Analisa kestabilan tanggul di area finalisasi sump pasca hujan ekstrim di Pit XYZ, PT Cipta Kridatama

Analysis of embankment stability in sump finalization area after extreme rainfall at Pit xyz, PT Cipta Kridatama

Gindang Rain Pratama S.T., M.T.[1*], Diana Irmawati Pradani S.T., M.T.[2], Devanila Diazuri[3], Adi Kurniadi S.T.[4]
[1-3] Teknologi Pertambangan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang
[4] PT Cipta Kridatama; Kalimantan Selatan
e-mail: *[1]gindangrain@polinema.ac.id, [2]dianapradani@polinema.ac.id, [3]devaniladz@gmail.com, [4]adikurniadi13001@gmail.com

ABSTRAK

PT Cipta Kridatama merupakan perusahaan kontraktor tambang batubara yang menggunakan metode *open pit* pada proses penambangannya. Penambangan dengan menggunakan metode *open pit* penting untuk memperhatikan sistem *dewatering* dan geotekniknya dikarenakan dua sistem tersebut saling berhubungan dan bisa memepengaruhi produktivitas penambangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tanggul yang optimal sehingga dapat menahan air sump saat curah hujan maksimal sehingga tidak terjadi *overflow*. *Catchment area* di Pit XYZ PT Cipta Kridatama mempunyai luas 56.88 ha dengan *groundwater* flow sebesar 13.37 m3/h. Dari hasil penelitian curah hujan tahun 2013 – 2022 didapatkan curah hujan maksimal rata-rata dengan menggunakan Metode Gumbel sebesar 44.73 mm, curah hujan rencana diambil pada periode ulang 2 tahun sebesar 50.49 mm/h dan total debit limpasan maksimum yang dapat masuk ke sump sebesar 1.438,27 m3/h. Volume main sump yang direncanakan sebesar 77.686,88 m3 dengan elevasi kritis air berada di -11 dan *bottom sump* berada di elevasi -20. Desain tanggul optimal mempunyai geometri tinggi 10 meter dan kaki tanggul memiliki sudut 50°. Metode yang dipakai menggunakan Metode Bishop Simplified menghasilkan FK 1.669 dengan bentuk lereng tanggul *single slope*.

Kata-kata kunci: Curah Hujan, Faktor Keamanan, Sump, Tanggul

ABSTRACT

PT Cipta Kridatama is a coal mining contractor company that uses open pit method in their mining process. Mining using open pit method is very concerned with dewatering system and geotechnics because these two systems are interconnected and can influence mining productivity. The purpose of this research is to analyze optimal embankment so that it can keep sump water during maximum rainfall so that overflow does not occur. Catchment area in Pit XYZ has an area of 56.88 ha with a groundwater flow discharge of 13.37 m3/h. From the results of rainfall research in 2013 - 2022, the average maximum rainfall using the gumbel method was 44.73 mm, planned rainfall was taken at a 3-year return period of 50.49 mm/h and total maximum runoff discharge that could get into the sump was 1,438.27 m3/h. The planned main sump volume is 77,686.88 m3 with critical water elevation at -11 and bottom sump at elevation -20. The optimal embankment design has a geometry of 10 meters high and the foot of embankment has an angle of 50°. The method utilized using the Bishop Simplified Method resulted in an FK of 1.669 with a single slope embankment slope shape.

Keywords: *Embankment*, *Rainfall, Safety Factor, Sump*

PENDAHULUAN

PT Cipta Kridatama Site BIB, Kalimantan Selatan merupakan perusahaan pertambangan yang sekarang fokusnya kepada penambangan batubara. PT Cipta Kridatama memulai mengerjakan Site BIB berjalan 2 tahun dan akan memperluas penambangannya. Metode yang digunakan oleh PT Cipta Kridatama di Site BIB menggunakan sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *open pit* [1]. Metode *open pit* adalah bentuk penambangan yang berjenjang jenjang dan menghasilkan cekungan yang biasanya dimanfanfaatkan sebagai tempat akumulasi air yang masuk kedalam pit penambangan. Cekungan ini biasa disebut dengan *sump*, air yang masuk dalam *sump* berasal dari air tanah, dan air hujan yang mempunyai elevasi lebih tinggi dari area penambangan. *Sump* memerlukan yang dinamakan tanggul untuk menahan air agar air yang berada di dalam *sump* tidak meluap ke *front* tambang. Tanggul ini diharapkan tidak hanya dapat menahan air yang ada di *sump* tetapi juga diharapkan tetap kokoh dan tidak terjadi *failure* sehingga meminimalisir adanya rembesan air pada tanggul. Tujuan dari penelitian ini yaitu (1) Menganalisis Debit limpasan Maksimal yang akan masuk ke *main sump* (2) menganalisis kebutuhan volume *main sump* yang dibutuhkan (3) Membuat dimensi tanggul yang optimal, (4) Menganalisis faktor keamanan dari dimensi tanggul [2].

METODOLOGI

Data – data Pendukung Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer yang digunakan yaitu pengambilan *groundwater flow* dan data sekunder yang digunakan yaitu curah hujan 10 tahun terakhir, potongan *section* stratigrafi di area utara pit (area perencanaan *main sump*), data pengujian mekanika batuan dari perusahaan, data getaran (PPA) terbesar blasting, dan desain final pit.

Faktor Yang Mempengaruh Antara *Dewatering* dan Geoteknik Pada Tanggul *Sump*

Geoteknik dan *Dewatering* saling berhubungan dalam perencanaan tanggul *sump*. Ilmu geoteknik untuk merencanakan desain tanggulan yang optimal agar dapat menahan air yang masuk kedalam *sump*. Sedangkan *dewatering* untuk memprediksi air yang akan masuk ke dalam *sump* yang nantinya akan menjadi salah satu faktor yang diperhatikan untuk kekuatan tanggulan.

a. Dewatering

Untuk memprediksi air yang akan masuk ke dalam *sump* maka dibutuhkan data curah hujan. Pada penelitian ini digunakan curah hujan daerah 10 tahun terakhir yaitu tahun 2013 – 2022. Untuk mengolah data curah hujan ini menggunakan metode Gumbell dan rumus Mononobe. Metode Gumbell digunakan untuk menetukan Curah Hujan Rencana dan rumus Mononobe untuk mencari intensitas curah hujan.

Pada penellitian ini metode Gumbell digunakan untuk menentukan curah hujan rencana maksimum. Gumbell beranggapan bahwa distribusi variabel – variabel hidrologis itu tidak terbatas, sehingga digunakan data – data distribusi dengan harga yang paling besar [3]. Berikut persamaan dari metode Gumbell:

$$Xt = \bar{X} + \frac{Yt\ -\ Yn}{Sn}\ Sd$$

Dimana:

Xt = Curah Hujan rencana maksimum (mm) dengan periode ulang hujan (PUH) tertentu
$\bar{X}$ = rata – rata curah hujan maksimum (mm)
n = Banyaknya data tahun pengamatan
Sd = Standart deviasi
Yn = *Reduced mean*
Yt = *Reduced variate*
Sn = *reduced standart deviation*

Reduced variate **(Yt)**

Dihitung dengan rumus:

$$Yt = -ln\left(-ln\frac{Tr-1}{Tr}\right)$$

Dimana:

Yt = *Reduced variated*
-ln = Logaritma natural 1/((-x))
Tr = Waktu periode rencana hujan

Reduced mean **(Yn)**

Dihitung dengan menggunakan Tabel *Reduced Mean*, [3], sebagai berikut:

Tabel 1. *Reduced Mean* (Yn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2081	1.2084	1.2087	1.2090	1.2093	1.2096

Sumber: Suripin. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. 2004

Standart **Deviasi (Sd)**

Dihitung dengan rumus:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dimana:

Sd = *Standart* deviasi (mm)
Xi = Curah hujan maksimum(mm)
$\bar{X}$ = Rata – rata curah hujan maksimum (mm)

n = Banyaknya data tahun pengamatan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam mm/jam atau mm/hari. Pengolahan data Intensitas curah hujan menggunakan rumus Mononobe [4] yaitu sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$$

Dimana:
I = Intensitas curah hujan
R24 = Besarnya curah hujan maksimum dalam 24 jam
T = rerata waktu lamanya hujan aktual dalam 24 jam
24 = konversi 24 jam dalam sehari

Debit air Limpasan diperoleh dengan melibatkan tiga aspek yaitu luasan *Catchment area*, Koefisien limpasan, dan Intensitas Curah Hujan. Perhitungan debit air limpasan mempunyai rumus rasional yaitu, sebagai berikut:

$$Q = 0{,}278 \times C \times I \times A$$

Dimana:
C = Koefisien limpasan
I = Intensitas curah hujan
A = Luas *Catchment Area*

Koefisien limpasan yang dipakai adalah 0.9 dikarenakan masuk dalam tutupan tanpa tumbuhan dan daerah tambang.

b. Geoteknik

Analisis kestabilan tanggul berfungsi untuk mengoptimalkan tanggul agar tanggul bisa menahan air yang berada di sump sehingga tidak terjadi *overflow*. *Overflow* sanagt rawan terjadi di area *sump* yang akhirnya bisa menghambat produktivitas. Untuk dapat menganalisis tanggul diperlukan FK yang aman yaitu diatas 1,25 [5] dapat dilihat pada Tabel 2. dibawah ini.

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan

Nilai FK	Keterangan
FK < 1,07	Longsoran terjadi biasa / sering (kelas labil)
FK antara 1,07 – 1, 25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
FK > 1,25	Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)

Faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng tanggul umumnya bergantung pada geometri lereng tanggul, struktur batuan, elevasi air *sump*, sifat fisik batuan, sifat mekanik batuan, dan getaran. Berikut analisis yang dapat dipertimbangkan dari segi faktor yang memepengaruhi kestabilan lereng tanggul:

1) Geometri Lereng

Geometri lereng merupakan desain dimensi dari suatu lereng baik itu secara individu mempunyai 1 jenjang (*single slope*) maupun secara keseluruhan yang memiliki lebih dari 1 jenjang (*overall slope*).

2) Struktur Batuan

Struktur batuan dapat diketahui dari proses pengeboran yang menghasilkan stratigrafi. Dari stratigrafi tersebut dapat diperoleh perlapisan batuan sehingga diketahui kondisi bidang lemah dan penyebarannya untuk dapat memenetukan arah dan jenis longsoran.

3) Elevasi air *Sump*

Elevasi air *sump* juga harus diperhatikan karena dari elevasi air ini dapat menjadi faktor untuk menentukan tinggi tanggul. Air yang ada di *sump* bersifat statis dikarenakan air tersebut diam tidak mengalir. Air tersebut bisa menjadi faktor sisi penahan tanggul dan juga bisa menjadi faktor tekanan untuk tanggul. Jika tanggul dipotong vertical maka sisi yang terkena air dengan sisi yang tidak terkena air memiliki beda FK. Sisi yang terkena air memiliki FK lebih besar daripada sisi yang tidak terkena air karena sisi yang terkena air jika tanggul akan longsor maka air tersebut bisa menjadi penahan sedangkan sisi sebaliknya sebagai sisi yang fungsinya menekan atau menahan air sump sehingga FK jauh lebih kecil.

4) Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

Sifat fisik dan sifat mekanik batuan ini tidak semua jenis uji dilakukan tetapi berdasarkan dengan *Strength type* yang akan digunakan. Pada penelitian ini menggunakan *Strength Type Mohr-Coulomb* dan juga *Generalized Hoek-Brown*. Sehingga pengujian yang digunakan yaitu untuk *Mohr-Coulomb* yang menghasilkan *Unit Weight* (kN/m3), *Cohesion* (kPa), dan Sudut Geser Dalam (°). Sedangkan untuk *Strenth Type generalized Hoek-Brown* pengujian yang digunakan harus menghasilkan *Unit Weight* (kN/m3), *Intact UCS* (KPa), Nilai konstanta "s" dan "a" konstanta massa batuan (karakteristik masa) yang berhubungan dengan besar nilai GSI dan d, serta nilai mb sebagai pengurangan nilai konstanta material dari konstanta mi.

5) Getaran

Jenis getaran yang mempengaruhi kestabilan lereng ada dari faktor alam dan buatan. Pada penelitian ini getaran yang harus diperhatikan berasal dari getaran buatan yaitu berasal dari kegiatan *blasting*.

Selain dari faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng tanggul yang sudah dijelaskan diatas, metode untuk menganalisis di software Rocscience Slide 6.0 juga harus ditentukan sesuai dengan kebutuhan. Metode yang digunakan adalah Metode *Bishop Simplified*.

Metode *Bishop Simplified* mengabaikan gaya gesek antar irisan dan kemudian mengasumsikan bahwa gaya normal cukup untuk mendefinisikan gaya – gaya antar irisan, dan mengaggap bahwa gaya – gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal [6]. Metode *bishop* dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran.

Metode ini merupakan Metode *Bishop* yang sudah disederhanakan. Untuk dapat menggunakan Metode *Bishop Simplified*, pertama yang harus diketahui adalah geometri dari lereng, juga titik pusat busur lingkaran bidang luncur, dan letak rekahan. kesalahan dari metode ini dianggap memiliki kemungkinan lebih kecil dari metode lain.

HASIL DAN DISKUSI

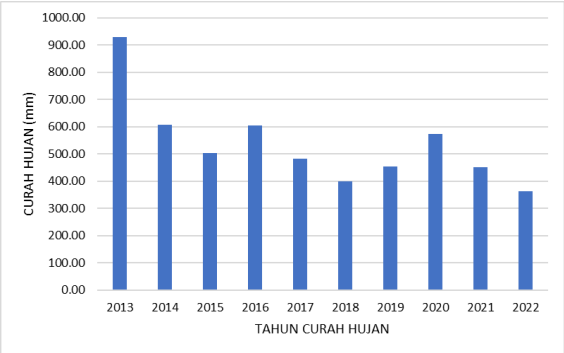
Debit *Inflow* Total yang Masuk ke *Sump*

a. *Catchment Area*

Pada penelitian ini *catchment area* didapat dari peta LOM pit. *Catchment area* pada penelitian ini hanya fokus pada daerah pitnya saja dikarenakan untuk air limpasan yang ada di luar pit menggunakan metode *outter drainage*. Untuk mencari *catchment area* menggunakan bantuan *software* Minescape 5.7 dengan memunculkan element *statistic* [7]. Hasil analisa mendapatkan *catchment area* sebesar 56,88 ha atau 0,5688 km2.

b. Curah Hujan Rencana, Periode Ulang Hujan, dan Intensitas Curah Hujan

Pada analisa curah hujan rencana di penelitian ini menggunakan data curah hujan maksimum daerah tahun 2013 – 2022. Curah hujan maksimum pada tahun 2013 – 2022 dapat dilihat pada Gambar 1. Sehingga didapatkan curah hujan rencana selama periode ulang 2 tahun adalah 42.91 mm/hari. Dengan jam hujan maksimum rata – rata 15.6 jam, didapatkan intensitas curah hujan harian yaitu 2.38 mm/jam.



Gambar 1. *Grafik* Curah Hujan Maksimum Tahunan

Tabel 3. Curah Hujan Rencana

No	Year	Rain Fall Max	(Xi - X)	(Xi - X)²
1	2013	77.48	-32.75	1072.64
2	2014	50.69	-5.96	35.52
3	2015	41.92	2.82	7.93
4	2016	50.49	-5.76	33.17
5	2017	40.30	4.43	19.64
6	2018	33.25	11.48	131.84
7	2019	37.75	6.98	48.75
8	2020	47.69	-2.96	8.76
9	2021	37.58	7.15	51.15
10	2022	30.17	14.57	212.15
Sum		447.32	0.00	1621.55
Average (X)		**44.73**		

Tabel 4. Periode Ulang Hujan Metode Gumbel

Return Period 2 Year				
Yn	Sn	Yt	Sd	**XT (mm/h)**
0.4952	0.9496	0.3665	13.42	**42.91**

Tabel 5. Intensitas Curah Hujan

Year	XT(mm/h)	Hour	Average Rainfall Hours	Rainfall Intensity (I) (mm/h)
2	42.91	24	12.9	**2.71**

c. *Groundwater Flow*

Pengambilan sampel pertama (*highwall* di bawah *view point*) didapatkan debit air tanah 0.07 liter/s, sampel kedua (*highwall* utara dekat *sump*) didapatkan debit air tanah 0.05 liter/s, sampel ketiga (*low wall* selatan) didapatkan 0.03 liter/s. Sehingga dihasilkan perhitungan *groundwater flow* total 0.56 m3/jam dan atau 13.37 m3/hari.

Tabel 6. *Groundwater Flow*

Description	Value	Unit
First Spot	0.068	liter/s
	0.00007	m3/s
	0.24545	m3/h
	5.89091	m3/day
Second Spot	0.054	m3/s
	0.19286	m3/h
	4.62857	m3/day
Third Spot	0.033	liter/s
	0.00003	m3/s
	0.11880	m3/h
	2.85120	m3/day
Sum	0.155	liter/s
	0.000155	m3/s
	0.557	m3/h
	13.37	**m3/day**

d. Debit Air Limpasan

Perhitungan debit air limpasan pada penelitian ini menggunakan koefisien 0.9 dikarenakan masuk dalam kategori tutupan tanpa tumbuhan dan daerah tambang seperti pada **Tabel 7.**

Tabel 7. Koefisien Limpasan Air

Kemiringan	Tutupan	Koefisien limpasan
< 3%	sawah, rawa	0.2
	hutan, perkebunan	0.3
	perumahan dengan kebun	0.4
3% - 15%	hutan, perkebunan	0.4
	perumahan	0.5
	tumbuhan yang panjang	0.6
	tanpa tumbuhan, daerah penimbunan	0.7
> 15%	hutan, perkebunan	0.6
	perumahan, kebun	0.7
	tumbuhan yang jarang	0.8
	tanpa tumbuhan, daerah tambang	0.9

Perhitungan debit limpasan diolah menggunakan rumus rasional sehingga dihasilkan debit air limpasan pada pit XYZ yang bisa masuk kedalam main *sump* yaitu 1221,90 m3/jam atau 29.325,62 m3/hari.

Tabel 8. Debit Limpasan Air

Water Runoff Coeffiecent			Unit
C	I	A	
0.9	2.71	0.5688	
Q		0.39	m3/s
		1386.23	m3/h
		33269.63	**m3/day**

e. Debit Air Total

Untuk memperoleh debit air total yang bisa masuk ke *main sump* yaitu dengan menambahkan debit air tanah dan debit air limpasan. Debit air total yang dapat masuk yaitu sebesar 1.222,45 m3/jam atau 29.338,99 m3/hari.

Tabel 9. Total Debit Air Limpasan

DEBIT INFLOW TOTAL (M3/DAY)	
DEBIT AIR LIMPASAN	29,325.62
GROUNDWATER FLOW	13.37
TOTAL	**29,338.99**

Kebutuhan Volume Main *Sump*

Sebelum menghitung kebutuhan volume main sump maka hal yang harus diperhatikan adalah sistem pemompaan. Untuk dapat mengetahui sistem pemompaan dapat dianalisa melalui spesifikasi kemudian kemampuan pompa mengeluarkan air dan setelah itu baru dapat diketahui berapa volume *sump* optimal yang dibutuhkan [8]. Berikut analisa untuk mengetahui kebutuhan volume *main sump*:

a. Spesifikasi Pemompaan dan Perpipaan

Tabel 10. Spesifikasi Pompa

Spesifikasi Pompa	Pompa
Tipe	Selwood HH200HS
Engine	HH200 C5
RPM Maksimum	1600
Head Maksimum (m)	140
Maximum Flow rate (m3/jam)	1000
Solid Size (mm)	60
Power Required (kW)	500
Inlet/Outlet (mm)	200

Tabel 11. Spesifikasi Pipa

Spesifikasi Pipa	Pipa
Tipe	HDPE PN-12.5
Outside Diameter (mm)	315
Inside Diameter (mm)	256.3
Nominal Diameter (Inchi)	12
Panjang Pipa (m)	300
Pressure Pipa (bar)	12.5

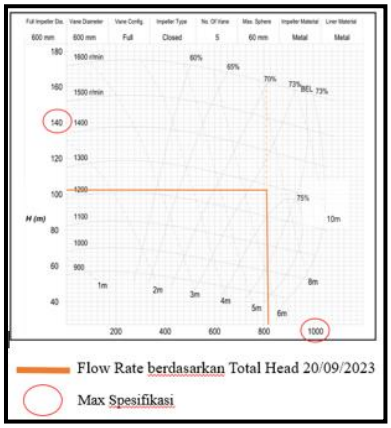
b. Kapasitas kemampuan Pompa

Untuk mengetahui kapasitas kemampuan pompa mengeluarkan air terdapat 70actor yang mempengaruhi yaitu Total *Head* atau biasa disebut TDS (*Total Dynamic Head*). Hasil pengolahan data TDH dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Total Head Sistem Pemompaan

Total Dynamic Head (20/09/23)		
Elevasi hisap	-21	mdpl
Elevasi buang	70	mdpl
Panjang pipa	300	m
Pipa material	HDPE	
Friction Loss	14.06	m
Head Statis	91	m
TDH	**105.06**	**m**

Dari TDH yang sudah diperoleh, selanjutnya dapat digunakan sebagai tolak ukur debit outflow yang dapat dikeluarkan oleh pompa dengan menggunakan *Performance Curve* Pompa. *Performance Curve* Pompa dapat dilihat pada Gambar 2 dan hasil pengolahan *performance curve* dapat dilihat pada Tabel 13.



Gambar 2. Grafik Performance Curve Pump

Tabel 13. Pengolahan Data Performance Curve Pompa

Data Pompa 20/09/23	Pompa
RPM	1205
Total Head (m)	105.06
Flow Rate (m3/jam)	803
Effisiensi Pompa (%)	70

Tabel 14. Pengolahan Data kapasitas kemampuan Pompa

KETERANGAN	1 POMPA	2 POMPA
Debit outflow (m3/h)	803	1606
HM/day (hour)	20	17
Debit outflow (m3/day)	16060	27302

Tabel 14 menghasilkan data jika menggunakan 1 pompa dengan hours meter (HM) 20 jam maka pompa bisa menghasilkan debit *outflow* sebesar 16.060 m3/day. Sedangkan jika menggunakan 2 pompa dengan *hours* meter (HM) 17 jam menghasilkan debit *outflow* 27.302 m3/day. Dapat disimpulkan menggunakan 2 pompa dapat mengefisiensikan pengeringan *sump*.

c. Perencanaan Kebutuhan Volume *Sump* Optimal

Dilihat dari debit inflow dan debit *outflow* menggunakan 2 pompa menghasilkan *dewatering* rasio 93%. *Dewatering* rasio merupakan perbandingan dari debit *outflow* dibagi dengan debit *inflow* sehingga dapat menjadi tolok ukur persentase dari air yang dikeluarkan. Untuk mengetahui kebutuhan volume *main sump, sump* diasumsikan kering dengan mengetahui volume sisa air dari debit *Inflow* dikurang dengan debit *Outflow*, debit air tanah dan debit air limpasan sehingga dihasilkan 31.375,95 m^3/day.

Tabel 15. Pengolahan data *Dewatering* Rasio

DEWATERING RASIO (801 m3/h)		
Debit Inflow Total	29338.99	m3/day
Debit Outflow	27302	m3/day
RASIO	**93%**	

Tabel 16. Pengolahan Data kapasitas Kebutuhan Volume *Sump*

KAPASITAS VOLUME SUMP OPTIMAL		
Estimasi Sisa Air Sump	2036.99	m3/day
Air Tanah	13.37	m3/day
Air Limpasan Hujan	29325.62	m3/day
Total	**31375.97**	**m3/day**

Setelah diperoleh kapasitas kebutuhan *sump* maka bisa dilihat *pump* rasio yaitu dengan membagi kapasitas volume *sump* dengan debit *inflow* total. Sehinga dapat dihasilkan persentase rasio yang bisa dikeluarkan oleh pompa.

Tabel 17. Pengolahan Data *Pump* Ratio

PUMP RASIO (801 m3/h)		
Debit Inflow Total	29338.99	m3/day
Kapasitas Volume	31375.97	m3/day
RASIO	**107%**	

d. Volume Kritis *Sump*

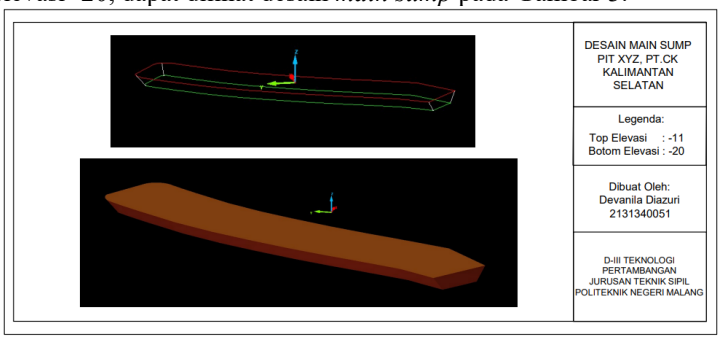
Volume kritis *sump* dapat diperoleh menggunakan rumus 2/3 dari ketinggian *sump*. sehingga jika direncanakan *sump* memiliki ketinggian 10 meter dengan top *sump* di elevasi -10 dan *base sump* di elevasi -20. Maka volume kritis berada di elevasi -16.67. Dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Perhitungan Elevasi Kritis

ELEVASI KRITIS	
$X = \frac{2}{3} \times Ketinggian\ Sump$	
6.67	
Elevasi:	-17.67

e. Desain *Sump*

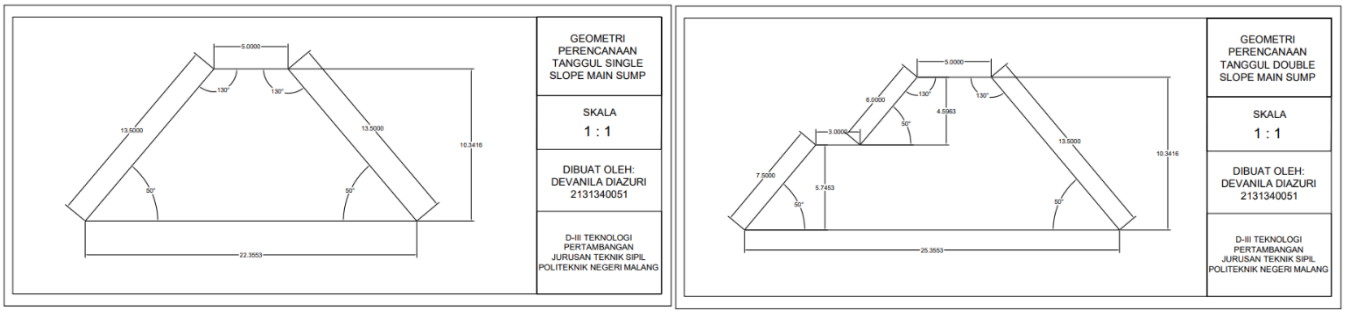
Setelah diketahui volume kritis *sump*, selanjutnya membuat perencanaan desain *sump* pada *software* Minescape 5.7 sesuai dengan volume *sump* kritis yang sudah ditentukan. Dari bantuan *software* Minescape 5.7 volume 31.375.97 m^3 berada di top elevasi -11 dan bottom elevasi -20, dapat dilihat desain *main sump* pada Gambar 3.



Gambar 3. Modelling Desain *Main Sump*

Geometri Tanggul Optimal

Untuk menentukan geometri mana yang paling optimal digunakan metode *trial and eror*. Pada penelitian ini geometri tanggul yang dibuat untuk *trial and eror* menggunakan *single slope* dan *double slope*. Geometri tanggul dibuat menggunakan *software* AutoCad 2017. Berikut desain geometri tanggul *single slope* pada Gambar 3.2 dan *double slope* pada Gambar 4.

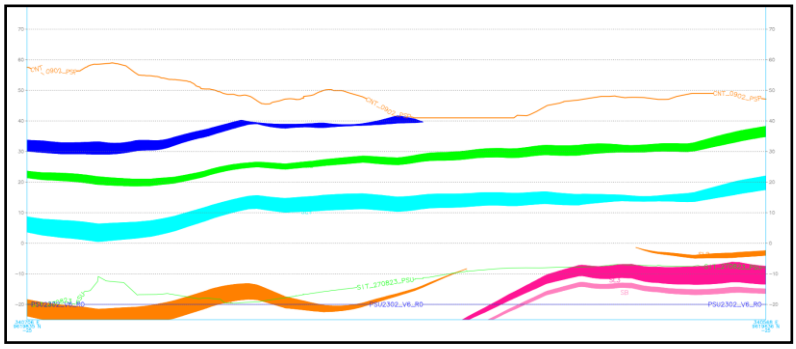


Gambar 1. Geometri Tanggul Single Slope dan Double Slope

Tanggul *single slope* dan *double slope* diatas sama sama mempunyai tinggi ± 10meter dikarenakan elevasi air kritisnya berada pada –11 dan *bottom sump*-nya berada di elevasi -20 sehingga total tinggi *sump* kritis yaitu 9 meter. Untuk mengantisipasi agar tidak terjadi *overflow* maka tanggul dibuat dengan tinggi 10meter dengan besar sudut lereng 50° [9].

Analisis Faktor Keamanan Tanggul Optimal

Menganalisis FK tanggul menggunakan bantuan *software* Rocscience Slide 6.0. Faktor keamanan tanggul dianalisis menggunakan jenis materialnya. Material yang digunakan untuk menganalisis faktor keamanan tidak hanya dari material tanggulnya sendiri tetapi juga material base yang ada dibawah tanggul. Pada penelitian ini material tanggul menggunakan material losses dan material base tanggul dianalisa dengan menggunakan stratigrafi *sidewall* utara. Dapat dilihat stratigrafi *sidewall* utara.



Gambar 5. Stratigrafi Sidewall Utara Pit XYZ, PT. Cipta Kridatama

Dari stratigrafi diatas dapat diketahui posisi batubaranya, sehingga materialnya tidak hanya *material losess* dan *base* (OB) tetapi juga terdapat material batubara.

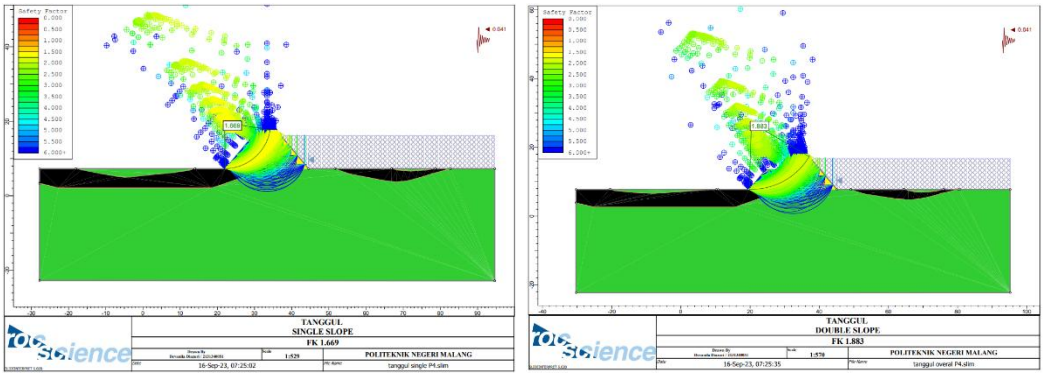
Berdasarkan hasil analisa permeabilitas dari beberapa material yang ada di Pit XYZ, material yang paling mempunyai permeabilitas buruk yaitu *clay*.

Data *ground vibration* juga harus ditambahkan dalam analisis faktor keamanan. *Ground vibration* ini didapatkan dari report getaran *blasting* dengan lubang terbanyak sehingga yang dipakai adalah getaran yang paling besar. Jenis getaran yang dipakai yaitu *Peak Particle Acceleration* (PPA). Pada penelitian ini PPA yang dipakai sebesar 0.041 g. Data *report* getaran dapat dilihat pada Gambar 6.

Jarak Pengukuran (m)	Isian Handak (Kg)	PPV (mm/s)	PVS (mm/s)	PPA (g)	Airblast (dB)
300	68	4,46	5,73	0,041	129,6

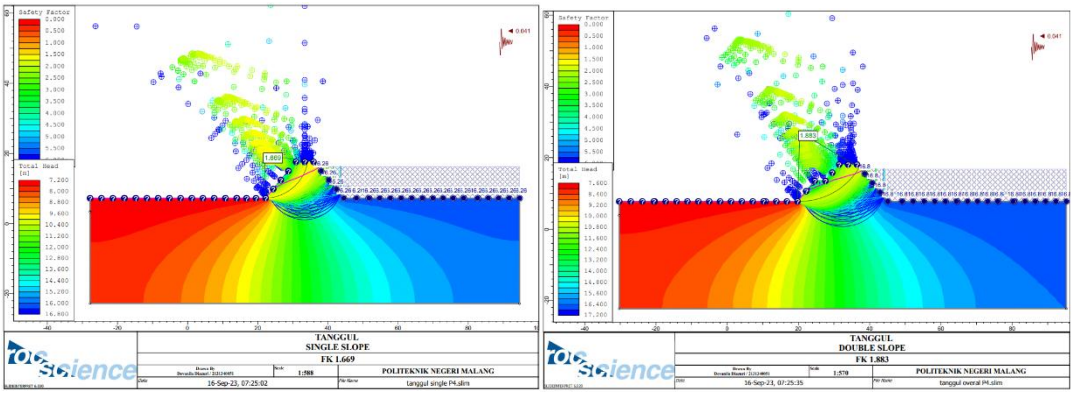
Gambar 6. Report Getaran Blasting Pit XYZ, PT Cipta Kridatama

Setelah didapatkan data dari analisis desain dimensi tanggul, stratigrafi area, *material properties* dan *ground vibration*, maka dapat diaplikasikan dalam *software* Rocscience Slide 6.0. Hasil dari interpret menggunakan metode *Bishop Simplified*, FK yang didapat dari *single slope* yaitu 1.669 dan *double slope* yaitu 1.883.



Gambar 7. FK Tanggul *Single Slope* dan *Double Slope*

Sedangkan untuk analisis potensi rembesan menggunakan *tools Groundwater* Mode setelah *Interpret* dengan Metode *Bishop Simplified*. Hasil potensi rembesan dapat dilihat dari garis merah pada tanggul.



Gambar 8. FK Groundwater Mode *Single Slope* dan *Double Slope*

Dari dua desain tanggul yang sudah terinterpret dengan menggunkaan Metode *Bishop Simplified* maka dapat dilihat yang lebih optimal adalah desain *single slope* yaitu pada Faktor Keamanan (FK) 1,669 [10].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis data primer dan sekunder pada Pit XYZ, PT Cipta Kridatama, dapat disimpulkan sebagai berikut:

a. Debit limpasan maksimal atau inflow maksimal yang masuk ke dalam main sump sebesar 1438,27 m^3/jam atau 34.518,55 m^3/hari.
b. Volume *main sump* yang dibutuhkan agar tidak terjadi *overflow* yaitu sebesar 77.686,88 m^3 dengan elevasi kritis -11 dan bottom elevasi -20.
c. Rancangan geometri tanggulan optimal mempunyai tinggi ±10 meter, sudut kaki dari tanggulan 50°. Geometri tanggul optimal dapat dilihat pada Gambar 4.
d. Material tanggul menggunakan jenis material clay losses dari disposal.
e. Hasil dari interpret pada *software Rocscience Slide 6.0,* FK desain tanggul optimal yaitu 1,669 seperti pada Gambar **7** dan Gambar 8.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Arief Saifuddin, *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Irisan*, Sulawesi Selatan, 2009.

[2] Bowles, Joseph E, *Foundation Analysis and Design*, 5th Edition, McGraw Hill, Singapore, 1997.

[3] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta, 2004.

[4] Suwandhi. A, *Perencanaan Tambang Terbuka*, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2004.

[5] Bowless J. E, *Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, 2nd Edition, Erlangga, Jakarta, 1989.

[6] Bishop A. W, *The Use of Slip Circle in The Stabiulity of analysis of Slopes*, 5th Volume, Geotechnique, London 1955, pp.7.

[7] Hasywir T.S., Ilfani W., Gunawan N., dan Yasmin A, "Kajian Teknis Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara Di PT Banyan Koalindo Lestari, Musi Rawas Utara, Sumatera Selatan", *Jurnal Teknologi Pertambangan*, Vol. 7, Januari, 2022.

[8] Kornelia Bria, "Analisis Kestabilan Lereng pada tambang batubara Terbuka Pit D Selatan PT. Artha Niaga Cakrabuana Job Site CV. Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanagara Provinsi Kalimantan Timur", *Prosiding Seminar Nasional ReTII*, Vol. 10, 2015.

[9] Nasrul A., Dedy D., dan Hermansyah, "Perbandingan Metode Bishop Dan janbu Dalam analisis Stabilitas Lereng Pada Oprit jembatan Labu Sawo Sumbawa", *Journal of Civil Engineering and Planning*, Vol. 2, 2021.

[10] V. Marinos, P. Marinos, E. Hoek, "The Geological Strength Index: Applications and limitations", *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Vol 64, 2005, pp. 55-65.