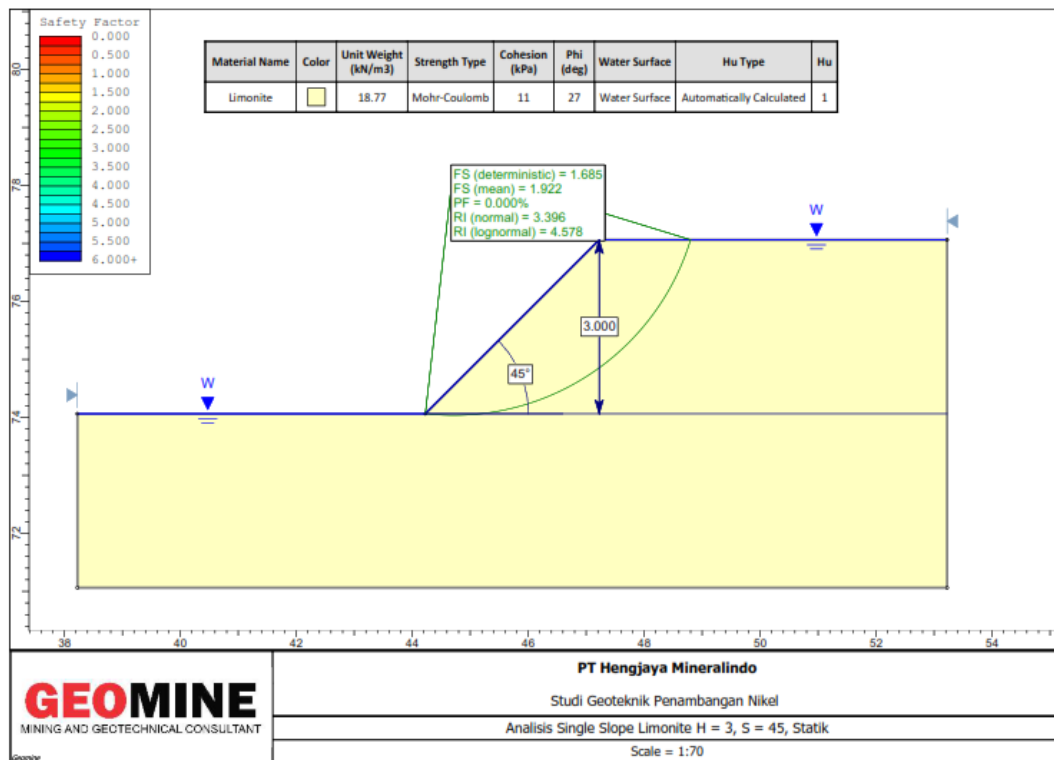
4.6.1. Analisa Kestabilan Lereng Tunggal (Bench Face Angle)

Analisis kestabilan lereng tunggal dilakukan untuk setiap domain, dengan menggunakan kondisi statik (tanpa beban seismik) dan pseudostatik (dengan beban seismik). Pada analisis awal diasumsikan lereng pada keadaan jenuh yang memberikan kondisi terburuk dari sisi pengaruh muka air tanah. Tinggi jenjang yang dianalisis adalah 3 m dan 5 m, dengan sudut *single slope* bervariasi dari 45° hingga sudut maksimum 60°. Hasil analisis kestabilan lereng tunggal ditampilkan pada Tabel 4.17. Dari hasil analisis ini mayoritas geometri lereng tunggal memenuhi kriteria terutama untuk domain *saprolite* dan *bedrock*. Untuk domain *limonite* tinggi jenjang 3 meter dengan kondisi *saturated* memenuhi kriteria namun untuk tinggi jenjang 5 meter perlu berada pada kondisi *dry* untuk dapat memenuhi kriteria.

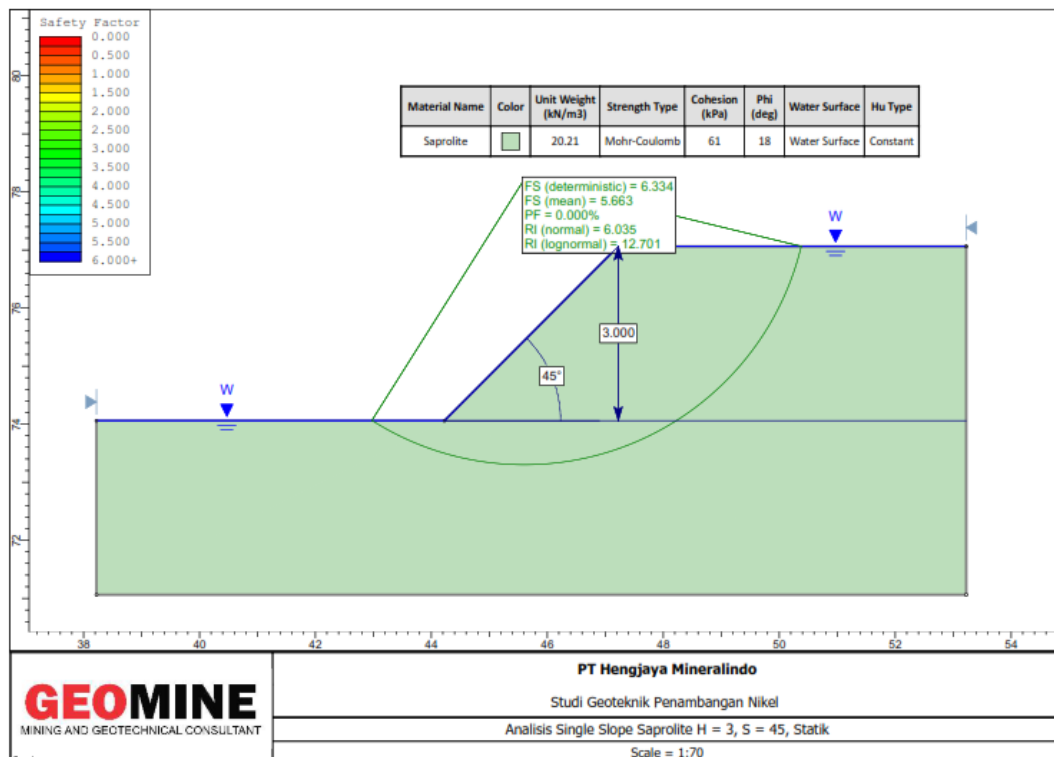
Contoh dari hasil analisis model untuk kestabilan lereng *single slope* ditampilkan Gambar 4.34 sampai 4.36, sementara hasil analisis secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran D.

Tabel 4.17 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Tunggal

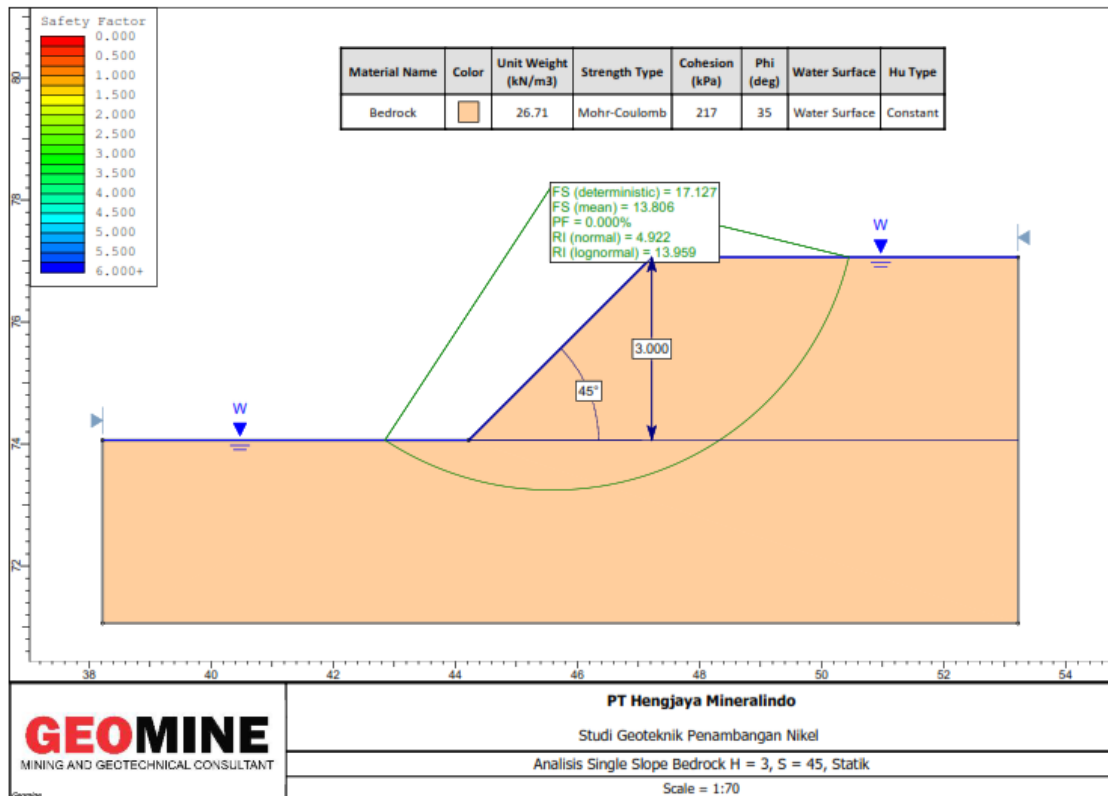
Analisis Lereng Tunggal						
Domain	Tinggi (m)	Sudut (°)	Full Saturated			
			FK Statik	POF Statik	FK Dinamik	POF Dinamik
Limonite	3	45	1.68	0.0%	1.44	0.0%
		50	1.58	0.0%	1.36	0.0%
		55	1.46	0.0%	1.28	0.0%
		60	1.35	0.0%	1.19	0.0%
	5	45	1.20	0.0%	1.03	0.0%
		50	1.11	0.0%	0.96	0.0%
		55	1.02	0.0%	0.89	0.0%
		60	0.92	0.0%	0.82	0.0%
Saprolite	3	45	6.33	0.0%	4.96	0.0%
		50	6.25	0.0%	4.97	0.0%
		55	6.19	0.0%	4.98	0.0%
		60	6.15	0.0%	4.80	0.0%
	5	45	3.91	0.0%	3.23	0.0%
		50	3.82	0.0%	3.11	0.0%
		55	3.80	0.0%	3.04	0.0%
		60	3.77	0.0%	2.92	0.0%
Bedrock	3	45	17.13	0.0%	13.39	0.0%
		50	16.91	0.0%	13.41	0.0%
		55	16.76	0.0%	13.45	0.0%
		60	16.65	0.0%	12.97	0.0%
	5	45	10.63	0.0%	8.71	0.0%
		50	10.48	0.0%	8.59	0.0%
		55	10.38	0.0%	8.29	0.0%
		60	10.37	0.0%	8.00	0.0%
Domain	Tinggi (m)	Sudut (°)	Dry			
			FK Statik	POF Statik	FK Dinamik	POF Dinamik
Limonite	5	45	1.62	0.0%	1.40	0.0%
		50	1.49	0.0%	1.31	0.0%
		55	1.39	0.0%	1.22	0.0%
		60	1.30	0.0%	1.14	0.0%



Gambar 4.34 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Tunggal pada Domain *Limonite*



Gambar 4.35 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Tunggal pada Domain *Saprolite*



Gambar 4.36 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Tunggal pada Domain *Bedrock*

4.6.2. Analisa Kestabilan Lereng Keseluruhan (Overall Slope Angle)

Analisis kestabilan lereng keseluruhan dilakukan pada beberapa lokasi di dalam IUP HM yang merepresentasikan desain *final pit*. Analisis dilakukan pada kondisi statik (tanpa menggunakan beban seismik) dan pada kondisi pseudostatik (menggunakan beban seismik), serta dianalisis dalam kondisi muka air tanah yang didapat dari hasil pemodelan *groundwater table*.

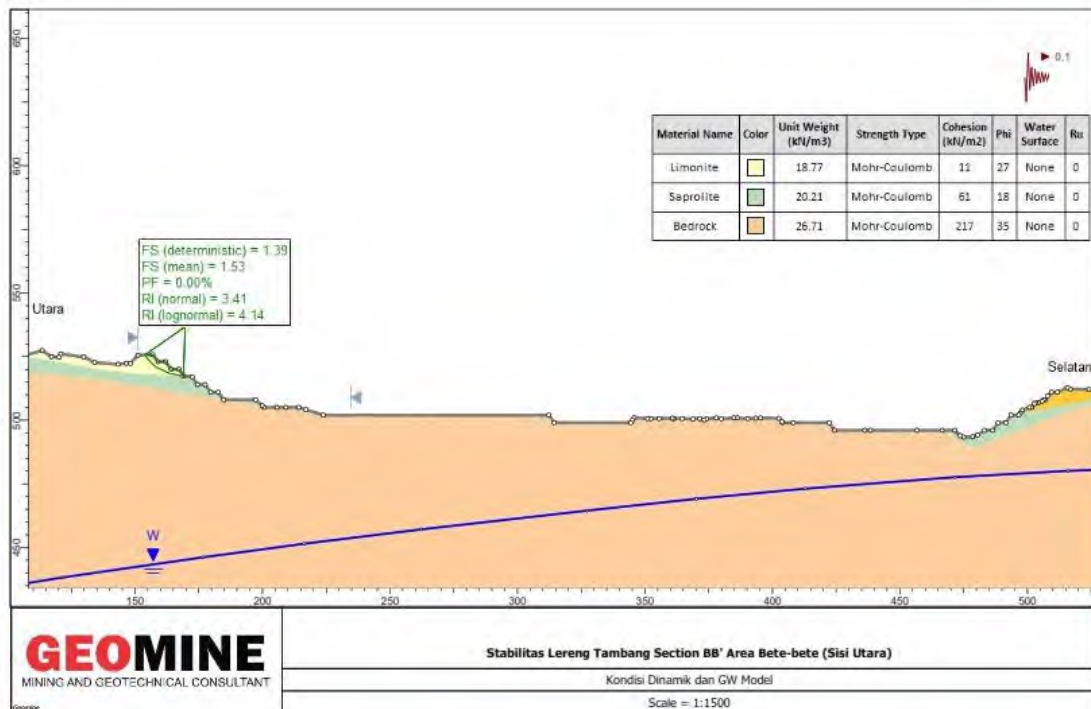
Hasil analisis kestabilan lereng keseluruhan ditampilkan pada Tabel 4.18. Pada setiap *section* yang dibuat terdapat dua lereng di masing-masing sisi (kiri dan kanan). Analisis dilakukan pada kedua lereng tersebut namun data Faktor Keamanan (FK) yang ditampilkan pada Tabel 4.18 merupakan nilai FK minimum dari keduanya.

Contoh dari hasil analisis model untuk kestabilan lereng ditampilkan Gambar 4.37 sampai 4.39, sementara hasil analisis secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran D.

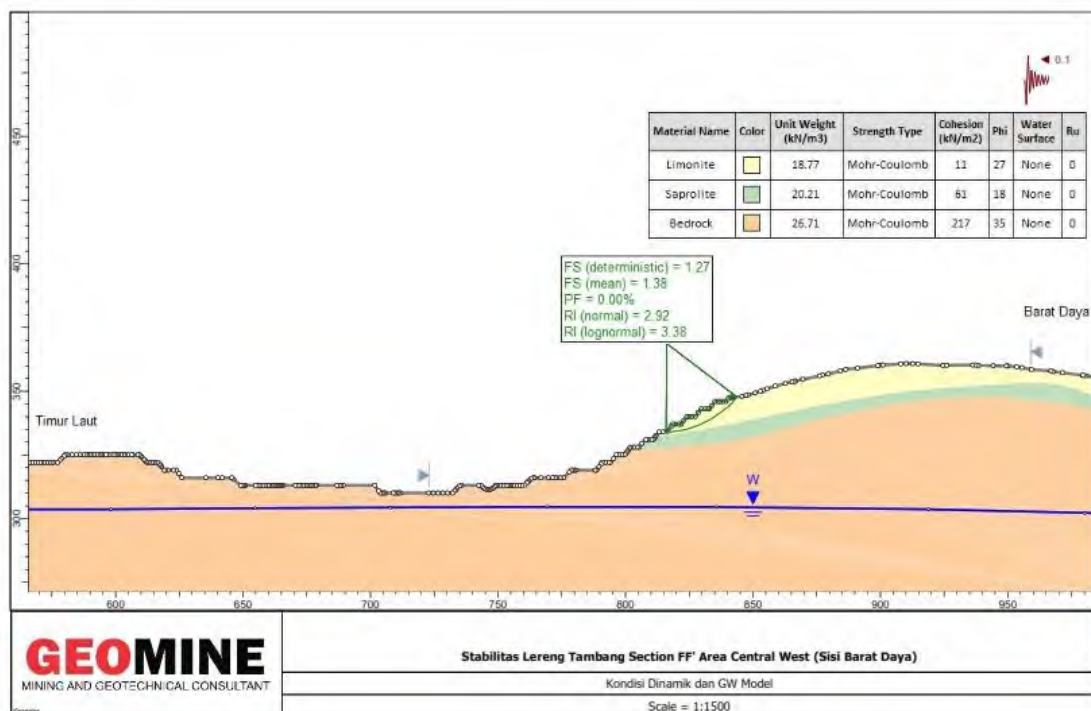
Tabel 4.18 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan

No	Lokasi	Section	Lereng Keseluruhan		FK Statik	POF Statik	FK Dinamik	POF Dinamik	Kondisi
			Tinggi (m)	Sudut (°)					
1	Bete-Bete	Sec_AA'	80.09	29	2.24	0.0%	1.80	0.0%	Stable
2	Bete-Bete	Sec_BB'	17.76	33	1.68	0.0%	1.39	0.0%	Stable
3	Bete-Bete	Sec_CC'	9.00	36	1.87	0.0%	1.61	0.0%	Stable
4	Bete South	Sec_DD'	17.10	30	2.33	0.0%	1.94	0.0%	Stable
5	Bete South	Sec_EE'	14.63	33	1.75	0.0%	1.44	0.0%	Stable
6	Central West	Sec_FF'	28.54	29	1.56	0.0%	1.27	0.0%	Stable
7	Central West	Sec_GG'	22.62	25	1.96	0.0%	1.60	0.0%	Stable
8	Central East	Sec_HH'	31.25	31	1.45	0.0%	1.20	0.0%	Stable
9	Central East	Sec_II'	9.00	23	1.87	0.0%	1.56	0.0%	Stable
10	Central West	Sec_JJ'	15.00	34	1.38	0.0%	1.14	0.6%	Stable
11	Central East	Sec_KK'	14.73	37	1.11	2.4%	0.92	42.7%	Marginally Stable

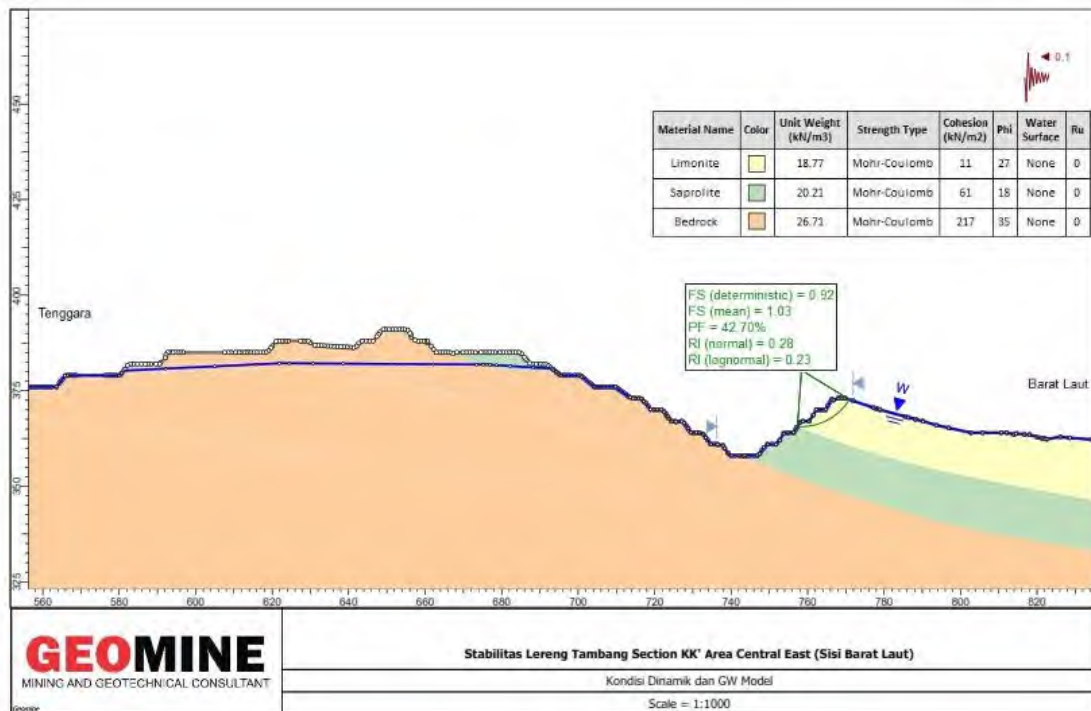
Secara keseluruhan, hasil analisis kestabilan design akhir *pit* PT Hengjaya Mineralindo telah memenuhi kriteria dan menunjukkan kondisi yang stabil dengan nilai Faktor Keamanan (FK) di atas 1.3 untuk kondisi statik dan di atas 1.05, kecuali pada Sec_KK' yang berlokasi di Central East. Hasil analisis pada Sec_KK' menunjukkan nilai FK dan PoF berada di bawah batas kriteria minimum dan menunjukkan kondisi *marginally stable*. Untuk dapat memenuhi kriteria maka ada beberapa rekomendasi yang dapat dilakukan dan dibahas pada Bab 5.



Gambar 4.37 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Section BB' Area Bete-Bete (Sisi Utara)



Gambar 4.38 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Section FF' Area Central West (Sisi Barat Daya)



Gambar 4.39 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Section KK' Area Central East (Sisi Barat Daya)

4.7. Analisis Kemampugalian dan Kemampugaruan

Berbagai metode umum digunakan dalam penentuan kemampugalian dan kemampugaruan. Dalam analisa terkait material di area tambang Hengjaya Mineralindo, metode yang dipilih adalah metode yang diperkenalkan oleh Pettifer-Fookes (1994). Parameter utama yang dibutuhkan adalah kekuatan tekan batuan (*Uniaxial Compressive Strength* - UCS) dan spasi kekar batuan (*Discontinuity Spacing* - m). Data-data tersebut diperoleh dari pengeboran geoteknik yang telah dilakukan di beberapa lokasi seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 di atas. Dari kegiatan pengeboran tersebut juga diambil sejumlah sampel uji laboratorium untuk mendapatkan properties material seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.3 – Tabel 4.8.

4.7.1. Kekuatan Tekan Batuan (*Uniaxial Compressive Strength*)

Nilai UCS untuk batuan *Saprolite* dan *Bedrock* menggunakan data hasil uji laboratorium, sedangkan untuk *Limonite* dan *Soil* digunakan data *Intact Rock Strength* hasil logging geoteknik (contoh pada Gambar 4.40) yang dikonversi menggunakan metode ISRM 1981 (Tabel 4.19) menjadi estimated UCS.

CORE RUN METERAGE						INTACT ROCK STRENGTH	WEATHERING	TYPE OF MATERIAL (Top Soil/ Limonite/ Saprolite/Bedrock)
DEPTH FROM (m)	DEPTH TO (m)	RUN LENGTH (M)	CORE RECOVERY (m)	SUMSTICK > 0.1m	RQD (%)			
0.00	1.00	1.00	1.00			S2	CW	Limonite
1.00	2.50	1.50	0.96			S2	CW	Limonite
2.50	3.50	1.00	0.80			S2	CW	Limonite
3.50	4.50	1.00	1.00			S3	CW	Limonite
4.50	5.00	0.50	1.00			S3	CW	Limonite
5.00	6.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite
6.50	8.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite
8.00	9.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite
9.50	11.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite
11.00	12.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite
12.50	14.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite
14.00	19.80	0.80	1.00			S3	CW	Saprolite

Gambar 4.40 Contoh Data Logging Limonite

Tabel 4.19 Estimasi Kekuatan Soil berdasarkan ISRM 1981

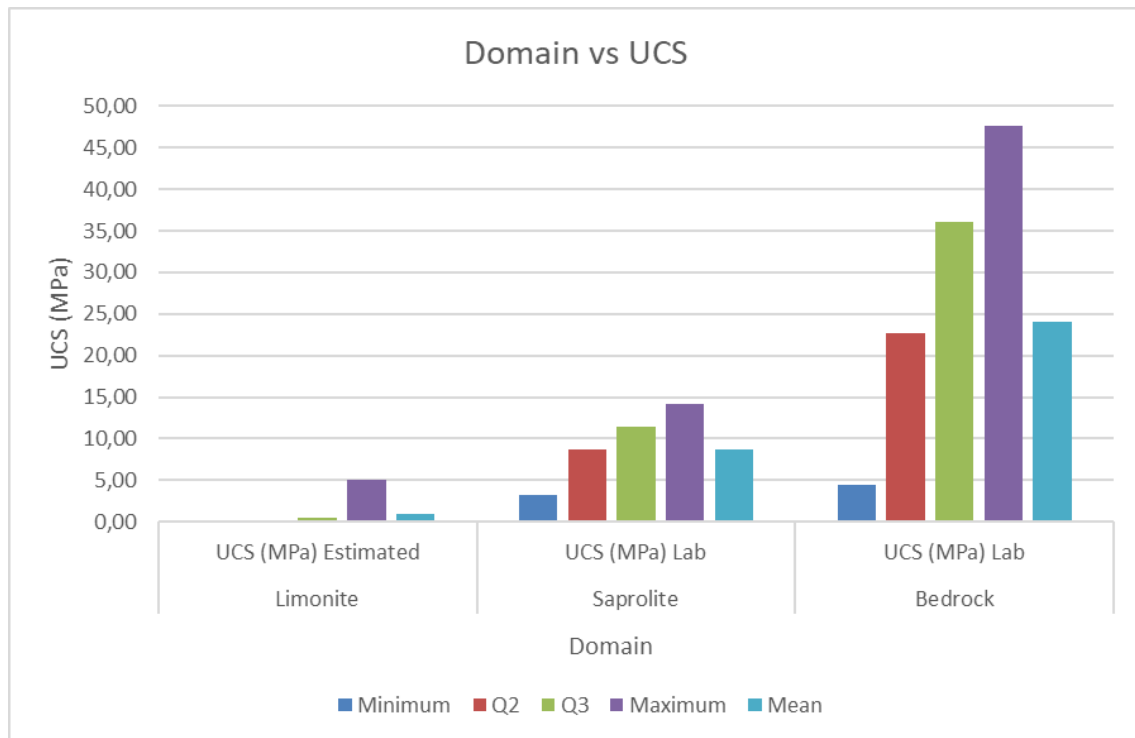
Code (ISRM, 1981)	Description (ISRM, 1981)	UCS Estimation (Mpa)	Strength Estimation in the Field
G	Granular Soil	0	Cohesionless, friable, tanah granular, pasir <i>Cohesionless, friable, granular soil, sand</i>
S1	Very Sft Clay	< 0.025	Mudah menembus beberapa sentimeter dengan kepalan tangan <i>Easy penetrated several centimetres by fist</i>
S2	Soft Clay	0.025 - 0.05	Mudah menembus beberapa sentimeter dengan ibu jari <i>Easy penetrated several centimetres by thumb</i>
S3	Firm Clay	0.05 - 0.1 (< 1.0 on pocket penetrometer)	Dapat menembus beberapa sentimeter dengan ibu jari dengan usaha sedang. Hancur dengan sedikit tekanan dari kuku <i>Can be penetrated several centimetres with thumb with moderate effort. Crumbles under light preassure from a nail</i>
S4	Stiff Clay	0.10 - 0.25 (1.0 - 2.5 on pocket penetrometer)	Mudah diidentifikasi dengan ibu jari tetapi hanya menembus dengan usaha keras. Hancur di bawah tekanan sedang dari kuku. <i>Readily intended by thumb but penetrated only with great effort. Crumbles under moderate pressure from a nail.</i>

Code (ISRM, 1981)	Description (ISRM, 1981)	UCS Estimation (Mpa)	Strength Estimation in the Field
S5	Very Stiff Clay	0.25 - 0.50	Mudah diidentifikasi oleh kuku ibu jari <i>Readily intended by thumbnail</i>
S6	Hard Clay	> 0.50	Indentasi dengan kesulitan dengan kuku ibu jari <i>Indented with difficulty by thumbnail</i>

Tabel 4.20 dan Gambar 4.41 memperlihatkan distribusi nilai UCS untuk masing-masing domain HM.

Tabel 4.20 Kuat Tekan Batuan masing-masing Domain

Domain	Properties	Min	Q2	Q3	Max	Mean
		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
Limonite	UCS Estimated	0.1	0.2	0.4	5.0	1.0
Saprolite	UCS Lab	3.2	8.7	11.5	14.2	8.7
Bedrock	UCS Lab	4.5	22.7	36.0	47.6	24.1



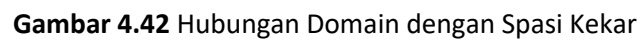
Gambar 4.41 Hubungan Domain dengan Nilai UCS

4.7.2. Spasi Kekar (Discontinuity Spacing)

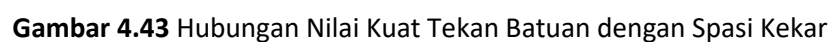
Nilai spasi kekar diestimasi dari data logging jumlah kekar dalam satu run dan divalidasi dengan observasi langsung dari fisik *core*. Sedangkan untuk *Limonite* sama seperti penentuan UCS diestimasi memiliki nilai sebesar 100 rekahan/m dikarenakan dalam limonite berada pada kondisi sangat lapuk (*completely weathered*) atau seperti tanah, sehingga spasi joint $\leq 0.02\text{m}$.

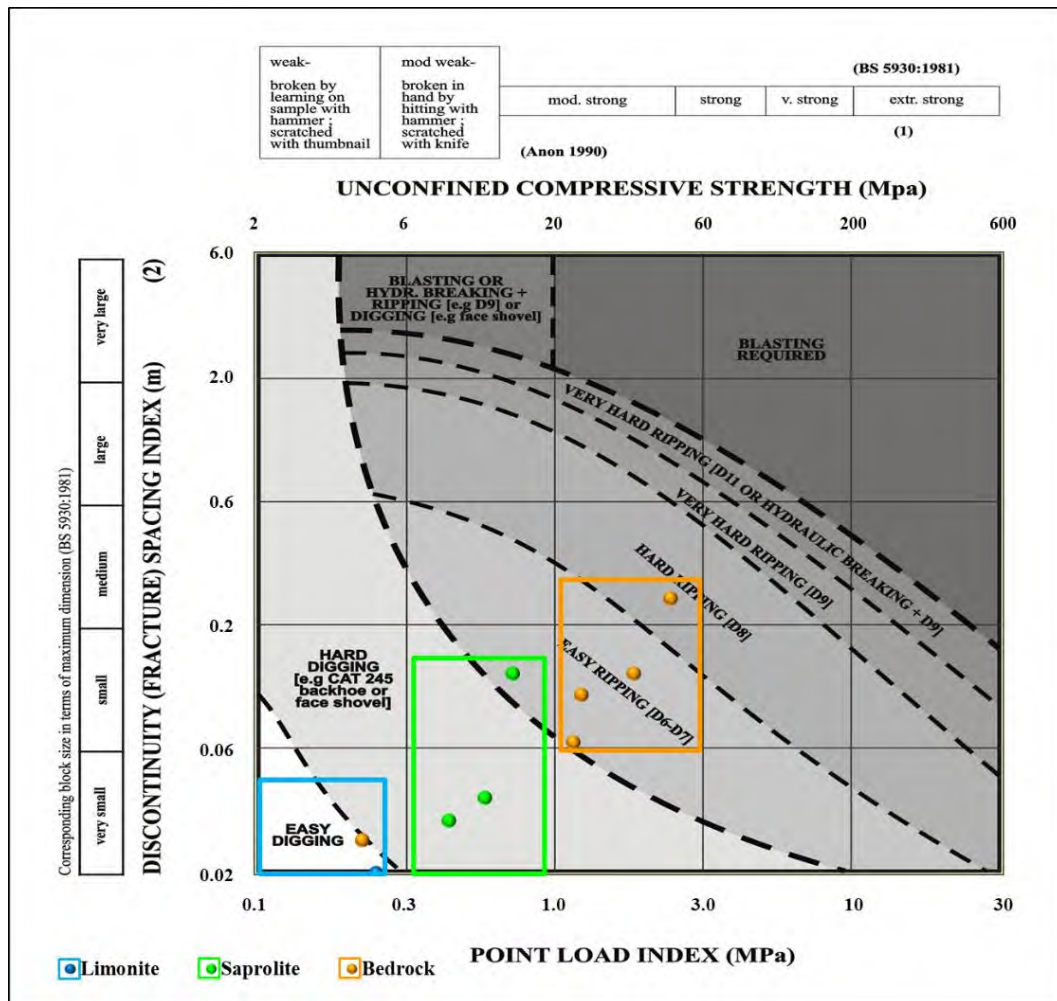
Tabel 4.21 Spasi Kekar masing-masing Domain

Domain	Properties	Min	Q2	Q3	Max	Mean
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Limonite	Joint Spacing	0.010	0.010	0.015	0.020	0.013
Saprolite	Joint Spacing	0.010	0.015	0.040	0.125	0.032
Bedrock	Joint Spacing	0.027	0.067	0.125	0.250	0.103



Data-data UCS dan Spasi Kekar kemudian diplot dalam grafik (Gambar 4.43) untuk melihat korelasi antara kedua parameter tersebut. Selanjutnya data-data tersebut diplot di dalam grafik Pettifer-Fookes untuk mengetahui kemampugalian dan kemampugaruan untuk setiap domain.





Gambar 4.44 Kemampugalian dan Kemampugaruan Berdasarkan Pettifer-Fookes

Dari grafik-grafik di atas terlihat bahwa karakteristik setiap domain terdistribusi dalam kategori yang relatif homogen sehingga perlakuan penggalian atau penggaruan juga relatif sama untuk masing-masing domain tersebut seperti tabel di bawah:

Tabel 4.22 Kemampugalian dan Kemampugaruan per Litologi

Litologi	Metode
Limonite	Easy Digging
Saprolite	Hard Digging
Bedrock	Easy-Hard Ripping

5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

5.1.1. Kesimpulan Kajian Hidrologi dan Hidrogeologi

Berdasarkan hasil kajian hidrologi dan hidrogeologi yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan data untuk keperluan muka airtanah dan konduktivitas hidraulik dianggap telah memenuhi kebutuhan data minimal untuk analisis, data tersebut didapatkan dari pengukuran lapangan pada sembilan lubang bor geoteknik.
2. Hasil estimasi debit puncak air permukaan dengan periode ulang 100 tahun dan metode rasional pada rencana pond berkisar antara $3.8 \text{ m}^3/\text{detik}$ sampai $20.7 \text{ m}^3/\text{detik}$.
3. Lapisan yang membentuk zona akuifer utama pada sistem airtanah adalah laterit bawah dan batuan ultramafik terkekarkan, memiliki ketebalan berkisar antara 10-30 m. Tanah laterit berukuran lempung (*limonite*) berfungsi sebagai lapisan akuiklud. Batuan ultramafik yang tidak terkekarkan bertindak sebagai lapisan akuifug, diasumsikan kontinu hingga ketebalan lebih dari 100 meter.
4. Estimasi *groundwater inflow* pada tahun pertama sebesar 22.2 L/detik dan berangsur turun menuju garis konstan (*steady*) pada tahun-tahun berikutnya di sekitar 19 L/detik . Debit *groundwater inflow* secara umum cenderung kecil karena posisi muka airtanah yang relatif telah turun, sehingga sedikit yang berpotongan dengan bukaan tambang.

5.1.2. Kesimpulan Kajian Geoteknik

Berdasarkan hasil studi geoteknik yang dilakukan, kesimpulan yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data properties material HM dilakukan melalui logging geoteknik terhadap core-core dari sembilan lubang pengeboran geoteknik dan hasil pengujian sifat fisik dan mekanik. Validasi terhadap properties menggunakan geometri aktual dan analisis balik menggunakan indikasi ketidakstabilan dilakukan untuk menentukan properties yang merepresentasikan karakteristik domain geoteknik di area HM.

2. Analisis kestabilan lereng tunggal dilakukan untuk setiap domain dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 5.1. Dari hasil analisis menunjukkan mayoritas geometri lereng tunggal memenuhi kriteria terutama untuk domain *saprolite* dan *bedrock*. Untuk domain limonite tinggi jenjang 3 meter dengan kondisi *saturated* memenuhi kriteria namun untuk tinggi jenjang 5 meter perlu berada pada kondisi *dry* untuk dapat memenuhi kriteria.

Tabel 5.1 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Tunggal

Analisis Lereng Tunggal						
Domain	Tinggi (m)	Sudut (°)	Full Saturated			
			FK Statik	POF Statik	FK Dinamik	POF Dinamik
<i>Limonite</i>	3	55	1.46	0.0%	1.28	0.0%
		60	1.35	0.0%	1.19	0.0%
	5	55	1.02	0.0%	0.89	0.0%
		60	0.92	0.0%	0.82	0.0%
<i>Saprolite</i>	3	55	6.19	0.0%	4.98	0.0%
		60	6.15	0.0%	4.80	0.0%
	5	55	3.80	0.0%	3.04	0.0%
		60	3.77	0.0%	2.92	0.0%
<i>Bedrock</i>	3	55	16.76	0.0%	13.45	0.0%
		60	16.65	0.0%	12.97	0.0%
	5	55	10.38	0.0%	8.29	0.0%
		60	10.37	0.0%	8.00	0.0%

3. Analisis kestabilan lereng keseluruhan dilakukan pada beberapa lokasi di dalam IUP HM yang merepresentasikan desain *final pit* dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 5.2. Secara keseluruhan, hasil analisis kestabilan design akhir *pit* PT Hengjaya Mineralindo telah memenuhi kriteria dan menunjukkan kondisi yang stabil dengan nilai Faktor Keamanan (FK) di atas 1.3 untuk kondisi statik dan di atas 1.05, kecuali pada Sec_KK' yang berlokasi di Central East. Hasil analisis pada Sec_KK' menunjukkan nilai FK dan PoF berada di bawah batas kriteria minimum dan menunjukkan kondisi *marginally stable*.

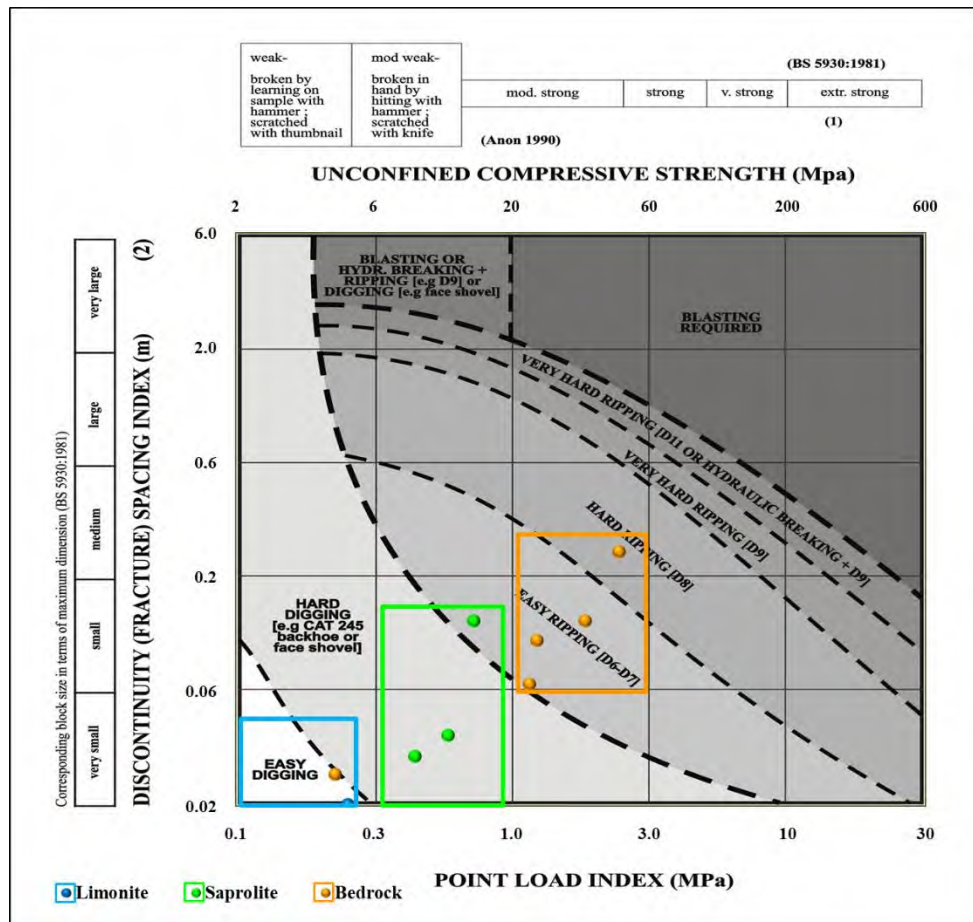
Tabel 5.2 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan

Lokasi	Section	Lereng Keseluruhan		FK Statik	POF Statik	FK Dinamik	POF Dinamik	Kondisi
		Tinggi (m)	Sudut (°)					
Bete-Bete	Sec_AA'	80	29	2.24	0.0%	1.80	0.0%	Stable
Bete-Bete	Sec_BB'	18	33	1.68	0.0%	1.39	0.0%	Stable
Bete-Bete	Sec_CC'	9	36	1.87	0.0%	1.61	0.0%	Stable
Bete South	Sec_DD'	17	30	2.33	0.0%	1.94	0.0%	Stable
Bete South	Sec_EE'	15	33	1.75	0.0%	1.44	0.0%	Stable
Central West	Sec_FF'	29	29	1.56	0.0%	1.27	0.0%	Stable
Central West	Sec_GG'	23	25	1.96	0.0%	1.60	0.0%	Stable
Central East	Sec_HH'	31	31	1.45	0.0%	1.20	0.0%	Stable
Central East	Sec_II'	9	23	1.87	0.0%	1.56	0.0%	Stable
Central West	Sec_JJ'	15	34	1.38	0.0%	1.14	0.6%	Stable
Central East	Sec_KK'	15	37	1.11	2.4%	0.92	42.7%	Marginally Stable

4. Analisis kemampugalian dan kemampugaruan dilakukan pada masing-masing litologi berdasarkan data parameter nilai kuat tekan batuan dan spasi rekahan yang di-plot ke dalam grafik Pettifer-Fookes (Gambar 5.1). Dari grafik dapat disimpulkan bahwa karakteristik setiap litologi terdistribusi dalam kategori yang relatif homogen sehingga perlakuan penggalian atau penggaruan juga relatif sama untuk masing-masing litologi tersebut seperti pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Kemampugalian dan Kemampugaruan per Litologi

Litologi	Metode
Limonite	Easy Digging
Saprolite	Hard Digging
Bedrock	Easy-Hard Ripping



Gambar 5.1 Kemampugalian dan Kemampugaruan Berdasarkan Pettifer-Fookes

5.2. Rekomendasi

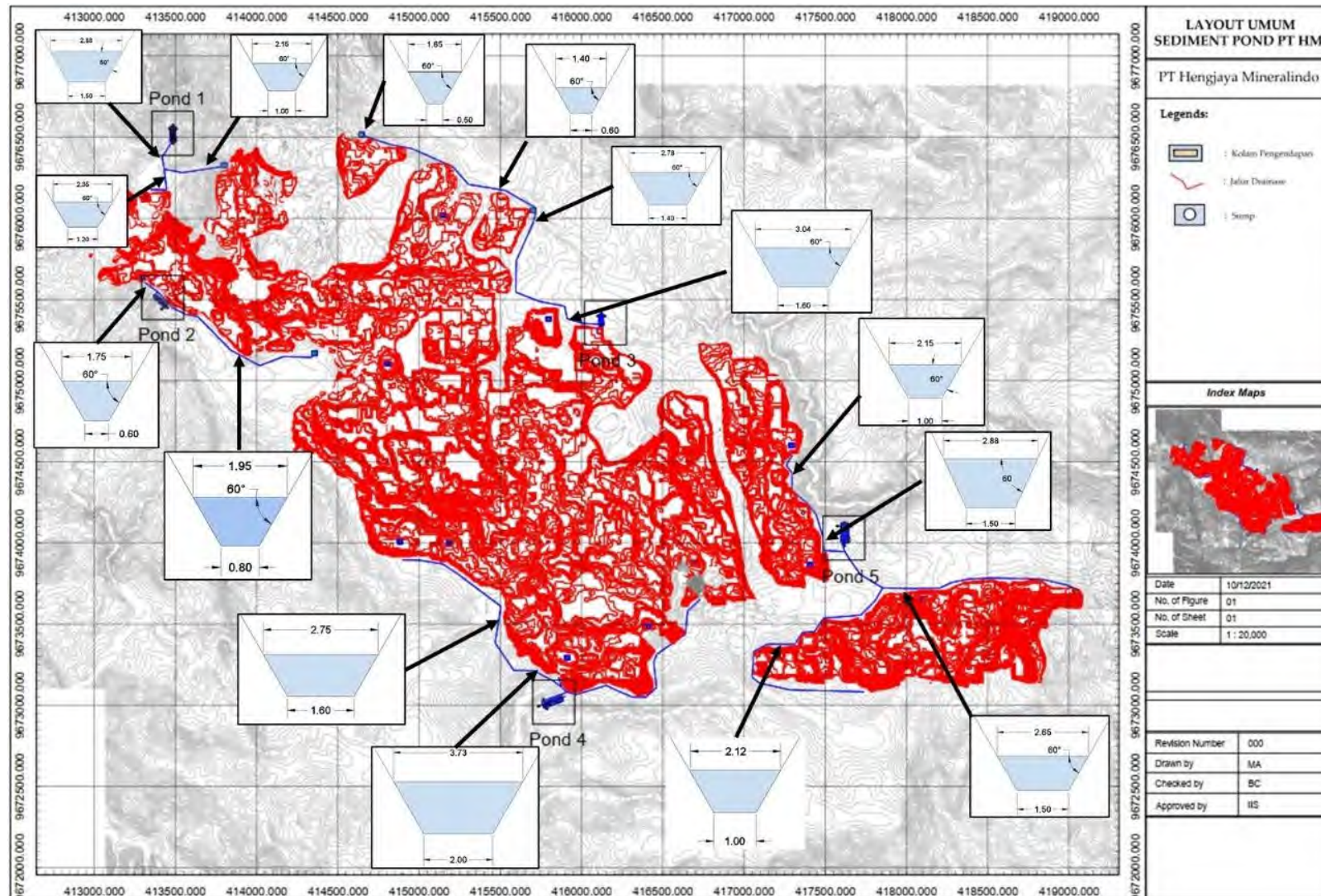
5.2.1. Rekomendasi Hidrologi dan Hidrogeologi

Dari hasil analisis didapatkan beberapa hal yang menjadi rekomendasi teknis terkait dimensi infrastruktur dan peralatan untuk penanganan penyaliran tambang meliputi:

1. Saluran Drainase

Saluran perimeter dibutuhkan khususnya pada bagian Selatan dari area pit *central east* (Gambar 5.2). Saluran ini dibuat untuk mencegah masuknya air permukaan yang cukup besar dari luar ke dalam pit.

Rekomendasi dimensi perimeter drainase ditentukan berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada debit rencana yang telah dihitung sebelumnya. Pembuatan perimeter drainase direkomendasikan dengan bentuk saluran berupa trapesium. *Layout* rekomendasi perimeter drainase, serta tipikal dimensi saluran dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Rekomendasi sistem penyaliran rencana tambang PT HM

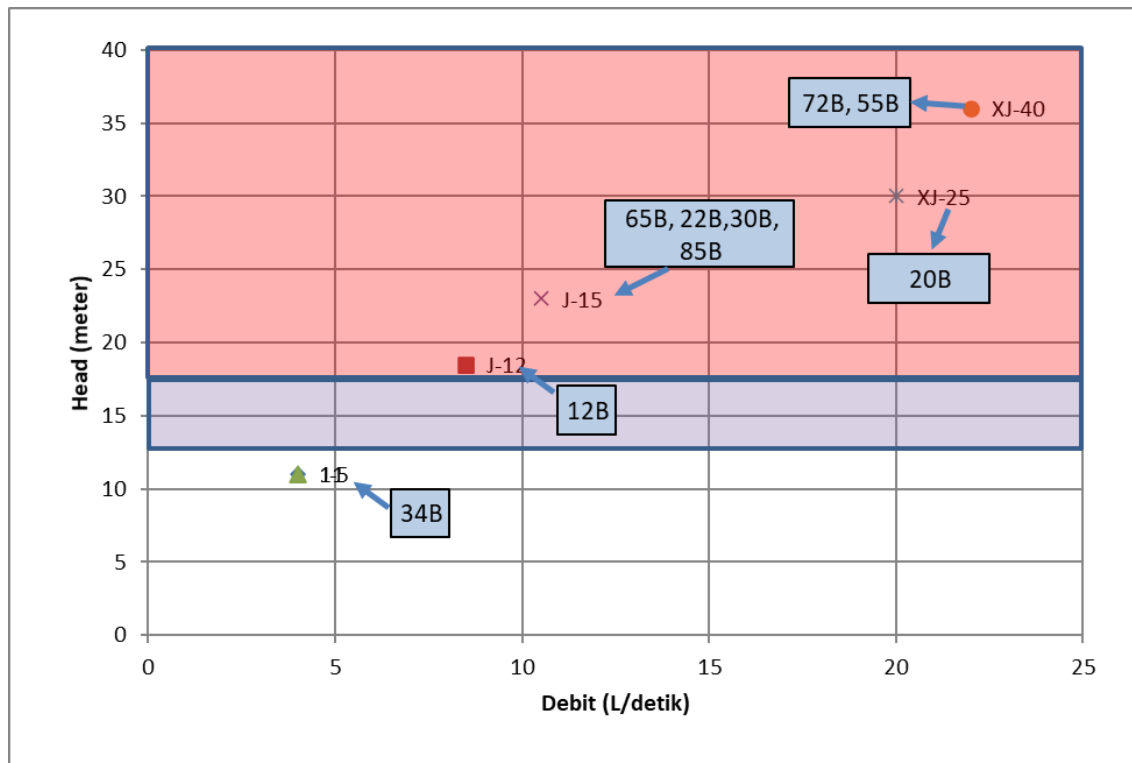
2. Sump dan Pemompaan

Penggunaan pompa di tambang terbuka adalah untuk menjaga agar kapasitas *sump* dapat selalu menahan total limpasan air (airtanah dan air permukaan) yang masuk ke dalam pit. Keseimbangan jumlah air masuk-keluar dilakukan dengan memilih pompa dengan kapasitas yang tepat. Secara teknis, pemilihan pompa dibuat berdasarkan dua faktor utama, yaitu kemampuan dorong pompa (*head*) dan jumlah air yang bisa dipompa (volume/waktu). Kapasitas *inflow* dan *head* maksimum dari masing-masing lokasi rencana pit PT HM dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Kapasitas *inflow* maksimum dan *head* dari masing-masing rencana pit

Sub-Catchment	Peak Flow Rate (m ³ /s)	Head (m)	Head Max (85% Efisiensi) (m)
34B	2.21	6	6.90
65B	6.36	12	13.80
20B	4.07	20	23.00
72B	2.93	30	34.50
22B	4.43	6	6.90
55B	3.32	28	32.20
48B	3.29	8	9.20
30B	6.38	10	11.50
12B	4.72	8	9.20
85B	3.28	4	4.60

Penentuan pompa yang digunakan pada masing-masing pit dihitung berdasarkan potensi maksimum debit *inflow* dan kapasitas *head* maksimum masing-masing rencana pit setelah dikurangi efisiensi sebesar 85%. Gambar 5.3 memperlihatkan spesifikasi pompa yang umum digunakan pada tambang terbuka (contoh dalam produk Sultzter) dengan detail pada Tabel 5.5. Blok biru pada Gambar 5.3 memperlihatkan jenis pompa yang dapat digunakan pada lokasi tambang PT HM.



Gambar 5.3 Spesifikasi pompa berdasarkan kemampuan *head* dan *discharge* (contoh dari produk Sultzer)

Tabel 5.5 Rekomendasi spesifikasi jenis pompa (sejenis) untuk mengantisipasi aliran puncak pada tambang PT HM

Catchment	Jenis Pompa	Discharge (m ³ /s)	Head Pompa (m)	Inflow (m ³ /s)	Head Max (m)	Ratio
34B	J-5	4	11	2.21	6.90	0.55
65B	J-15	10.5	23	6.36	13.80	0.61
20B	XJ-25	20	30	4.07	23.00	0.39
72B	XJ-40	22	36	2.93	34.50	0.13
22B	J-15	10.5	23	4.43	6.90	0.42
55B	XJ-40	22	36	3.32	32.20	0.17
48B	J-12	8.5	18.5	4.72	9.20	0.56
30B	J-15	10.5	23	6.38	11.50	0.61
12B	J-12	8.5	18.5	4.72	9.20	0.56
85B	J-15	10.5	23	3.28	4.60	0.31

Infrastruktur lain yang dibutuhkan untuk penyaliran di dalam tambang adalah *sump*.. Ukuran *sump* utama harus mampu mengakomodasi jumlah air tanah dan air permukaan yang mengalir ke lubang tambang dan idealnya terletak di titik terendah level penambangan. Ukurannya disesuaikan dengan kemampuan total pemompaan yang tersedia. *Sump* pada pit PT HM berjumlah sesuai dengan *sub-catchment* pada area pertambangan. Dari *sump*, air akan dipompa terlebih dahulu ke perimeter drainase, namun tidak semua *sump* membutuhkan pompa karena tidak memiliki *head* ke lokasi perimeter drainase terdekat. Beberapa *sump* yang membutuhkan pemompaan disajikan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Karakteristik *sub-catchment* beserta besar *head* untuk dialirkan ke perimeter

Sub-Catchment	Peak Flow Rate (m ³ /s)	Head (m)	Head Max (m)
34B	2.21	6	6.90
65B	6.36	12	13.80
20B	4.07	20	23.00
72B	2.93	30	34.50
22B	4.43	6	6.90
55B	3.32	28	32.20
48B	3.29	8	9.20
30B	6.38	10	11.50
12B	4.72	8	9.20
85B	3.28	4	4.60

3. *Sediment Pond*

Sediment Pond adalah suatu penyaliran berbentuk kolam yang berfungsi sebagai kolam pengendapan semua air dari areal tambang, baik air tanah maupun air hujan dan bertujuan untuk menjernihkan air yang keluar ke perairan umum. Data ukuran butir yang digunakan pada perhitungan menggunakan hasil analisis laboratorium, yaitu ukuran butir dominan pada bagian permukaan di lokasi studi adalah partikel dengan ukuran medium *silt*. Resume perhitungan *Fall Velocity* dan luas permukaan *sediment pond* dapat dilihat pada Tabel 5.7. Perhitungan ini telah memasukkan faktor keselamatan (*factor of safety*) dengan mengalikan debit puncak sebesar 1.25 kali sesuai rekomendasi pada Kepmen 1827 tahun 2018.

Tabel 5.7 Perhitungan *fall velocity* dan luas permukaan *sediment pond*

Parameter		Unit	Pond				
			P01	P02	P03	P04	P05
Watershed area	A	ha	120.11	117.75	62.61	431.9	229.84
Peak flow (1,25 x Qp)	Qp	m ³ /s	9.175	10.3375	4.7375	25.9	19.2125
Discharge Rate (5% x Qp)	Q	m ³ /s	0.37	0.41	0.19	1.04	0.77
Particle size (medium silt)	d	m	2.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	2.00E-05
Soil particle density	pp	kg/m ³	2617	2617	2617	2617	2617
Water density	pe	kg/m ³	1000	1000	1000	1000	1000
Adjusment factor related to turbulence	Θ		1	1	1	1	1
Fall velocity	Vp	m/s	2.20E-04	2.20E-04	2.20E-04	2.20E-04	2.20E-04
Minimum area of sediment pond	As	m ²	1665.79	1876.85	860.13	4702.33	3488.17

Dengan diketahuinya luas permukaan *sediment pond* yang dibutuhkan, maka dapat diperkirakan dimensi secara keseluruhan. Untuk menjaga kestabilan dinding *sediment pond*, maka kemiringannya dijaga pada angka 1:1.5. Perkiraan dimensi untuk *Pond* 1 hingga 5 dapat dilihat pada Tabel 5.8. Dari perhitungan yang dilakukan, *sediment pond* untuk masing-masing *catchment* (*Pond* 1 hingga *Pond* 5) dibagi menjadi 3 kompartemen, dengan estimasi volume tiap kompartemen berkisar antara 598.5 m³ hingga 8448 m³.

Tabel 5.8 Perhitungan jumlah dan dimensi *settling pond*

Parameter			Pond				
			P01	P02	P03	P04	P05
Sediment Pond Dimension							
Slope of sides			1:1.5	1:1.5	1:1.5	1:1.5	1:1.5
Number of sediment pond			3	3	3	3	3
Width at floor of sediment pond	L	m	7	7	5	12	10
Water depth during operation	P	m	5	5	3	8	7
Width of water surface	W	m	22	22	14	36	31
Length of sediment pond	l	m	26	29	21	44	38
Sediment pond volume (per compartment)		m ³	1885	2102.5	598.5	8448	5453
Total sediment pond volume		m ³	9425	10512.5	1795.5	67584	38171

5.2.2. Rekomendasi Geoteknik

Dari hasil analisis didapatkan beberapa hal yang menjadi rekomendasi meliputi:

1. Sesuai dengan dimensi bench yang direncanakan oleh HM setinggi 3 meter, maka sudut lereng tunggal (*bench face angle*) yang direkomendasikan adalah 55°.

Tabel 5.9 Rekomendasi Analisis Kestabilan Lereng Tunggal

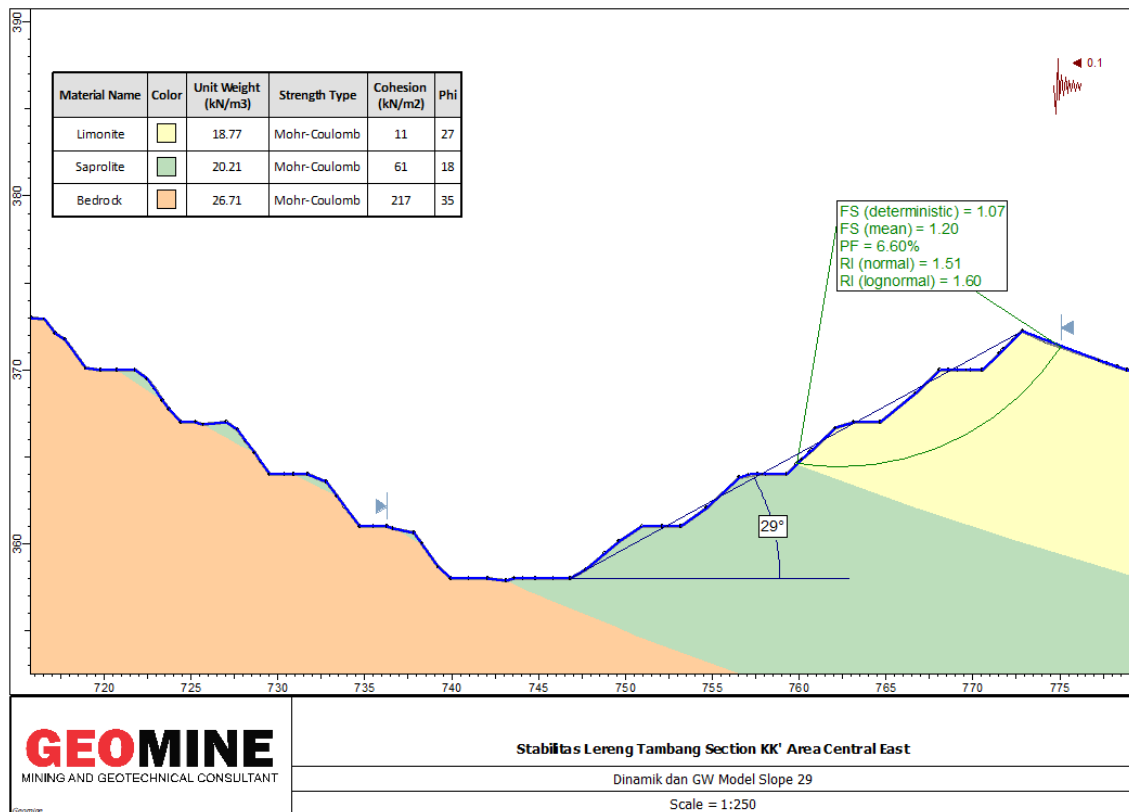
Domain	Tinggi (m)	Sudut (°)	Full Saturated			
			FK Statik	POF Statik	FK Dinamik	POF Dinamik
<i>Limonite</i>	3	55	1.46	0.0%	1.28	0.0%
<i>Saprolite</i>	3	55	6.19	0.0%	4.98	0.0%
<i>Bedrock</i>	3	55	16.76	0.0%	13.45	0.0%

2. Mitigasi risiko ketidakstabilan lereng Section KK'

Analisis kestabilan lereng keseluruhan yang dilakukan terhadap Sec_KK' menunjukkan nilai FK dan PoF berada di bawah batas kriteria minimum dan menunjukkan kondisi *marginally stable*. Terdapat beberapa opsi yang direkomendasikan untuk memitigasi risiko tersebut.

a. Melandaikan sudut *overall slope*

Sudut *overall slope* pit harus diturunkan menjadi sekitar 29° untuk memperoleh nilai FK yang sesuai dengan ketentuan. Gambar 5.4 menunjukkan kondisi lereng setelah dilakukan pelandaian.

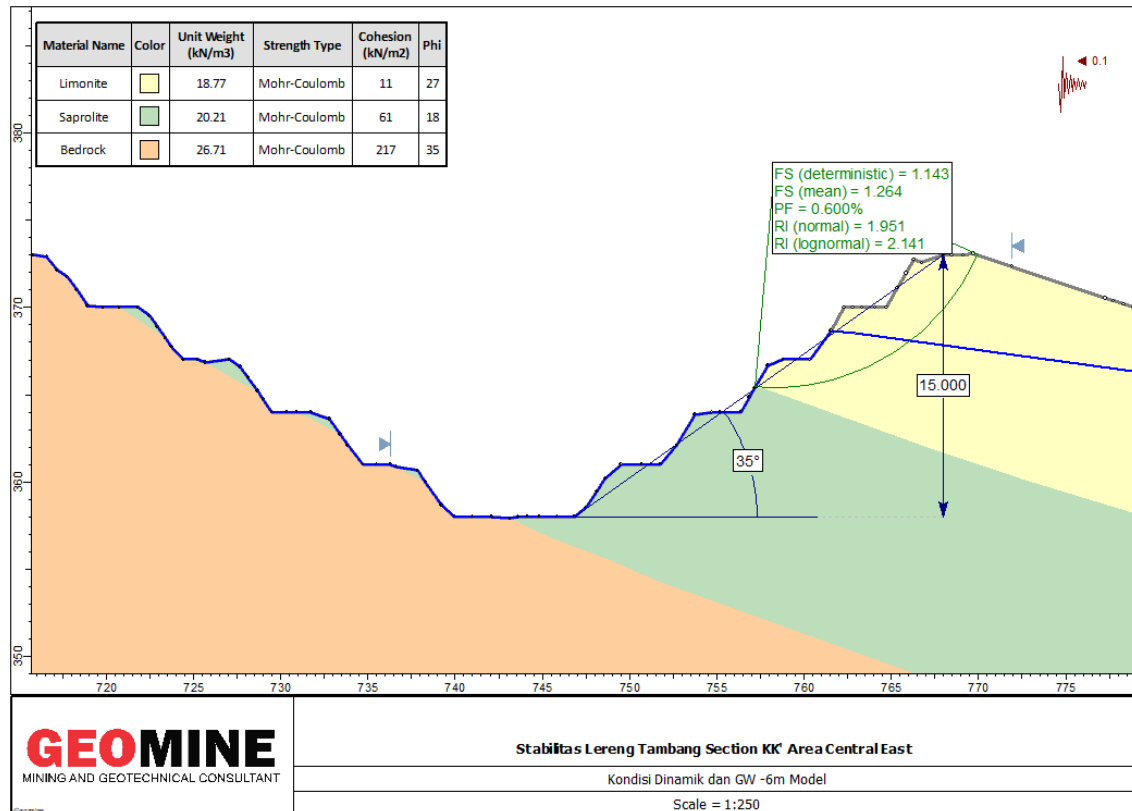


Gambar 5.4 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Section KK' Lereng B (*Overall Slope* 29°)

b. Menurunkan tinggi muka air tanah

Opsi mitigasi lainnya adalah menurunkan tinggi muka air tanah dengan salah satu nya dengan pemasangan *drain hole*. Gambar 5.5 menunjukkan kondisi lereng setelah dilakukan penurunan muka air tanah sedalam 6 m. Opsi lainnya adalah gabungan antara melandaikan sudut lereng dan menurunkan muka air tanah.

Opsi-opsi mitigasi ini perlu dilakukan bersamaan dengan pemantauan (monitoring) di lapangan dan disesuaikan dengan kemudahan implementasi di lapangan.



Gambar 5.5 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Section KK' Lereng B (GW -6m Model)

- Sudut overall slope area waste dump harus diturunkan sekitar 2° dari kondisi aktual untuk memperoleh nilai FK yang sesuai dengan ketentuan. Sudut overall slope yang menunjukkan nilai FK aman adalah sebesar 18° atau ratio (1V : 3H). Hasil analisis menggunakan dimensi rekomendasi dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Analisis Rekomendasi Kestabilan Lereng *Waste Dump*

Case	Slope Geometry	Static		Dynamic (0.1g)	
	Overall Slope (°)	FoS	PoF	FoS	PoF
Desain awal	20	1.21	0	0.89	94.1
Rekomendasi	18	1.41	0	1.01	16.9

- Dari hasil analisis kemampuan dan kemampuan direkomendasikan pada material limonite dengan kekuatan batuan yang rendah dapat dilakukan free digging secara langsung, sedangkan pada material saprolite atau rocky saprolite perlu dilakukan ripping terlebih dahulu sebelum material di-digging dengan excavator.

Lampiran **A**

Field Drilling Report PT HM

GEOMINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANTS

FIELD DRILLING REPORT

Client: PT-HM
Project: GEOTECH HM
Location: BETE - BETE

Coordinates: 413455 Datum: 380 r
Surface RL: 9675637
Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CORING
Inclination: 90°

Report of Borehole: DHG-G1
Start Date: 28-09-2021
End Date: 29-09-2021
Logged by: Toya A. Permaran
Checked:

[illegible]

GEOMINE

MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT

FORM SAMPLING

Client: PT. HM
Project: Geotech HM
Location: BETE-BETE

Coordinates: 418455
Surface RL: 967.5637 Datum: 380 m
Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CORING
Inclination: 90°

Report of Borehole:

Start Date: 28-09-2021
End Date: 29-09-2021
Sampling by: Yoga A. Prmawati
Checked:

FIELD SAMPLING AND TESTING

[illegible]

GEOMINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT

[illegible]

[illegible]

GEO MINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT



FIELD DRILLING REPORT										
CORE RUN METERAGE						FIELD MATERIAL DESCRIPTION				
DEPTH FROM (m)	DEPTH TO (m)	RUN LENGTH (m)	CORE RECOVERY (m)	SUMSTICK > 0.1m	RQD (%)	INTACT ROCK STRENGTH	WEATHERING	TYPE OF MATERIAL (Top Soil/ Limonite/ Saprolite/Bedrock)	SOIL/ROCK MATERIAL DESCRIPTION (e.g. Soil or Rock Name, Plasticity, Grain Size, Colour)	STRUCTURE AND ADDITIONAL OBSERVATIONS
0.00	1.00	1.00	1.00			S1	CW	Top Soil	Soil, HP, Clay, Reddish brown	
1.00	2.00	1.00	1.00			S1	CW	Top Soil	Soil, HP, Clay, Reddish brown	
2.00	3.00	1.00	1.00			S1	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Reddish brown	
3.00	4.00	1.00	1.00			S1	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Reddish brown	
4.00	5.00	1.00	0.60			S1	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Reddish brown	
5.00	6.50	1.50	0.67			S1	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Reddish brown	
6.50	8.00	1.50	1.00			S1	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Reddish brown	
8.00	9.50	1.50	0.93			S1	CW	Limonite/Saprolite	Limonite/Saprolite, Clay/Boulder, Brown	
9.50	11.00	1.50	1.00			S1/S2	CW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish brown	
11.00	12.00	1.00	1.00			R2	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish brown	
12.00	13.00	1.00	1.00			R2/S2	HW/CW	Saprolite	Saprolite, MP, Medium Silt, Brown	
13.00	14.00	1.00	1.00			S2	CW	Saprolite	Saprolite, MP, Medium silt/Boulder, Brown	
14.00	15.50	1.50	1.00			S2/R2	CW/HW	Saprolite	Saprolite, Medium silt/Boulder, Brown	
15.50	17.00	1.50	0.60			R2/S2	HW/CW	Saprolite	Saprolite, MP, Medium Silt/Boulder Brown	
17.00	18.00	1.00	1.00			R2	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish brown	
18.00	19.00	1.00	1.00			R2	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish grey	
19.00	20.00	1.00	0.60			R2	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish grey	
20.00	21.00	1.00	0.55			R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish brown	
21.00	22.00	1.00	0.85			R1	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish brown	
22.00	23.00	1.00	0.50	0.20	40	R3	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish grey	
23.00	24.00	1.00	0.50			R3	HW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish grey	
24.00	24.50	0.50	1.00			R3	MW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish grey	
24.50	25.00	0.50	1.00			R3	MW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish grey	
25.00	26.00	1.00	1.00			R4	MW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish grey	
26.00	26.50	0.50	1.00			R4	SW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish grey	
26.50	27.50	1.00	1.00			R4	SW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish grey	
27.50	28.00	0.50	1.00			R4	SW	Saprolite	Saprolite, Boulder, Greenish grey	
28.00	29.00	1.00	0.50	0.50	50	R4	FR	Bedrock	Dunite, Boulder, Dark grey	
29.00	29.50	0.50	1.00	0.20	52	R4	FR	Bedrock	Dunite, Boulder, Dark grey	
29.50	30.00	0.50	1.00	0.35	70	R4	FR	Bedrock	Dunite, Boulder, Dark grey	
30.00	31.00	1.00	0.50	0.12	12	R4	FR	Bedrock	Dunite, Boulder, Dark grey	
EOT : 31.00 m										

GEOMINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANTS

FORM SAMPLING

Client: PT. HM
Project: GEOTECH HM
Location: BETE - BETE

Coordinates: 2150 M
Surface RL: 9675.627 Datum: 445 m
Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CORING
Inclination: 90°

Report of Borehole: DHG-03

Start Date: 22-09-2021

End Date: 22-09-2021

Sampling by: Yoga A. Rimbawan

Checked:

FIELD SAMPLING AND TESTING

[illegible]

GEO MINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT



GEOMINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT

FIELD DRILLING REPORT

Client: PT. HM
Project: GEOTECH HM
Location: BETE-BETE SOUTH

Coordinates: 414243
Surface RL: 9674637
Datum: 423 m
Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CORING
Inclination: 90°

Report of Borehole: DHG-09
Start Date: 25-09-2021
End Date:
Logged by:
Checked:

CORE RUN METERAGE						FIELD MATERIAL DESCRIPTION				
DEPTH FROM (m)	DEPTH TO (m)	RUN LENGTH (m)	CORE RECOVERY (m)	SUMSTICK > 0.1m	RQD (%)	INTACT ROCK STRENGTH	WEATHERING	TYPE OF MATERIAL (Top Soil/ Limonite/ Saprolite/Bedrock)	SOIL/ROCK MATERIAL DESCRIPTION (e.g. Soil or Rock Name, Plasticity, Grain Size, Colour)	STRUCTURE AND ADDITIONAL OBSERVATIONS
0.00	1.00	1.00	1.00			S1	CW	Top Soil	Soil, MP, Medium Silt, Dark brown	
1.00	2.00	1.00	1.00			S1	CW	Top Soil	Soil, MP, Medium Silt, Dark brown	
2.00	3.50	1.50	0.93			S1	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Dark brown	
3.50	5.00	1.50	1.00			S1	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Dark brown	
5.00	6.50	1.50	0.83			S1	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Dark brown	
6.50	8.00	1.50	1.00			S2	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Dark brown	
8.00	9.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Dark brown	
9.50	11.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Fine Sand, Dark brown	
11.00	12.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Fine Sand, Dark brown	
12.50	14.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Fine Sand, Brown	
14.00	15.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Sand, Brown	
15.50	17.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Sand, Brown	
17.00	18.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite / Saprolite	Saprolite, MP, Medium Sand, Brown	
18.50	20.00	1.50	1.00			R3	FW	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Greenish dark grey	
20.00	20.50	0.50	0.80			R3	FW	Saprolite	Saprolite Rock, Gravel-Boulder, Dark grey	
20.50	21.00	0.50	0.80			R3	FW	Saprolite	Saprolite Rock, Gravel-Boulder, Dark grey	
21.00	22.00	1.00	0.80			R3	MW	Saprolite	Saprolite Rock, Gravel-Boulder, Dark grey	
22.00	23.00	1.00	0.60			R3	MW	Saprolite	Saprolite Rock, Gravel-Boulder, Dark grey	
23.00	24.00	1.00	0.80			R3	MW	Saprolite	Saprolite Rock, Gravel-Boulder, Dark grey	
24.00	25.00	1.00	1.00			R3	MW	Saprolite	Saprolite Rock, Gravel-Boulder, Dark grey	
25.00	26.50	1.50	1.00			R3	MW	Saprolite	Saprolite Rock, Gravel-Boulder, Dark grey	
26.50	27.50	1.00	1.00			R3	MW	Saprolite	Saprolite Rock, Gravel-Boulder, Dark grey	
27.50	28.00	0.50	1.00			R3	MW	Saprolite	Saprolite Rock, Gravel-Boulder, Dark grey	
28.00	29.00	1.00	1.00			R4	MW/SW	Saprolite	Saprolite Rock, Gravel-Boulder, Dark grey	
29.00	30.00	1.00	0.80			R4	MW/SW	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Dark grey	
30.00	31.00	1.00	1.00			R4	MW/SW	Saprolite / Bedrock	Saprolite Rock, Boulder, Dark grey	
31.00	32.00	1.00	1.00			R4	FR	Bedrock	Dunite, Boulder, Dark grey	
32.00	33.00	1.00	1.00			R4	FR	Bedrock	Dunite, Boulder, Dark grey	
33.00	34.00	1.00	0.50			R4	FR	Bedrock	Dunite, Boulder, Dark grey	
34.00	35.00	1.00	0.50			R4	FR	Bedrock	Dunite, Boulder, Dark grey	

60H

GEOMINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT

FORM SAMPLING

Client: PT. HM
Project: GEOTECH HM
Location: BETE-BETE SOUTH

Coordinates: 4192 43
Surface RL: 9674697 Datum:
Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CORING
Inclination: 90°

Report of Borehole:

Start Date: 25-09-2021
End Date:
Sampling by: Yago A. Pinares
Checked:

FIELD SAMPLING AND TESTING

[illegible]

GEO MINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT

GEOMINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANTS

FIELD DRILLING REPORT

Client: PT. HAM
Project: GEOTECH HAM
Location: BETE- BETE SOUTH

Coordinates: 415969 Datum: 452 m
Surface RL: 9679908
Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CORING
Inclination: 90°

Report of Borehole: DHG - G5

Start Date: 19-09-2021
End Date: 21-09-2021
Logged by: Yoga A. Rimawan
Checked:

[illegible]

[illegible]

GEO MINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT



GEOMINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT

FIELD DRILLING REPORT

Client: PT. HM
Project: GEOTECH HM
Location: CENTRAL WEST

Coordinates: 415447
8673487
Datum: 332 m
Surface RL:
Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CORING
Inclination: 90°

Report of Borehole: DHG-06
Start Date: 15-09-2021
End Date: 16-09-2021
Logged by: Yoda A. Rimaun
Checked:

CORE RUN METERAGE						FIELD MATERIAL DESCRIPTION				
DEPTH FROM (m)	DEPTH TO (m)	RUN LENGTH (M)	CORE RECOVERY (m)	SUMSTICK > 0.1m	RQD (%)	INTACT ROCK STRENGTH	WEATHERING	TYPE OF MATERIAL (Top Soil/ Limonite/ Saprolite/Bedrock)	SOIL/ROCK MATERIAL DESCRIPTION (e.g. Soil or Rock Name, Plasticity, Grain Size, Colour)	STRUCTURE AND ADDITIONAL OBSERVATIONS
0.00	1.00	1.00	1.00			S1	CW	Top Soil	Soil, HP Clay, Brown	
1.00	2.00	1.00	1.00			S2	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Brown	
2.00	3.50	1.50	0.67			S2	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Brown	
3.50	5.00	1.50	0.63			S2	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Brown	
5.00	6.00	1.00	1.00			S2	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Brown	
6.00	7.00	1.00	0.90			S2	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Brown	
7.00	8.00	1.00	1.00			S2	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Brown	
8.00	9.00	1.00	1.00			S2	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Brown	
9.00	10.00	1.00	1.00			S2	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Brown	
10.00	11.00	1.00	1.00			S2	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Brown	
11.00	12.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Brown	
12.50	14.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Brown	
14.00	15.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Brown	
15.50	17.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Brown	
17.00	18.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Brown	
18.50	20.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Brown	
20.00	21.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Medium Silt, Brown	
21.50	23.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite/Saprolite	Saprolite, MP, Medium Silt, Brown	
23.00	24.00	1.00	0.80			S3/R2	CW/HW	Saprolite	Rocky Saprolite, Boulder, Brown	
24.00	25.00	1.00	0.80			R2	HW	Saprolite	Rocky Saprolite, Boulder, Brown	
25.00	26.00	1.00	0.80			R3	HW	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Greenish Brown	
26.00	26.90	0.90	1.00			S3/R3	CW/HW	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Greenish Brown	
26.90	27.80	1.10	1.00			S3/R3	CW/HW	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Greenish Brown	
27.80	29.00	1.50	0.73			R3	MW	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Greenish Brown	
29.00	30.00	1.00	1.00	0.22	22	R3	SW	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Greenish Brown	
30.00	31.00	1.00	1.00	0.26	26	R4	SW	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Greenish Brown	
31.00	32.00	1.00	1.00	0.28	28	R4	SW	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Greenish Brown	
32.00	33.00	1.00	1.00			R4	SW	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Greenish Brown	
33.00	34.00	1.00	1.00	0.13	13	R4	SW	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Greenish Brown	
34.00	35.00	1.00	1.00	0.14	14	R4	SW/FR	Saprolite	Saprolite Rock, Boulder, Greenish Grey	

[illegible]

[illegible]

GEO MINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT

FIELD DRILLING REPORT

GEOMINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANTS

Client: PT. HM GEOTECH
Project: GEOTECH HM
Location: CENTRAL EAST

Coordinates: A16755 Datum: 4/17
Surface RL: 9674354
Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CORING
Inclination: 30°

Report of Borehole: DHG-07

Start Date: 11-09-2021
End Date: 12-09-2021
Logged by: Yagna A. Rimalwar
Checked:

[illegible]

[illegible]

[illegible]

GEOMINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANTS

FIELD DRILLING REPORT

Client: PT HM
Project: GEOTECH HM
Location: CENTRAL EAST

Coordinates: 417317 Datum: 361 m
Surface RL: 967353g
Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CORING
Inclination: 90°

Report of Borehole: D H G - 08

Start Date: 03-03-2021

End Date: 11-09-2021

Logged by: Yoda A. Bimawan

Checked:

[illegible]

GEO MINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT



FIELD DRILLING REPORT										
GEOMINE MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT										
Client: PT. HM		Coordinates: 418482,838			Datum: 416 m					
Project: GEOTECH HM		Surface RL: 8673683,23								
Location: CENTRAL EAST		Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CORING								
		Inclination: 30°								
					Report of Borehole: DHG-09					
					Start Date: 06-09-2021					
					End Date: 08-09-2021					
					Logged by: YOGA A. PIMAWAN					
					Checked:					
CORE RUN METERAGE						FIELD MATERIAL DESCRIPTION				
DEPTH FROM (m)	DEPTH TO (m)	RUN LENGTH (M)	CORE RECOVERY (m)	SUMSTICK > 0.1m	RQD (%)	INTACT ROCK STRENGTH	WEATHERING	TYPE OF MATERIAL (Top Soil/ Limonite/ Saprolite/Bedrock)	SOIL/ROCK MATERIAL DESCRIPTION (e.g. Soil or Rock Name, Plasticity, Grain Size, Colour)	STRUCTURE AND ADDITIONAL OBSERVATIONS
0.00	1.00	1.00	1.00			S2	CW	Limonite	Limonite, HP, Clay, Dark brown	
1.00	2.50	1.50	0.96			S2	CW	Limonite	Limonite, MP, Med. Silt, brown	
2.50	3.50	1.00	0.80			S2	CW	Limonite	Limonite, MP, Med. Silt, brown	
3.50	4.50	1.00	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Med. Silt, brown	
4.50	5.00	0.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Med. Silt, brown	
5.00	6.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Med. Silt, brown	
6.50	8.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Med. Silt, brown	
8.00	9.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Med. Silt, brown	
9.50	11.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Med. Silt, brown	
11.00	12.50	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Med. Silt, brown	
12.50	14.00	1.50	1.00			S3	CW	Limonite	Limonite, MP, Med. Silt, brown	
14.00	14.80	0.80	1.00			S3	CW	Saprolite	Saprolite, LP, Fine sand, Reddish brown	
14.80	16.13	1.33	0.23			R0	HW	Pocky Saprolite	Saprolite, reddish brown, boulder	
16.13	17.00	0.87	1.00			S3	CW	Saprolite	Saprolite, LP, brown, coarse sand	
17.00	18.50	1.50	0.92			S5	CW	Pocky Saprolite	Saprolite, LP, light brown, coarse sand	
18.50	20.00	1.50	0.87			S5	CW	Pocky Saprolite	Saprolite, LP, light brown, coarse sand	
20.00	21.50	1.50	0.67			R0	HW	Pocky Saprolite	Saprolite, Boulder, brown	
21.50	22.00	0.50	0.60	0.10	20	R4	SW	Pocky Saprolite	Saprolite, Boulder, greenish grey	
22.00	23.00	1.00	0.70	0.16	16	S3/ R3	HW/SW	Pocky Saprolite	Saprolite, LP, light brown, boulder	
23.00	24.00	1.00	1.00			R1	SW	Pocky Saprolite	Saprolite, greenish dark grey, boulder	
24.00	25.00	1.00	0.90	0.49	49	R1	SW	Pocky Saprolite	Saprolite, boulder, greenish dark grey	
25.00	26.00	1.00	0.80	0.28	28	R1	SW	Pocky Saprolite	Saprolite, boulder, greenish dark grey	
26.00	26.50	0.50	1.00			R1	SW	Pocky Saprolite	Saprolite, boulder, greenish dark grey	
26.50	27.00	0.50	1.00			R1	SW	Saprock	Saprolite, boulder, greenish dark grey	
27.00	28.00	1.00	1.00	0.44	44	R3	SW/FR	Saprock	Saprolite, boulder, greenish dark grey	
28.00	28.50	0.50	1.00	0.20	48	R3	SW/FR	Saprock / Bed rock	Saprolite, boulder, greenish dark grey	
28.50	29.00	0.50	1.00	0.50	100	R3	FR	Saprock / Bed rock	Dunite, boulder, brown	
29.00	29.50	0.50	1.00	0.50	100	R3	FR	Bed rock	Dunite, boulder, brown	
29.50	30.00	0.50	1.00	0.36	72	R3	FR	Bed rock	Dunite, boulder, brown	

E0H

GEO MINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANTS

FORM SAMPLING

Client: PT. HMI
Project: GEOTECH HMI
Location: CENTRAL EAST

Coordinates: 418 482, 338
Surface RL: 944 363, 23 Datum: 416 m
Drilling Method: TRIPLE TUBE FULL CORING
Inclination: 90°

Report of Borehole: DHG-09

Start Date: 06-09-2021

End Date: 08-09-2021

Sampling by: YOGA A. RIMAWAN

Checked:

FIELD SAMPLING AND TESTING

[illegible]

GEOMINE
MINING AND GEOTECHNICAL CONSULTANT

Lampiran **B**

Foto Core

Foto Core DHG-01





Foto Core DHG-02



Foto Core DHG-03





Foto Core DHG-04







Foto Core DHG-05





Foto Core DHG-06







Foto Core DHG-07





Foto Core DHG-08





Foto Core DHG-09



