

Artikel Penelitian

Perancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Kuari Andesit X sebagai Upaya Mitigasi Air Limpasan di Girimulyo, Kulon Progo

Technical Design of Mine Drainage System for Andesite Quarry X as a Runoff Mitigation Effort in Girimulyo District, Kulon Progo Regency

Ilham Firmansyah^{1*}, Fery Izzan Putranto¹, Annisa Ummu Habibah¹, Yusrian Agustian¹, Aldio Kresna Pambayu¹
Tedy Agung Cahyadi¹

¹Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Jl. Padjajaran No.104, Condongcatur, Kec. Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283, Indonesia

*Penulis korespondensi
e-mail: ilhamfirmansyah@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Penambangan kuari andesit X di Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo menghadapi tantangan dalam pengelolaan air tambang akibat curah hujan tinggi dan potensi limpasan permukaan yang dapat mengganggu operasional serta menimbulkan dampak lingkungan. Penelitian ini bertujuan merancang sistem penyaliran tambang yang efektif melalui analisis hidrologi dan topografi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur, observasi lapangan, serta pengolahan 10 tahun data curah hujan (2014–2023), selain itu juga dilakukan pemodelan air permukaan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS dan WMS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi genangan di area tambang tergolong rendah, namun sistem penyaliran tetap diperlukan untuk mengelola limpasan air hujan. Rancangan yang diusulkan mencakup pembangunan saluran terbuka dengan geometri yang disesuaikan terhadap debit limpasan, serta kolam pengendapan seluas 500 m² dengan volume total 1495 m³ untuk menahan dan mengendapkan sedimen. Berdasarkan analisis, sistem ini dinilai mampu meminimalkan risiko genangan dan mendukung keberlanjutan operasional tambang andesit.

Kata Kunci: Kuari andesit, sistem penyaliran tambang, HEC-RAS, WMS, air limpasan

ABSTRACT

Andesite X quarry mining in Girimulyo District, Kulon Progo Regency faces challenges in managing mine water due to high rainfall and potential surface runoff that can disrupt operations and cause environmental impacts. This study aims to design an effective mine drainage system through hydrological and topographic analysis. The methods used in this study are literature studies, field observations, and processing of 10 years of rainfall data (2014–2023), in addition to surface water modeling using HEC-RAS and WMS software. The results of the study indicate that the potential for inundation in the mining area is relatively low, but a drainage system is still needed to manage rainwater runoff. The proposed design includes the construction of an open channel with a geometry adjusted to the runoff discharge, as well as a sedimentation pond covering an area of 500 m² with a total volume of 1495 m³ to retain and settle sediment. Based on the analysis, this system is considered capable of minimizing the risk of inundation and supporting the sustainability of andesite mining operations.

Keywords: Andesite quarry, mine drainage system, HEC-RAS, WMS, runoff water

Naskah masuk	: 17 Juni 2025
Revisi pertama	: 18 Juni 2025
Naskah diterima	: 26 Juni 2025
Naskah dipublikasi online	: 26 Juni 2025

I. PENDAHULUAN

Penambangan andesit merupakan kegiatan vital dalam penyediaan material konstruksi untuk pembangunan infrastruktur. Namun, kegiatan ini seringkali dihadapkan pada tantangan pengelolaan air tambang, terutama yang bersumber dari curah hujan dan rembesan air tanah. Air tambang yang tidak tertangani dengan baik dapat menyebabkan genangan di area kerja, menurunkan efisiensi operasional, menghambat pergerakan alat berat, serta mempercepat degradasi lereng tambang (Gautama, 1999; Widodo, 2012).

Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, merupakan area dengan topografi bervariasi dan curah hujan cukup tinggi, sehingga memiliki potensi limpasan permukaan yang signifikan. Untuk itu, diperlukan perancangan sistem penyaliran yang efektif guna mengendalikan aliran air masuk dan meminimalkan dampak negatif terhadap aktivitas penambangan. Teknologi perangkat lunak seperti HEC-RAS dan WMS menjadi alat bantu penting dalam melakukan analisis topografi, simulasi aliran permukaan, serta perancangan saluran dan kolam pengendapan (Endrianto & Ramli, 2009; Massmann et al., 1991)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi genangan dan melakukan perancangan sistem penyaliran tambang (saluran terbuka dan kolam pengendapan), menggunakan data curah hujan selama 10 tahun dan kondisi topografi setempat. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem penyaliran yang diusulkan mampu mendukung kelancaran operasi tambang dan menjaga keberlanjutan lingkungan.

II. METODE

Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi ini bertujuan untuk memberikan pemahaman konsep dasar sistem penyaliran tambang, termasuk kajian hidrologi, hidrogeologi, dan curah hujan, serta metode yang relevan untuk mengatasi masalah air tambang.

2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan yaitu kegiatan pengamatan langsung di lapangan. Pengamatan dilakukan untuk melihat kondisi aktual lapangan, termasuk area genangan, aliran air, dan tata letak tambang. Observasi ini dilakukan untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi aliran air tambang.

3. Pengambilan Data

Setelah melakukan studi literatur dan observasi lapangan, tahap selanjutnya yaitu pengambilan data. Pengambilan data data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil meliputi data topografi dan pengukuran sungai. Sedangkan data sekunder yang

diambil meliputi data curah hujan 10 tahun terakhir (2014-2023) daerah Kulon Progo.

4. Pengolahan Data

Pengolahan meliputi olah data curah hujan, topografi, dan hidrologi diolah menggunakan perangkat lunak seperti Microsoft Excel, HEC-RAS, dan WMS, serta Arcmap untuk memetakan pola aliran air, potensi genangan, dan kebutuhan sistem penyaliran. Pengolahan data ini digunakan sebagai dasar perancangan.

5. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan metode Gumbell Method. Distribusi Gumbel merupakan salah satu metode statistik yang sering digunakan untuk memprediksi kejadian hidrologi ekstrem seperti banjir (Lane, 2002; Zelenhasic, 1970).

Dalam penelitian ini, metode ini digunakan untuk analisis frekuensi banjir karena (a) sungai kurang teratur, sehingga tidak terpengaruh secara signifikan oleh aliran sungai; (b) data aliran puncak mencakup catatan yang relatif panjang (lebih dari 10 tahun) dan berkualitas baik (c) tidak ada anak sungai utama yang aliran masuknya dapat mempengaruhi puncak banjir (Bhagat, 2017)..

Kemudian dilakukan juga olah data untuk mengetahui potensi genangan menggunakan software WMS diolah dengan input-an debit dan topografi. Lalu untuk mengetahui endapan sedimentasi data yang diolah berupa curah hujan.

Hasil dari analisis tersebut digunakan untuk merancang sistem penyaliran tambang yang efektif pada lokasi, dengan tujuan memitigasi potensi risiko genangan air yang dapat mengganggu operasi penambangan.

6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan meliputi desain sistem penyaliran yang paling efektif untuk tambang andesit, mencakup spesifikasi saluran, dan pengendalian air, serta memberikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut terkait implementasi sistem penyaliran untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan air tambang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

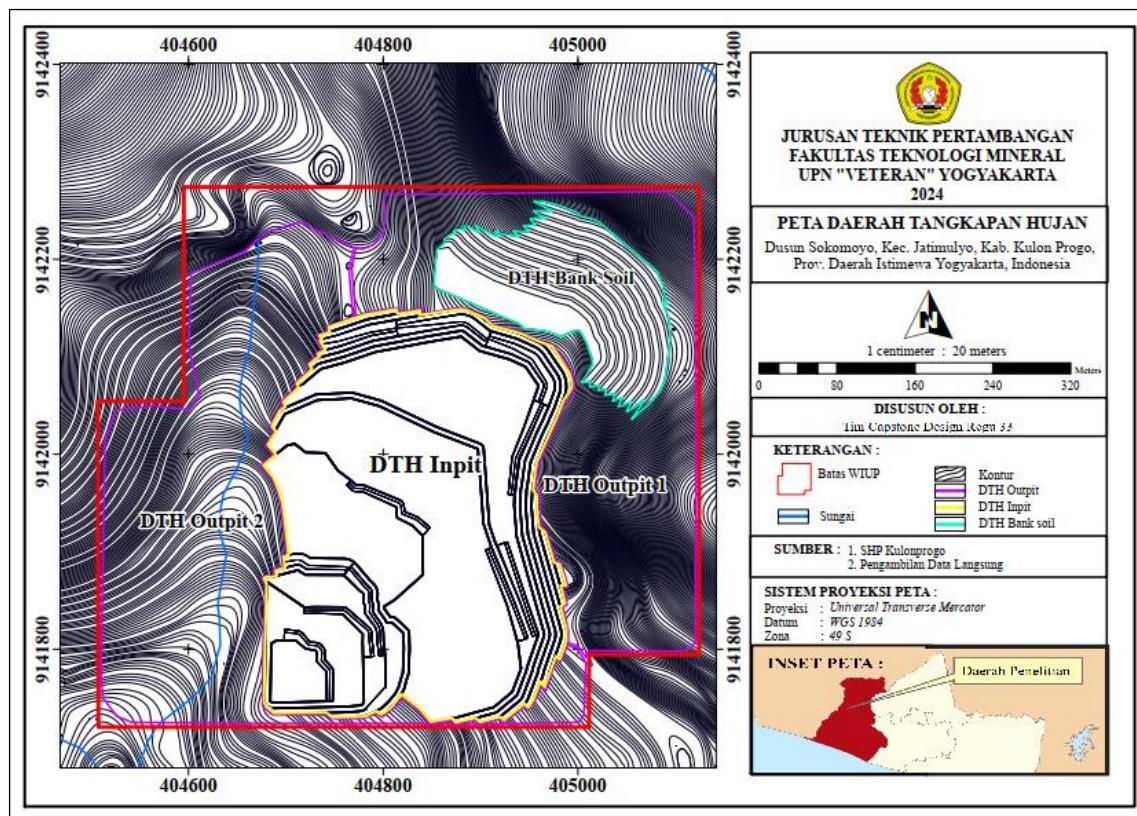
Daerah Tangkapan Hujan

Luas daerah tangkapan hujan dapat ditentukan dengan cara melakukan pengamatan secara langsung dan dari peta topografi yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan elevasi tertinggi hingga terendah. Luas daerah tangkapan hujan, dan arah aliran air limpasan (*run off*) (Dimple et al., 2022). dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan peta daerah tangkapan hujan dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Luas Daerah Tangkapan Hujan

Daerah Tangkapan Hujan	Luas (Km ²)
Pit/Quarry	0,11
Luar Pit/Quarry 1	0,18
Luar Pit/Quarry 2	0,16
Waste Dump	0,03

Potensi zona genang berdasarkan Gambar 1 terdapat pada sungai yang berada pada sisi barat dari lokasi kuari. Sungai ini mengalir sepanjang tahun dengan arah aliran yaitu utara ke selatan, sehingga sekaligus menjadi area keluaran saat lokasi kuari terdapat genangan. Namun tinggi genangan dapat dianalisis menggunakan pemodelan genangan yang kemudian dibandingkan dengan elevasi kuari yang akan terbentuk.



Gambar 1. Peta Daerah Tangkapan Hujan Akhir Penambangan Kapanewon Girimulyo

Koefisien Limpasan

Nilai koefisien limpasan berdasarkan kondisi permukaan. Besarnya koefisien pengaliran dipengaruhi oleh kemiringan tanah (Al-Janabi et al., 2023), jenis permukaan tanah yang dilalui air hujan (Alivio et al., 2024), iklim, dan faktor-faktor meterologi (Al-Janabi et al., 2023).

Nilai koefisien limpasan bervariasi tergantung pada jenis penutup lahan, seperti vegetasi, permukaan kedap air, atau tanah terbuka, yang masing-masing memiliki tingkat penyerapan air yang berbeda. Tabel 2 menunjukkan nilai koefisien pada kemiringan, kegunaan lahan yang berbeda-beda.

Tabel 2. Koefisien Limpasan Berdasarkan Kemiringan Lahan dan Kegunaan Lahan (Subramanya, 2013)

Kemiringan	Kegunaan Lahan	Koefisien Limpasan
Datar	- Persawahan rawa-rawa	0,2
Kemiringan < 3%	- Hutan, perkebunan	0,3
Agak Miring (3-15%)	- Pemukiman	0,4
	- Vegetasi ringan	0,5
	- Tanah gundul	0,6
Curam Kemiringan > 15%	- Hutan Pemukiman	0,7
	- Vegetasi ringan	0,8
	- Daerah tambang	0,9

Tabel 3. Koefisien Limpasan

Daerah Hujan	Tangkapan	Koefisien Limpasan			
		Ct	Cs	Cv	C
<i>Catchment Area</i>		0,16	0,26	0,04	0,46

Curah Hujan

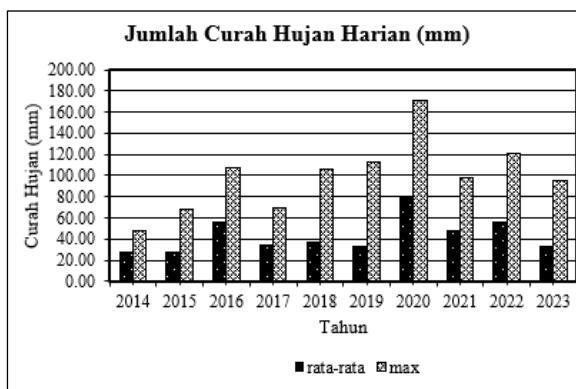
Data curah hujan Desa Jatimulyo diperoleh dari citra satelit di situs www.worldweatheronline.com dengan data mulai dari tahun 2014 hingga tahun 2023.

Tabel 4. Curah Hujan Harian Maksimum Kecamatan Girimulyo Tahun 2014-2023

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
2014	47.98	45.09	24.03	15.09	22.31	39.60	44.62	16.02	0.67	18.05	27.81	33.01
2015	62.18	67.72	22.02	38.14	21.82	13.49	5.44	6.85	0.30	0.72	50.15	38.72
2016	31.74	74.29	41.50	18.01	45.76	79.70	44.97	51.01	66.34	106.72	46.81	59.71
2017	69.82	26.01	17.77	31.53	20.31	6.77	0.72	24.58	41.02	41.61	65.12	69.82
2018	21.75	50.53	105.66	74.23	4.03	8.78	0.83	0.90	4.08	7.78	59.51	101.79
2019	112.76	47.00	40.68	48.34	15.31	0.65	2.99	0.66	3.84	17.54	20.04	80.41
2020	62.00	67.97	137.33	171.57	155.46	97.81	12.33	9.09	94.06	62.80	19.99	56.72
2021	65.96	87.67	57.43	37.20	53.16	38.39	7.33	10.89	21.28	40.48	52.64	98.32
2022	69.66	22.05	33.24	121.54	57.17	41.16	25.28	68.59	24.65	45.09	97.41	57.87
2023	21.35	95.16	63.95	39.19	51.41	13.42	31.12	2.73	0.84	1.98	26.09	55.83
Total	565.20	583.49	543.61	594.84	446.74	339.77	175.63	191.32	257.08	342.77	464.57	652.20
Average	56.52	58.35	54.36	59.48	44.67	33.98	17.56	19.13	25.71	34.28	46.46	65.22

Nilai curah hujan pada periode ulang hujan tertentu dan intensitas hujan dapat diketahui dari pengolahan data rata-rata curah hujan harian maksimum yang digunakan.

Gambar 2 menunjukkan bahwa curah hujan harian di kecamatan Girimulyo bervariasi. Sebagai contoh pada tahun 2016 dan 2020 curah hujan rata-rata mengalami kenaikan dibandingkan dengan tahun-tahun sebelum dan sesudahnya. Kemudian terdapat curah hujan maksimum yang cukup tinggi pada tahun 2020, yaitu lebih dari 160 mm/hari.



Gambar 2. Grafik Curah Hujan Kecamatan Girimulyo

Curah Hujan Rencana

Pengolahan data dilakukan dengan metode *Gumbell* modifikasi (Tabel 5), yaitu suatu metode *Gumbell* yang didasarkan pada distribusi normal (distribusi harga ekstrim) dengan modifikasi pada bagian curah hujan menjadi curah hujan maksimum.

Tabel 5. Distribusi Gumbell

Tahun	Curah Hujan maksimum (mm) (Xt)	Max Rata-rata (x̄-x̄̄)²	n	m	Yn	Vn Rata-rata	(Yn-Ȳ)² / n	SD	Sn	PUH	Yt	K	Xt (C.H Rencana)		
2014	47.98	171.57	152.74	49	10.00	10	-0.87	0	1.88	34.82	1.00	1	0.00		
2015	67.72	171.57	107.84	82	10.00	9	-0.53	0	1.06	34.82	1.00	2	0.37	-0.13	167.10
2016	106.72	171.57	4205.52	10.00	4	0.79	0	0.09	34.82	1.00	5	1.50	1.00	206.48	
2017	69.82	171.57	10353.06	10.00	8	-0.26	0	0.57	34.82	1.00	10	2.25	1.75	232.56	
2018	105.66	171.57	4344.13	10.00	5	0.50	0	0.00	34.82	1.00	20	2.97	2.47	257.57	
2019	112.76	171.57	3458.49	10.00	3	1.14	0	0.42	34.82	1.00	25	3.20	2.70	245.50	
2020	62.00	171.57	0.00	10.00	1	2.35	0	3.44	34.82	1.00	30	3.38	2.88	271.96	
2021	98.32	171.57	5365.56	10.00	6	0.24	0	0.07	34.82	1.00	40	3.68	3.17	282.10	
2022	121.54	171.57	2503.00	10.00	2	1.61	0	1.23	34.82	1.00	50	3.90	3.40	289.94	
2023	95.16	171.57	5838.49	10.00	7	-0.01	0	0.26	34.82	1.00	100	4.60	4.10	314.20	
Total	997.25		62127.49			4.95		8.02							
MAX	171.57		10898.09			0.59		0.90							314.20
Average	99.73		10099.42			1.18		1.60							228.74

Dari pengolahan data menggunakan distribusi Gumbell diperoleh curah hujan rencana maksimum sebesar 314.20 mm dengan curah hujan maksimum pada 171.57 mm.

Tabel 6. Curah Hujan Rencana Gumbell

Periode Ulang Hujan	Tahun									
	2	5	10	20	25	30	40	50	100	
Nilai Yt	0.37	1.50	2.25	2.97	3.20	3.38	3.68	3.90	4.60	
Nilai Yn Rata-rata	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Nilai Sn	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Faktor Reduse Variate (k)	-0.13	1.00	1.75	2.47	2.70	2.88	3.17	3.40	4.10	
Nilai SD	34.82	34.82	34.82	34.82	34.82	34.82	34.82	34.82	34.82	
Periode Ulang Hujan	Tahun									
	2	5	10	20	25	30	40	50	100	
Curah Hujan Maksimum (mm/hari) (Xbar)	171.57	171.57	171.57	171.57	171.57	171.57	171.57	171.57	171.57	
Curah Hujan Maksimum Rencana (mm/hari) (Xt)	167.10	206.48	232.56	257.57	265.50	271.96	282.10	289.94	314.20	
Resiko Hidrologi (%)	99%	86%	62%	54%	47%	38%	32%	17%	0%	
Intensitas Curah Hujan Rencana (mm/jam) (I)	30.56	37.76	42.53	47.10	48.56	49.74	51.59	53.03	57.46	

Berdasarkan tabel yang dikemukakan oleh (Suripin, 2004) dan hasil perhitungan yang dilakukan, didapatkan hasil perhitungan intensitas curah hujan dengan nilai sebesar 37,76 mm/jam (Tabel 6) maka dapat disimpulkan bahwa tingkat hujan diklasifikasikan sebagai Hujan Deras.

Debit Air Limpasan

Air limpasan terjadi ketika jumlah curah hujan lebih besar dari laju infiltrasi air ke dalam tanah. Ketika laju infiltrasi sudah terpenuhi, maka air mulai mengisi cekungan-cekungan yang ada pada permukaan tanah.

Tabel 7. Debit Air Limpasan

Lokasi	Luas (Km²)	I (mm/jam)	C	Q (m³/detik)
DTH pit / Quarry	0,05	37.76	0,9	0.48
DTH Luar pit / Quarry	0,15	37.76	0,6	0.96
DTH Luar waste dump	0,16	37.76	0,6	0.98
DTH waste dump	0,01	37.76	1	0.08

Kemudian berdasarkan pengamatan lapangan, tidak terdapat rembesan dari tebing maupun lereng yang ada pada lokasi penelitian (Gambar 3), sehingga kontribusi air tanah tidak dihitung pada perhitungan air limpasan.

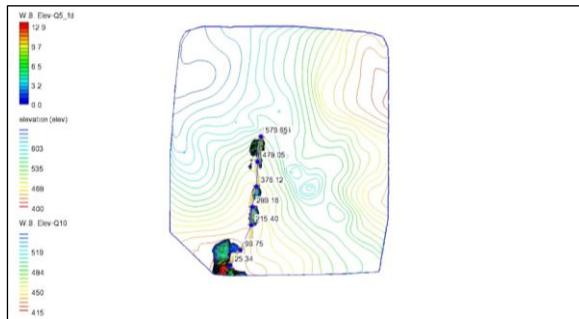


Gambar 3. Pengamatan Lereng pada Lokasi Penelitian

Analisis Genangan

Analisis genangan pada kuari andesit ini dilakukan dengan menggunakan Software WMS, dan HEC-RAS.

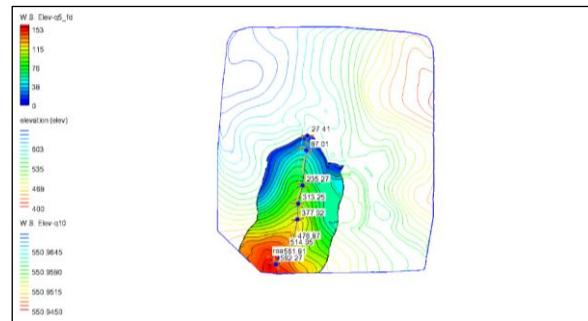
Dari data kemudian dilakukan pemodelan menggunakan aplikasi WMS 11.1 dengan hasil sebagai berikut.



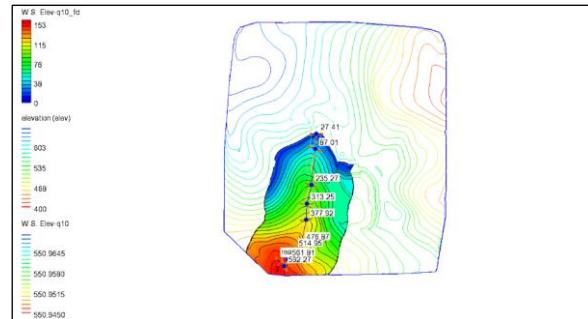
Gambar 4. Hasil Pemodelan WMS Sebelum di Tambang

Warna biru pada Gambar 4 sampai 6 menunjukkan elevasi 0 m, dan tertinggi warna merah dengan elevasi 159 m. Semakin besar PUH maka simulasi genangan yang terbentuk akan semakin dalam dan luas.

Hasil pemodelan genangan menunjukkan bahwa dominasi genangan terjadi pada sungai yang ada pada lokasi studi. Hal ini dapat menunjukkan sistem open cast yang digunakan pada kuari ini akan terhindar dari genangan, bahkan lokasi genangan yang berdekatan dapat dimanfaatkan sebagai zona keluaran dari air yang berasal dari kolam pengendapan.



Gambar 5. Hasil Pemodelan WMS PUH 5



Gambar 6. Hasil Pemodelan WMS PUH 10

Dari data didapatkan pada area tambang tidak terdapat genangan yang terbaca. Pada area penambangan tidak didapatkan rona penambahan elevasi air berwarna biru yang berarti penambahan elevasi sebesar 0 m, sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat potensi banjir pada umur akhir tambang.

Rencana Sistem Penyaliran Tambang

Untuk menggunakan sistem *Mine Drainage* untuk sistem penyaliran tambang nya, dikarenakan air tidak ada yang terdapat dalam bukaan tambang, sehingga dapat dicegah dengan menggunakan sistem *Mine Drainage*.

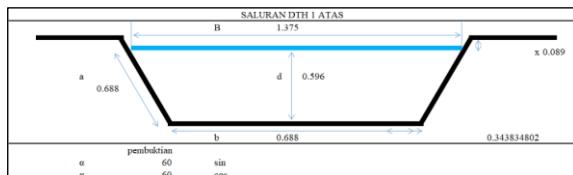
Saluran Terbuka

Saluran terbuka sesuai perhitungan sebelumnya, maka dibagi emnjadi tiga bagian, yakni saluran terbuka pada DTH 1, saluran terbuka pada DTH 2, kemudian saluran terbuka gabungan yang merupakan pertemuan dari dua saluran terbuka sebelumnya.

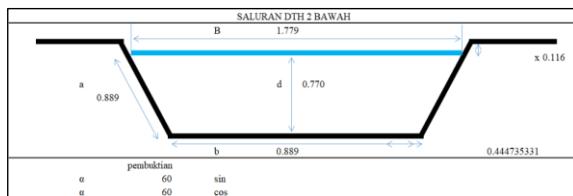
Tabel 8. Perhitungan Geometri Saluran Terbuka

Lokasi	n	S	d	a	A	b	B
Saluran DTH 1	0,03	0,03	0,596	0,64	0,614	0,688	1,375
Saluran DTH 2	0,03	0,03	0,77	0,889	1,028	0,889	1,779
Saluran Gabungan	0,03	0,03	1,113	1,285	2,145	1,285	2,57

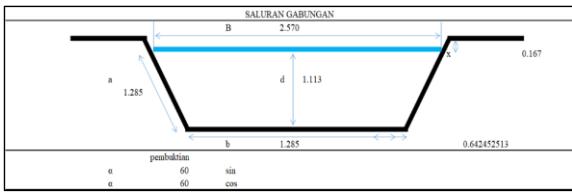
Gambar 7-9 desain Saluran terbuka yang akan diterapkan sebagai berikut.



Gambar 7. Geometri Saluran Terbuka DTH 1



Gambar 8. Geometri Saluran Terbuka DTH 2



Gambar 9. Geometri Saluran Gabungan

Keterangan :

a = kemiringan saluran
 B = lebar permukaan saluran
 b = lebar dasar saluran
 d = tinggi muka air
 x = tinggi jagaan

Sumuran

Tidak membuat sumuran dikarenakan metode penambangan menggunakan metode tambang *side hill*. Kemudian setelah dilakukan simulasi menggunakan *software HEC-RAS* tidak terjadi genangan air di dalam *front* penambangan. Oleh karena itu, air limpasan diarahkan ke saluran terbuka yang ada untuk berikutnya menuju kolam pengendapan.

Kolam Pengendapan

Kolam pengendapan yang dirancang didasarkan pada volume air yang masuk dari saluran terbuka gabungan. Jumlah kompartemen kolam pengendapan yang dirancang ada tiga buah dengan Panjang totalnya adalah 74 m dan lebar 24,5 m. Dimensi kolam pengendapan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 9.

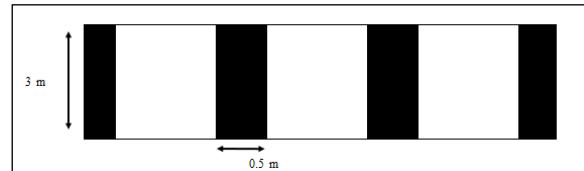
Tabel 9. Kolam Pengendapan

Komponen	Satuan	Nilai
Debit air	m^3/detik	1.5
Kecepatan pengendapan (V_t)	m/detik	4.8×10^{-5}

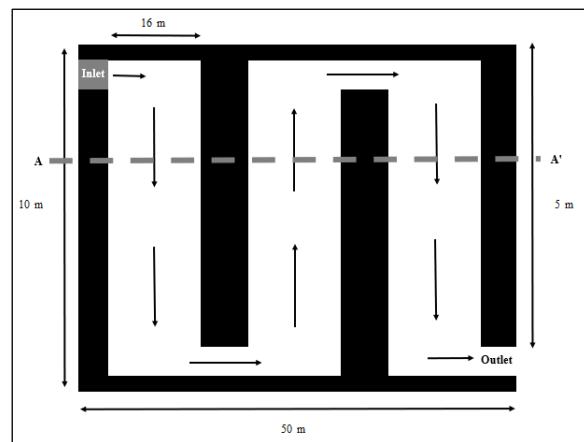
Komponen	Satuan	Nilai
Luas Kolam	m^2	500
Jumlah kompartemen	-	3
Kedalaman kolam	m	3
Lebar kolam	m	10
Panjang penyekat	m	5
Lebar penyekat	m	0.5
Kedalaman penyekat	m	2
Panjang tiap kompartemen	m	16
Panjang kolam total	m	50
Volume kolam total	m^3	1495

Kecepatan pengendapan pada Tabel 9 didapatkan dengan menggunakan hukum stokes dengan parameter-parameter berupa berat jenis padatan dan air, kekentalan dan diameter partikel. Kemudian berdasarkan kecepatan pengendapan tersebut dan dimensi kolam yang sudah dihitung, maka dihasilkan % pengendapan sebanyak 53,74%, banyak padatan terendapkan yaitu $101,6 \text{ m}^3/\text{hari}$, dan waktu pengeringan yaitu setiap 15 hari sekali.

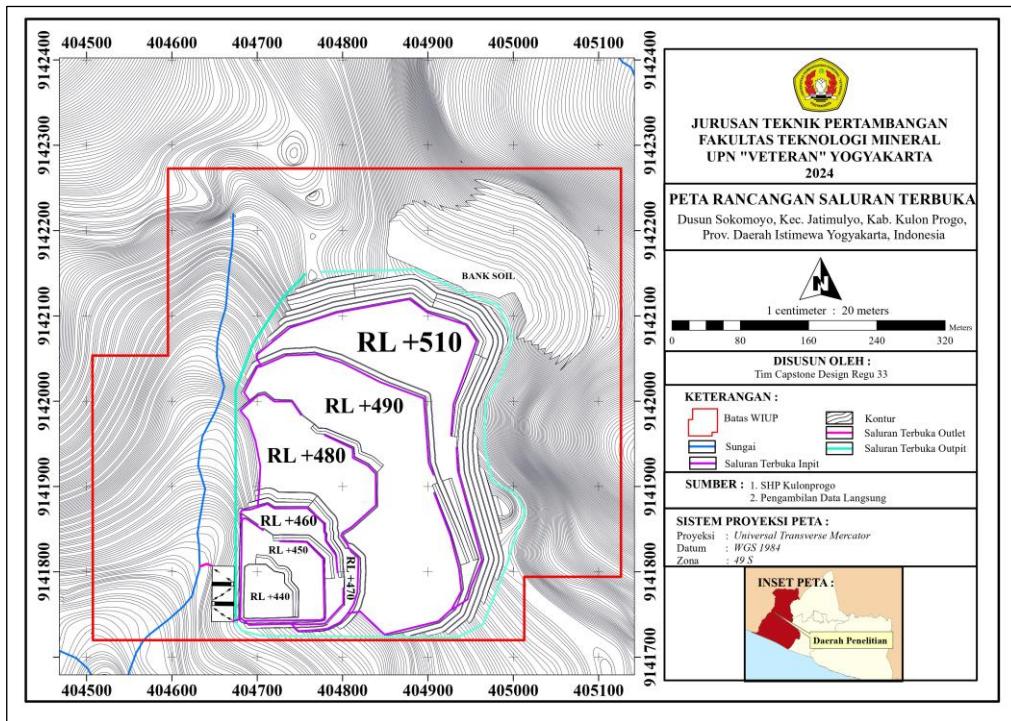
Berdasarkan perhitungan diatas, dapat dimodelkan kolam pengendapan seperti pada Gambar 10-11.



Gambar 10. Bentuk Kolam Pengendapan Tampak Samping



Gambar 11. Bentuk Kolam Pengendapan Tampak Atas



Gambar 12. Rencana Sistem Penyaliran Tambang

Rencana sistem penyaliran tambang pada Gambar 12 menunjukkan bahwa saluran terbuka sudah mencangkup seluruh area kuari. Kemudian kolam pengendapan ditempatkan pada lokasi dengan elevasi lebih rendah di bagian selatan berdekatan dengan sungai untuk mengalirkan air setelah melewati kolam pengendapan.

Rencana Pemantauan

Rencana pemantauan jangka panjang sistem penyaliran tambang bertujuan untuk memastikan efektivitas pengelolaan air tambang secara berkelanjutan. Pemantauan dilakukan terhadap saluran air, kolam sedimentasi, kualitas air, dan muka air tanah menggunakan alat seperti *Multiparameter Water Quality Sensor* untuk memantau pH, TSS, dan logam berat, *Sediment Sampler* untuk mengevaluasi akumulasi sedimen, serta *Piezometer* untuk memantau fluktuasi muka air tanah. Inspeksi visual menggunakan drone atau CCTV juga dapat diterapkan untuk efisiensi.

Pemantauan dilakukan secara berkala: saluran dan kolam setiap bulan, kualitas air mingguan hingga bulanan, dan muka air tanah triwulanan. Pemeliharaan saluran dilakukan minimal dua bulan sekali atau setelah hujan lebat, sedangkan pengeringan kolam dilakukan bila volume lumpur telah melebihi 50% kapasitas tumpung. Data pemantauan direkam dalam laporan rutin dan dievaluasi triwulanan untuk menentukan kebutuhan tindakan korektif atau modifikasi sistem.

IV. KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa area tambang andesit di Kecamatan Girimulyo memiliki potensi genangan yang rendah, namun tetap diperlukan sistem penyaliran untuk mengelola air limpasan dari curah hujan maksimum sebesar 314,20 mm. Sistem penyaliran yang dirancang mencakup saluran terbuka dengan kedalaman hingga 1,1 meter, lebar dasar 1,3 meter, dan lebar permukaan 2,6 meter, panjang dinding saluran 1,3 m. Rancangan ini disesuaikan dengan debit air limpasan area kuari sebesar 0,48 m³/detik. Selain itu, kolam pengendapan seluas 500 m² dengan volume total 1495 m³ dan tiga kompartemen dirancang untuk menampung dan mengendapkan sedimen sebelum air dialirkan keluar dari area tambang. Berdasarkan simulasi dengan HEC-RAS dan WMS, tidak ditemukan genangan di dalam bukaan tambang, sehingga tidak diperlukan sumuran atau pompa tambahan. Rancangan ini dinilai mampu mengendalikan air permukaan secara efektif dan mendukung operasional tambang secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kelompok Bidang Keahlian (KBK) Pengelolaan Sumberdaya Air, Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta atas bimbingan, masukan, dan fasilitas yang diberikan selama proses penyusunan penelitian ini. Dukungan dan arahan yang diberikan sangat berperan dalam kelancaran pelaksanaan kegiatan studi dan penyusunan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Janabi, A. H., Al-Saadi, R. J., & Alwan, H. H. (2023). A Laboratory Watershed Model to Study the Effect of Rainfall Intensity and Soil Surface Slope on Surface Runoff Rate of Karbala Desert Soil. *Iraqi Geological Journal*, 56(2), 146–159. <https://doi.org/10.46717/igj.56.2E.11ms-2023-11-16>

Alivio, M. B., Radinja, M., Bezak, N., & Gribovszki, Z. (2024). Estimation of runoff coefficient and curve number based on observed rainfall-runoff events from contrasting catchments in the urban environment. *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 3073.

Bhagat, N. (2017). Flood Frequency Analysis Using Gumbel's Distribution Method: A Case Study of Lower Mahi Basin, India. *Journal of Water Resources and Ocean Science*, 6(4), 51. <https://doi.org/10.11648/j.wros.20170604.11>

Dimple, D., Rajput, J., Al-Ansari, N., Elbeltagi, A., Zerouali, B., & Santos, C. A. G. (2022). Determining the Hydrological Behaviour of Catchment Based on Quantitative Morphometric Analysis in the Hard Rock Area of Nand Samand Catchment, Rajasthan, India. *Hydrology*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/hydrology9020031>

Endrianto, M., & Ramli, M. (2009). *Tambang Terbuka Batubara*. 09(01), 29–40.

Gautama, R. S. (1999). Sistem Penyaliran Tambang. *Institut Teknologi Bandung*.

Lane, B. (2002). *Statistical methods in hydrology*.

Massmann, J., Freeze, R. A., Smith, L., Sperling, T., & James, B. (1991). Hydrogeological decision analysis: 2. Applications to ground-water contamination. *Groundwater*, 29(4), 536–548.

Subramanya, K. (2013). *Engineering Hydrology*.

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*.

Widodo, L. E. (2012). Hidrologi, Hidrogeologi Serta Penyaliran Tambang. *Bandung: LAPI ITB*.

Zelenhasic, E. (1970). Theoretical Probability Distributions for Flood Peaks. *Colo State Univ (Fort Collins), Hydrol Pap* 42, November.

www.worldweatheronline.com, diakses pada 17 Juli 2024