



Kajian Teknis Dimensi Sump dan Kebutuhan Pompa pada Penyaliran Tambang Terbuka PT. XYZ

Muhammad Fawwaz Mursyid, Noor Fauzi I, Zaenal*

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 11/10/2024

Revised : 23/12/2024

Published : 31/12/2024



Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 4

No. : 2

Halaman : 171 - 182

Terbitan : Desember 2024

Terakreditasi Sinta [Peringkat 5](#)

berdasarkan Ristekdikti

No. 177/E/KPT/2024

ABSTRAK

Operasi tambang terbuka di PT XYZ menghadapi tantangan manajemen air akibat fluktuasi cuaca, terutama saat curah hujan tinggi. Penelitian ini berfokus pada desain geometri kolam penampungan dan pemilihan pompa yang optimal untuk memastikan efisiensi sistem pengelolaan air tambang. Kolam penampungan dirancang untuk menampung limpasan air hujan tanpa mengganggu operasi tambang, sementara pompa yang tepat diperlukan untuk menjaga efektivitas pengaliran air dan keselamatan kerja. Metode penelitian melibatkan pengumpulan data primer dari lapangan, seperti debit air limpasan dan kapasitas kolam, serta data sekunder dari catatan cuaca historis dan literatur terkait. Analisis menggunakan metode E.J. Gumbell untuk menghitung curah hujan ekstrem dan statistika untuk keseimbangan air di kolam. Hasil menunjukkan intensitas curah hujan maksimum mencapai 20,37 mm/jam, debit limpasan 9419,67 m³/jam, debit air tanah 64,65 m³/hari, dan debit pemompaan 3805,87 m³/hari. Desain kolam penampungan memiliki dimensi panjang dasar 40 m, panjang permukaan 50 m, dan kedalaman 5 m dengan kemiringan 45°. Saluran penyaliran didesain dengan lebar dasar 0,40 m, lebar permukaan 0,81 m, dan kedalaman 0,42 m. Kolam pengendapan dirancang dengan lebar 50 m, panjang 25 m, dan kedalaman 2 m. Untuk tahun pertama, kebutuhan maksimum adalah tiga pompa guna mengelola air secara optimal sesuai kapasitas desain.

Kata Kunci : Debit Air Limpasan, Keseimbangan air, Kolam Penampungan.

ABSTRACT

Operasi tambang terbuka di PT XYZ menghadapi tantangan signifikan dalam manajemen air akibat fluktuasi cuaca, terutama selama curah hujan tinggi. Penelitian ini bertujuan merancang geometri kolam penampungan dan memilih pompa optimal untuk memastikan pengelolaan air tambang yang efisien serta mendukung kelancaran operasi dan keselamatan kerja. Kolam penampungan dirancang untuk mengakomodasi limpasan air hujan tanpa mengganggu aktivitas tambang, sementara pompa yang dipilih harus mampu mengalirkan air secara efektif. Data primer dikumpulkan langsung dari lapangan, termasuk debit limpasan dan kapasitas kolam, sedangkan data sekunder diperoleh dari catatan cuaca historis dan literatur terkait. Metode E.J. Gumbell digunakan untuk menganalisis curah hujan ekstrem, sementara analisis statistik diterapkan untuk menghitung keseimbangan air di kolam. Hasil penelitian menunjukkan intensitas curah hujan maksimum mencapai 20,37 mm/jam, debit limpasan hingga 9419,67 m³/jam, debit air tanah 64,65 m³/hari, dan debit pemompaan sebesar 3805,87 m³/hari. Kolam penampungan dirancang dengan panjang dasar 40 m, panjang permukaan 50 m, dan kedalaman 5 m dengan kemiringan 45°. Saluran drainase memiliki lebar dasar 0,40 m, lebar permukaan 0,81 m, dan kedalaman 0,42 m. Kolam pengendapan didesain dengan lebar 25 m, panjang 60 m, dan kedalaman 2 m. Pada tahun pertama, diperlukan tiga unit pompa untuk pengelolaan air yang optimal sesuai kapasitas desain.

Keywords: Runoff Water Flow, Water Balance, Sump.

Copyright© 2024 The Author(s).

Corresponding Author : Email : zaenal.mq66@gmail.com

Indexed : Garuda, Crossref, Google Scholar

DOI : <https://doi.org/10.29313/jrtp.v4i2.5282>

A. Pendahuluan

Operasi penambangan yang menggunakan metode tambang terbuka menyebabkan lokasi penambangan berinteraksi langsung dengan elemen udara luar, yang berarti bahwa aktivitas penambangan sangat tergantung pada kondisi cuaca di wilayah penambangan (Siahaan *et al.*, 2017). Dalam aktivitas penambangan, masalah terkait air tambang tak hanya muncul ketika musim hujan tiba, melainkan juga saat musim kemarau. Hal ini harus dikelola saat melaksanakan kegiatan penambangan. Mengingat bahwa bahkan selama musim kemarau (Putri Stella & Kasim Tamrin, 2019), air tanah tetap ada di bawah permukaan tanah yang berada di dalam pit penambangan (Freeze, 1979; Mutiara Aulia & Rusli, 1999). Ketersediaan air dalam jumlah besar menjadi isu utama dalam pekerjaan pertambangan, berdampak pada produktivitas baik secara langsung maupun tidak langsung (Arif, 2018).

PT XYZ adalah perusahaan di industri pertambangan yang menerapkan metode penambangan terbuka yang dikenal sebagai *open pit mining*. Metode ini sangat dipengaruhi oleh fluktuasi cuaca yang berpotensi memengaruhi seluruh aktivitas produksi di lokasi tambang perusahaan. Salah satu ciri khas dari metode *open pit mining* ini adalah pembentukan cekungan di permukaan tanah, yang berfungsi sebagai tempat penampungan air saat hujan turun (Hartman, 1992). Oleh karena itu, desain geometri *sump* dan pemilihan pompa yang tepat adalah elemen utama dalam sistem penyaliran tambang (Redanto Putri, 2020).

Desain geometri *sump* yang optimal menjadi fokus utama untuk memastikan bahwa kapasitas *sump* mencukupi untuk menampung aliran air tanpa mengganggu operasi tambang (Murad, 2021). Demikian juga, pemilihan pompa yang cocok dengan kapasitas yang tepat dan keandalan yang tinggi menjadi faktor penting dalam sistem penyaliran tambang yang efektif (Mingsi Yoszi A. & Sepniko R., 2018). Dengan pemahaman yang mendalam tentang aspek-aspek ini, perusahaan pertambangan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi risiko gangguan, serta mendukung keselamatan dan produktivitas pekerja tambang, mencapai tingkat peningkatan kinerja yang konsisten (Kasim Tamrin & Rahmat A, 2018).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini berfokus pada estimasi debit air masuk, desain geometri *sump*, dan upaya peningkatan efisiensi pengoperasian serta pemeliharaan *sump* dan *settling pond* untuk mengatasi risiko banjir dan pencemaran air di area tambang (Lusia *et al.*, 2023). Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis data hidrologi dan hidrogeologi untuk mengembangkan solusi yang efektif (Mahmud, 2011; Muhajirin, 2022).

Tujuan utama dari penelitian ini meliputi identifikasi dan pengukuran debit air yang masuk ke lokasi tambang untuk merancang sistem penyaliran yang efisien. Selain itu, penelitian ini bertujuan menentukan dimensi *sump* yang ideal agar mampu menampung dan mengelola air secara optimal (Smith J, 2018). Dengan demikian, operasi tambang dapat berjalan tanpa gangguan (Boro Paulus, 2011).

Penelitian ini juga mencakup penghitungan jumlah serta kapasitas pompa yang dibutuhkan untuk menangani masalah air secara efektif (Patel, 2018). Fokus lain adalah merancang dan mengelola sistem paritan dan *settling pond* agar mampu menangkap dan mengendapkan partikel padat, menjaga kualitas air, dan memastikan pemenuhan standar baku mutu yang berlaku. Pendekatan komprehensif ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan air tambang terbuka serta meminimalkan dampak lingkungan (Johnson A., 2017).

B. Metode Penelitian

Metodologi penelitian dilakukan dengan memanfaatkan data primer dan sekunder untuk menghasilkan analisis yang komprehensif. Data primer yang dikumpulkan meliputi sifat fisik dan kimia air, kondisi muka air tanah, serta keadaan geologi di sekitar lokasi penelitian. Data ini diperoleh langsung dari lapangan melalui observasi dan pengukuran yang mendetail (R.F. Craig, 2004).

Sementara itu, data sekunder yang digunakan mencakup peta topografi regional, peta geologi regional, dan data curah hujan selama 10 tahun terakhir. Data tersebut berasal dari sumber-sumber terpercaya seperti lembaga meteorologi dan dokumentasi geologi sebelumnya (Sukma Mayang, 2022; Wang Q., 2019). Gabungan antara data primer dan sekunder ini memungkinkan analisis mendalam untuk memahami karakteristik hidrologi dan hidrogeologi lokasi tambang, sehingga dapat mendukung desain sistem pengelolaan air yang efektif dan sesuai dengan kondisi setempat (Fetter W., 2001).

C. Hasil dan Pembahasan

Analisis Curah Hujan

Menurut (Helsel, 1992) dalam "Metode Statistik Penelitian Sumber Daya Air" , perhitungan dispersi seperti standar deviasi, koefisien skewness, koefisien kurtosis, dan koefisien varians sangat penting dalam analisis curah hujan (Zusra Hasbi, 2018). Metode yang digunakan ditentukan melalui Tabel dispersi dengan hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode yang sesuai adalah metode E.J. Gumbel, dengan nilai Cs 0,94 dan Ck 4,08. Berdasarkan metode ini, curah hujan rencana bulan Januari dengan periode ulang 5 tahun dihitung sebesar 8,5603 mm/hari. Hal ini dilakukan hingga seluruh bulan sudah diketahui nilai curah hujan rencananya (Whyte & Cumming, 2007).

Tabel 1. Rekapitulasi Data Curah Hujan

Rekapitulasi Curah Hujan Harian Rencana		Intensitas Curah Hujan	
Bulan	(mm/hari)	mm/jam	m/detik
Januari	8,5603	2,96707285	0,00000082
Februari	5,2263	1,8114774	0,00000050
Maret	8,9003	3,08492339	0,00000086
April	12,3207	4,27045864	0,00000119
Mei	11,4632	3,97324173	0,00000110
Juni	9,2076	3,19141889	0,00000089
Juli	12,1055	4,19586441	0,00000117
Agustus	8,0350	2,78498056	0,00000077
September	10,4982	3,63875815	0,00000101
Oktober	7,9441	2,75346903	0,00000076
November	9,2286	3,19869594	0,00000089
Desember	11,6959	4,0538998	0,00000113

Perhitungan Aliran Limpasan

Catchment area atau biasa dikenal dengan sebutan daerah tangkapan, biasanya ditentukan dengan ditinjau pada kondisi topografi daerah yang dijadikan daerah penelitian. Daerah tangkapan ini umumnya dibatasi oleh punggung dan juga perbukitan yang diperkirakan dapat mengumpulkan air hujan (Suryo Wendy W, 2012). Pada penelitian ini, dengan dibantu peta *water divide*, didapatkan luas *catchment area* sebesar 3.776,193 m² atau 749,6193 Ha beserta IUP. Luasan *catchment* ini deliniasi kembali sesuai dengan luasan rencana *pit* yang hendak di tambang (Yusran & Ardianto Budiman, 2015).

Intensitas Curah Hujan

Sebelum menentukan nilai intensitas curah hujan, perlu mengetahui nilai Tc atau waktu konsentrasi dimana waktu ini merupakan waktu terjauh yang dibutuhkan air untuk mengalir menuju *sump*. Penentuan Tc ini didapatkan melalui persamaan berikut:

$$T_c = \left(\frac{\text{Ketetapan} \times \text{Jarak Datar}}{\text{Beda Tinggi}} \right)^{0,385}$$

$$T_c = \left(\frac{0,87 \times 0,56867}{25} \right)^{0,385}$$

$$T_c = 0,22087$$

Intensitas curah hujan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3}$$

Keterangan:

R₂₄ : nilai curah hujan rencana yang diramalkan

Tc : Waktu konsentrasi

Dengan demikian, intensitas curah hujan dapat dihitung sebagai berikut :

Tahun ke 2

$$I = \frac{13,374}{24} \left(\frac{24}{0,2208} \right)^{2/3}$$

$$I = 12,688$$

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Debit Air Limpasan

	Gradien Hidrologi	Yt	CHR (mm)/hari	Durasi (jam)	Intensitas Curah Hujan (mm)/jam
1	100%	-	-		-
2	97%	0,367	13,374		12,688849
3	87%	0,903	15,043		14,272663
4	76%	1,246	16,114		15,286322
5	67%	1,500	16,902		16,03669
6	60%	1,702	17,531		16,633473
7	54%	1,870	18,054		17,129231
8	49%	2,013	18,501		17,55337
9	45%	2,139	18,891		17,924041
10	41%	2,250	19,238	0,22086648	18,253253
11	38%	2,351	19,550		18,549369
12	35%	2,442	19,834		18,818447
13	33%	2,525	20,094		19,06502
14	31%	2,602	20,334		19,292568
15	29%	2,674	20,556		19,503819
16	28%	2,740	20,764		19,700954
17	26%	2,803	20,959		19,885743
18	25%	2,862	21,142		20,059642
19	24%	2,918	21,315		20,223865
20	22,62%	2,970	21,479		20,379433

Debit Air Limpasan

Debit air limpasan merujuk pada jumlah air yang mengalir dari permukaan tanah ke dalam saluran-saluran atau sistem penyaliran. Ini termasuk air hujan yang mengalir dari permukaan tanah atau benda-benda seperti bangunan dan jalan, serta air rembesan yang muncul dari lapisan tanah atau batuan (Gupta S., 2016). Debit air limpasan merupakan parameter hidrologi penting yang memengaruhi manajemen air di berbagai lingkungan, termasuk dalam konteks penambangan (Chen L., 2020). Oleh karena itu, perencanaan sistem penanganan air tambang harus memperhitungkan debit air limpasan untuk meminimalkan dampak negatifnya (Li H., 2019; Lloyd G. & Venburg., 1979).

Tabel 3. Rekapitulasi Debit Air Limpasan

Debit Air Limpasan (Q1)						
Tahun ke	Kategori Kemiringan (%)	Kategori Tata Guna Lahan	Koefisien Limpasan (C)	Intensitas CH (I) m/detik	Cathment Area (A) m ²	Debit (Q1) m ³ /detik
1				0,0000044546	9400	0,0377
2				0,0000044546	17100	0,0686
3				0,0000044546	23400	0,0938
4				0,0000044546	27300	0,1095
5				0,0000044546	34400	0,1379
6				0,0000050703	39600	0,1570
7		Lahan		0,0000050703	53700	0,1807
8	>15%	Terbuka	0,9	0,0000050703	65100	0,2450
9		Tambang		0,0000050703	65100	0,2971
10				0,0000050703	65100	0,2971
11				0,0000054177	65100	0,3174
12				0,0000054177	65100	0,3174
13				0,0000054177	65100	0,3174
14				0,0000054177	69800	0,3174
15				0,0000054177	72400	0,3403

Debit Air Limpasan (Q1)						
Tahun ke	Kategori Kemiringan (%)	Kategori Tata Guna Lahan	Koefisien Limpasan (C)	Intensitas CH (I) m/detik	Catchment Area (A) m ²	Debit (Q1) m ³ /detik
16				0,0000056610	78600	0,3589
17				0,0000056610	83900	0,4005
18				0,0000056610	113900	0,4275
		Max		0,0000056610	113900	0,42746
		Min		0,0000054177	9400	0,03769
		Rata-Rata		0,0000050942	56339	0,24617

Debit Air Tanah

Konduktivitas Hidrolik (Aji, 2012) berdasarkan asumsi pengujian di Laboratorium didapatkan nilai sebesar 0,03 m/menit. Sedangkan untuk perhitungan gradien hidrolik yakni sebagai berikut :

Konduktivitas Hidrolik

Luas penampang sampel tanah

: 1 m²

Jarak Perjalanan air melalui sampel tanah

: 1 m (ΔL)

Perbedaan tinggi air (ujung atas dan bawah sampel tanah)

: 0,001 m (ΔH)

K

$$= \frac{Q \times \Delta H}{A \times \Delta L} = \frac{0,03 \times 1}{1 \times 0,001} = 0,03 \text{m/menit}$$

Gradien Hidrolik

i

$$= \frac{\Delta H}{\Delta L} = \frac{50}{116} = 0,4310$$

Luas Penampang Akuifer

A

$$= \text{Panjang (p) x Tebal (t)} = 100 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 5000 \text{ m}^2$$

Dengan demikian, nilai Debit Air Tanah yang didapat yakni sebagai berikut:

Q

$$\begin{aligned} &= K \cdot I \cdot A \\ &= 0,03 \times 0,4310 \times 5000 \\ &= 64,655 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 4. Rekapitulasi Debit Air Limpasan

Total Debit					
Catchment Area	Debit Limpasan (Q1) (m ³ /jam)	Waktu Hujan Max (jam/hari)	Total Debit Limpasan (Q1) (m ³ /hari)	Debit Air Tanah (Q2) (m ³ /hari)	Total Debit/Hari (m ³ /hari)
1	135,67	5,73	777,39	64,65517241	842,05
2	246,80	5,73	1414,19	64,65517241	1478,85
3	337,73	5,73	1935,21	64,65517241	1999,86
4	394,02	5,73	2257,74	64,65517241	2322,40
5	496,50	5,73	2844,92	64,65517241	2909,58
6	565,12	5,73	3238,14	64,65517241	3302,80
7	650,55	5,73	3727,63	64,65517241	3792,28
8	882,18	5,73	5054,89	64,65517241	5119,54
9	1069,46	5,73	6127,99	64,65517241	6192,65
10	1069,46	5,73	6127,99	64,65517241	6192,65
11	1142,73	5,73	6547,84	64,65517241	6612,49
12	1142,73	5,73	6547,84	64,65517241	6612,49
13	1142,73	5,73	6547,84	64,65517241	6612,49
14	1142,73	5,73	6547,84	64,65517241	6612,49

Total Debit					
Catchment Area	Debit Limpasan (Q1)	Waktu Hujan Max	Total Debit Limpasan (Q1)	Debit Air Tanah (Q2)	Total Debit/Hari
	(m ³ /jam)	(jam/hari)	(m ³ /hari)	(m ³ /hari)	(m ³ /hari)
15	1225,23	5,73	7020,57	64,65517241	7085,22
16	1327,92	5,73	7609,00	64,65517241	7673,66
17	1441,64	5,73	8260,60	64,65517241	8325,26
18	1538,85	5,73	8817,62	64,65517241	8882,27
Max	1538,85	5,73	8817,62	64,66	8882,27
Min	135,67		777,39		842,05
Rata-Rata	886,22		5078,07		5142,72

Debit Air Limpasan

Perhitungan *head* pompa melibatkan beberapa komponen utama. *Head static* (Ha) ditentukan dari selisih elevasi *inlet* dan *outlet*. *Head of velocity* (Va) dihitung sebesar 3,43 m, dengan *velocity* 8,20 m/s. *Head of friction* (Hf) diperoleh sebesar 101,03 m, setelah menghitung parameter seperti viskositas air (0,94 kg/ms), densitas air (997 kg/m³), dan *Reynolds number* (2.231.656,4 kg/m³). *Head of bend* (Hb) adalah 24,44 m, berdasarkan 7 belokan dengan sudut yang berbeda. *Head of suction valve* (Hs) ditentukan melalui nilai T-baku. Total head adalah hasil penjumlahan dari semua komponen head tersebut dan dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 5. Rekapitulasi Debit Air Limpasan

No	Parameter	Nilai (m)
1	Head Static (Ha)	25
2	Head of Velocity (Va)	3,43
3	Head of Friction (Hf)	101,03
4	Head of Bend (Hb)	24,44
5	Head of Suction Valve (Hs)	6,17
Total Head		160,0690898

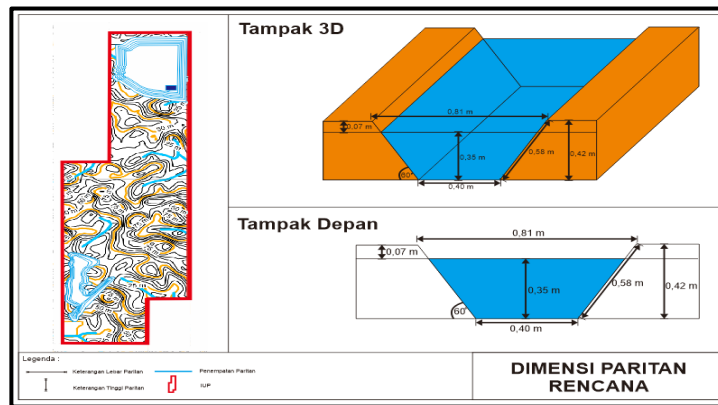
Paritan

Perhitungan dimensi saluran atau paritan melibatkan beberapa parameter penting. Kemiringan dinding saluran adalah 0,58. Lebar dasar saluran (b) dihitung sebesar 0,4045 m. Luas penampang saluran (A) adalah 0,21 m². Jari-jari hidrolis (R) diperoleh 0,18 m, dan lebar permukaan aliran (B) adalah 0,81 m. Panjang sisi saluran (a) adalah 0,40 m, sedangkan tinggi jagaan (f) adalah 0,07 m, sehingga tinggi paritan adalah 0,42 m. Keliling basah (P) dari saluran adalah 1,21 m. Dimensi dan geometri paritan sangat penting dalam perencanaan dan pengelolaan sistem (Sayoga R, 2019).

Tabel 6. Rekapitulasi Debit Air Limpasan

Rekapan Dimensi Saluran (m)							
Tahun	Kemiringan Dinding (α)	Lebar Permukaan Aliran (p)	Tinggi Paritan (l)	Lebar Dasar Saluran (b)	Lebar Permukaan Aliran Rencana (p)	Tinggi Paritan Rencana (l)	Lebar Dasar Saluran Rencana
1		0,51	0,27	0,2559			
2		0,41	0,22	0,2074			
3		0,18	0,02	0,0878			
4		0,28	0,14	0,1387			
5	60	0,45	0,23	0,2244	0,81	0,42	0,40
6		0,47	0,25	0,2372			
7		0,45	0,23	0,2227			
8		0,39	0,20	0,1960			

Rekapan Dimensi Saluran (m)							
Tahun	Kemiringan Dinding (α)	Lebar Permukaan Aliran (p)	Tinggi Paritan (l)	Lebar Dasar Saluran (b)	Lebar Permukaan Aliran Rencana (p)	Tinggi Paritan Rencana (l)	Lebar Dasar Saluran Rencana
9		0,34	0,18	0,1720			
10		0,46	0,24	0,2307			
11		0,28	0,15	0,1412			
12		0,33	0,17	0,1666			
13		0,19	0,10	0,0963			
14		0,44	0,23	0,2189			
15		0,44	0,23	0,2189			
16		0,44	0,23	0,2189			
17		0,44	0,23	0,2189			
18		0,44	0,23	0,2189			
Rata-Rata		0,39	0,20	0,19			
Min		0,18	0,02	0,09			
Max		0,51	0,27	0,26			



Gambar 1. Dimensi Saluran Paritan Rencana

Sump

Berdasarkan perhitungan dimensi *sump* yang direncanakan, diketahui bahwa total debit air yang masuk setiap tahun mempengaruhi kapasitas *sump* yang dibutuhkan. Dimensi *sump* dihitung dengan menggunakan formula yang mempertimbangkan kedalaman dan kemiringan dinding *sump*, serta total debit air yang masuk. Dari hasil perhitungan, panjang alas *sump* bervariasi antara 7,7 m hingga 37,1 m sepanjang 18 tahun, dengan panjang permukaan antara 17,7 m hingga 47,1 m. Volume *sump* yang diperlukan juga meningkat secara signifikan dari 934,29 m³ di tahun pertama hingga 8974,74 m³ di tahun ke-18, mengikuti peningkatan total debit air yang masuk.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai B} &= \frac{(2 \times \text{kedalaman}^2)}{\tan(\text{kemiringan})} \\
 &= \frac{(2 \times 5^2)}{\tan(45^\circ)} \\
 &= 50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai C Tahun 1} &= \left(\frac{2 \times \text{Kedalaman}}{\tan 45} \right) \times (0,5 \times \text{Kedalaman}) - \text{Total Debit/hari (m}^3) \\
 &= \left(\frac{2 \times 5}{\tan 45} \right) \times (0,5 \times 5) - 842,05 \\
 &= -806,7938252
 \end{aligned}$$

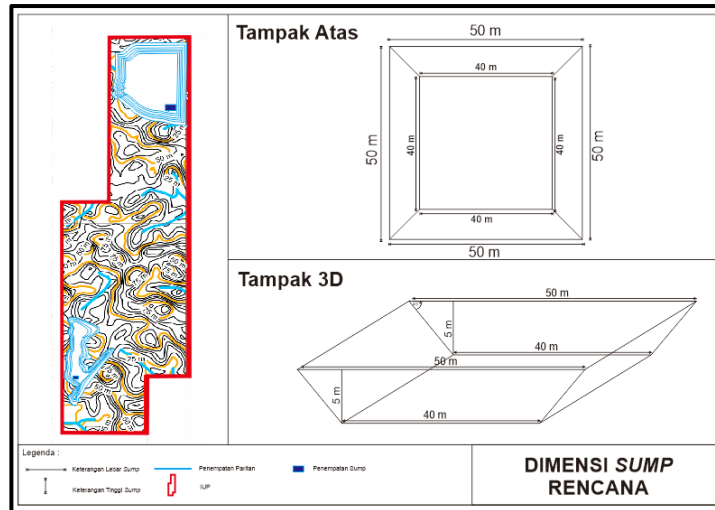
$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Alas} &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{(-50) + \sqrt{50^2 - 4(5)(-806,7938252)}}{2 \times 5}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Permukaan} &= 2(A) + \text{panjang alas} \\
 \text{Tahun 1} &= 2(5) + 7,7 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= \left(\frac{PA^2 + PP^2}{2}\right) \times A \\
 &= \left(\frac{7,7 \text{ m}^2 + 17,7 \text{ m}^2}{2}\right) \times 5 \\
 &= 934,29 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan serupa dilakukan untuk tahun-tahun berikutnya dengan memasukkan data yang relevan

Tabel 7. Rekapitulasi Debit Air Limpasan

Dimensi Rencana Sump Optimal							
Dimensi Sump							
Tahun	Kedalaman (A)	Angle of Repose (°)	(B)	(C)	Panjang Alas (m)	Panjang Permukaan (m)	Volume (m ³)
			$x = \frac{(2 \cdot Kedalaman^2)}{\tan(Angle \ of \ Repose)}$	$x = \left(\frac{2 \cdot A}{\tan 45}\right) \times (0,5 \cdot A)$	$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	$x = 2(A) + \text{Panjang Alas}$	
1	5	45	50	-806,7938252	7,7	17,7	934,29
2	5		50	-1443,593162	12,0	22,0	1571,09
3	5		50	-1964,610801	14,8	24,8	2092,11
4	5		50	-2287,14553	16,4	26,4	2414,65
5	5		50	-2874,324139	19,0	29,0	3001,82
6	5		50	-3267,544088	20,6	30,6	3395,04
7	5		50	-3757,030618	22,4	32,4	3884,53
8	5		50	-5084,292171	26,9	36,9	5211,79
9	5		50	-6157,397256	30,1	40,1	6284,90
10	5		50	-6157,397256	30,1	40,1	6284,90
11	5		50	-6577,23808	31,3	41,3	6704,74
12	5		50	-6577,23808	31,3	41,3	6704,74
13	5		50	-6577,23808	31,3	41,3	6704,74
14	5		50	-6577,23808	31,3	41,3	6704,74
15	5		50	-7049,969686	32,6	42,6	7177,47
16	5		50	-7638,406025	34,1	44,1	7765,91
17	5		50	-8290,00578	35,7	45,7	8417,51
18	5		50	-8847,018475	37,1	47,1	8974,52
Rata-Rata			-5107,471174	25,8103777	35,8103777	5234,971	
Max			-806,7938252	37,07022338	47,07022338	8974,518	
Min			-8847,018475	7,722372618	17,72237262	934,2938	



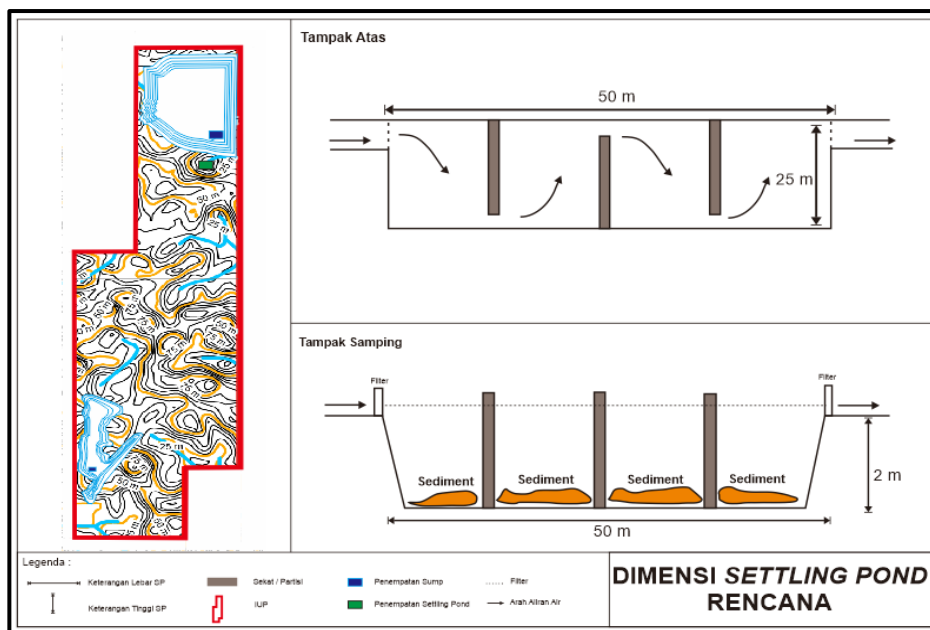
Gambar 2. Dimensi Saluran Paritan Rencana

Settling Pond

Settling pond di tambang batubara memiliki peran penting dalam pengelolaan limbah dengan memisahkan partikel padat dari air limbah sebelum dibuang ke lingkungan (Zulfa Kurniawati, 2021). Dengan menggunakan parameter seperti koefisien limpasan, berat jenis partikel, kekentalan air, dan dimensi kolam, perhitungan menunjukkan bahwa volume padatan yang diendapkan per detik adalah 0,000143 m³, dan *settling pond* memiliki kapasitas 2500 m³. Proses pengendapan berlangsung dengan kecepatan 0,46906 m/detik, sehingga partikel membutuhkan waktu sekitar 4,3 detik untuk mengendap, dan air keluar dari kolam dengan kecepatan mendatar 4,009 m/detik. Persentase pengendapan tahunan mencapai 91,72%, sementara 8,28% padatan tidak terendapkan. *Settling pond* akan terisi padatan dalam waktu 3,24 bulan jika dibiarkan tanpa pengelolaan lebih lanjut.

Tabel 8. Rekap Estimasi Waktu Pengerukan Material di *Settling Pond*

Tahun Ke	Settling pond akan terisi padatan ½ dari total volumenya	
	Tahun	Bulan
1	0,2768	3,32
2	0,1521	1,83
3	0,1056	1,27
4	0,0905	1,09
5	0,0719	0,86
6	0,0616	0,74
7	0,0535	0,64
8	0,0395	0,47
9	0,0318	0,38
10	0,0318	0,38
11	0,0305	0,37
12	0,0305	0,37
13	0,0312	0,37
14	0,0329	0,39
15	0,0306	0,37
16	0,0283	0,34
17	0,0260	0,31
18	0,0244	0,29



Gambar 3. Dimensi Saluran Paritan Rencana

Pemompaan

Pada tahun pertama hingga tahun keempat operasi tambang, kebutuhan pompa umumnya rendah. Dalam periode ini, satu unit pompa dengan kapasitas sekitar 50-70 m³/jam cukup untuk menangani debit air yang masuk ke sump. Pompa ini dirancang untuk menangani fluktuasi kecil dalam volume air dan meminimalkan risiko *overflows*. Selama periode ini, sistem drainase cukup stabil dan volume air yang harus dipompa tidak mengalami peningkatan signifikan (Brown M, 2017).

Memasuki tahun kelima hingga tahun kesepuluh, volume air yang masuk ke dalam sump mengalami peningkatan yang signifikan, mencapai sekitar 80-100 m³/jam. Pada fase ini, diperlukan dua unit pompa untuk menangani volume air yang lebih besar secara efektif. Penggunaan dua pompa memastikan bahwa kapasitas pemompaan dapat mengimbangi peningkatan debit air dan menghindari penumpukan air yang berlebihan di sump. Sistem pompa ini juga memberikan redundansi yang penting, memastikan bahwa jika salah satu pompa mengalami kegagalan, yang lainnya dapat tetap beroperasi untuk mengatasi aliran air (Adnyano et al., 2022).

Pada tahun kesebelas hingga tahun ketujuh belas, volume air yang masuk terus meningkat menjadi sekitar 120-150 m³/jam. Dalam kondisi ini, tiga unit pompa sering diperlukan untuk memastikan pemompaan yang efektif dan mencegah penumpukan air yang berlebihan. Penggunaan tiga pompa menyediakan kapasitas tambahan yang diperlukan untuk mengatasi volume air yang lebih besar dan memastikan bahwa sistem drainase tetap efisien. Pemantauan dan pemeliharaan rutin menjadi krusial pada fase ini untuk memastikan bahwa semua unit pompa berfungsi dengan baik dan sistem drainase dapat mengelola volume air yang tinggi dengan efektif (Rodriguez M., 2020).

D. Kesimpulan

Hasil penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan utama terkait pengelolaan air di area tambang PT XYZ. Debit air yang masuk ke dalam area penambangan terdiri dari debit air limpasan sebesar 5078,07 m³/hari dan debit air tanah sebesar 64,65 m³/hari. Sump di lokasi ini memiliki kapasitas volume mencapai 8974,52 m³, yang berperan signifikan dalam manajemen air dengan menampung aliran air di titik elevasi terendah (Kim S., 2016). Dalam kondisi debit air limpasan kurang dari kapasitas maksimal, sump juga dapat berfungsi sebagai penyimpanan sementara. Namun, tambahan kapasitas pompa diperlukan pada situasi tertentu untuk menjaga kestabilan elevasi sump.

Untuk penanganan air di lokasi, dibutuhkan 1 hingga 3 alat pompa, dengan kapasitas masing-masing alat mencapai 4146,59 m³/hari dan waktu pemompaan selama 4,5 jam. Jumlah pompa yang digunakan disesuaikan dengan volume debit air yang melebihi kapasitas maksimal sump.

Selain itu, pengelolaan paritan dan settling pond memegang peranan penting dalam memastikan pengendapan padatan yang efektif, sehingga kualitas air tetap memenuhi standar baku mutu. Dimensi paritan dirancang sebesar 0,81 m x 0,40 m x 0,58 m, sementara settling pond dirancang dengan dimensi 25 m x 50 m x 2 m, yang tidak hanya mendukung kelancaran operasi tambang tetapi juga menjaga kualitas lingkungan di sekitarnya.

Daftar Pustaka

- [1] Adnyano, A. A. I. A., Prastowo, R., Bahy, M. N., Hikmahtiar, S., Said, A., & Ashadi, A. L. (2022). Application Of Mine Dewatering Methods To Reduce Wastewater Pollution In The Environment: Implications For Andesite Mining. *International Journal Of Hydrological And Environmental For Sustainability*, 1(1), 24–32. <https://doi.org/10.58524/ijhes.V1i1.68>
- [2] Aji, A. (2012). Konduktivitas Hidraulik Pada Media Berpori . *Jurnal Hidrolika*, 5(2), 45–48.
- [3] Arif, I. (2018). *Nikel Indonesia*.
- [4] Boro Paulus. (2011). *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Di Bukit Tlf Tambang Tengah Pt Aneka Tambang Tbk, Unit Bisnis Pertambangan Nikel Sulawesi Tenggara* .
- [5] Brown M. (2017). A Comparative Analysis Of Mine Drainage Treatment Technologies: Case Studies From Different Geological Settings. *Mining And Metallurgical Engineering Journal*, 28(1), 32–47.
- [6] Chen L. (2020). Innovative Technologies For Sustainable Water Management In Mining Regions. *International Journal Of Sustainable Development And Environmental Engineering*, 18, 134–150.
- [7] Fetter W. (2001). *Applied Hydrogeology (4th Ed.)*.
- [8] Freeze, R. A. (1979). Groundwater Monitoring And Analysis For Decision Support In Mining Operations. *Journal Of Hydrogeology*, 12(3), 127–141.
- [9] Gupta S. (2016). Environmental Impact Assessment Of Mine Drainage: A Comparative Study Of Different Treatment Approaches . In *Water Research And Management (Pp. 56–72)*.
- [10] Hartman, H. L. (1992). *Sme Mining Engineering Handbook*. Colorado: Society For Mining Metallurgy And Exploration, Inc.
- [11] Helsel. (1992). *Metode Statistik Penelitian Sumber Daya Air* .
- [12] Johnson A. (2017). Efficient Water Management In Mining Operations: A Case Study Of Xyz Mine . *International Journal Of Environmental Engineering*, 78–92.
- [13] Kasim Tamrin, & Rahmat A. (2018). *Kajian Teknik Sistem Penyaliran Tambang Pada Tambang Terbuka Batubara Pt Nusa Alam Lestari, Kenagarian Sinamar, Kecamatan Asam Jujuhan, Kabupaten Dharmasraya* . *Jurnal Bina Tambang*, 3.
- [14] Kim S. (2016). Sustainable Water Resource Management In Mining: Lessons From Global Case Studies. *Journal Of Sustainable Mining*, 112–128.
- [15] Li H. (2019). Assessing The Environmental Impact Of Mine Drainage On Local Ecosystems: A Multi-Disciplinary Approach . In *Environmental Science And Pollution Research Nomor 7891-7905*.
- [16] Lloyd G., & Venburg. (1979). *Dewatering Of Mines – A Practical Analysis*. In *International Engineering Company*.
- [17] Lusiana, M., Safaruddin, S., & Zulkifli, Z. (2023). Tinjauan Teknik Settling Under Mining Pond (Sump) Di Penambangan Batu Kapur Pt. Semen Baturaja (Persero) Tbk. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 53–66. <https://doi.org/10.36546/Tekniksipil.V12i2.826>
- [18] Mahmud, A. (2011). *Buku Ajar Hidrologi Teknik*. Universitas Hasanuddin.
- [19] Mingsi Yoszi A., & Sepniko R. (2018). *Kajian Teknik Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Penambangan Batubara Blok B Pt Minemex Indonesia Talang Serdang Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi* . *Jurnal Bina Tambang*, 3(4).
- [20] Muhajirin, M. M. (2022). *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka Batubara Pit 1 Pt. Banjar Bumi Persada*. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, 11(02). <https://doi.org/10.20527/jtb.V11i02.228>
- [21] Murad, M. (2021). Rancangan Sump Dan Sediment Pond Bukit 13 Pt. Antam Tbk Ubp Bauksit Tayan Kalimantan Barat. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 21(2), 163. <https://doi.org/10.36275/Stsp.V21i2.386>
- [22] Mutiara Aulia, & Rusli. (1999). *Sistem Penyaliran Tambang* . In *Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung*.
- [23] Patel. (2018). Integration Of Remote Sensing And Hydrological Modeling For Effective Mine Drainage Control . In *Remote Sensing Applications (Vol. 15, Issue 2, Pp. 89–104)*.

- [24] Putri Stella, & Kasim Tamrin. (2019). Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Batubara Bawah Tanah Seam C1 Blo Timur Site Sapan Dalam Pt Nusa Alam Lestari Desa Salak, Sapan Dalam, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*.
- [25] Redanto Putri, F. A. (2020). Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Batubara Pada Tambang Terbuka Di Pt. X. *Jurnal Iptek*, 24(1), 59–66. <https://doi.org/10.31284/J.Iptek.2020.V24i1.902>
- [26] R.F. Craig. (2004). *Craig's Soil Mechanics, Seventh Edition (7th Ed.)*. Crc Press.
- [27] Rodriguez M. (2020). A Comprehensive Review Of Best Practices In Mine Drainage Control And Treatment . *International Journal Of Mining And Geological Engineering*, 42(4), 215–230.
- [28] Sayoga R. (2019). Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Studi Kasus: Pit Timur Bukit Wrangler Pt. Antam Tbk, Unit Bisnis Pertambangan Nikel Sulawesi Tenggara. *Jurnal Bina Tambang* , 6(2).
- [29] Siahaan, R., Alam, N., & Mutia, F. (2017). Evaluasi Teknis Sistem Penyaliran Tambang Studi Kasus: Pt Bara Energi Lestari Kabupaten Nagan Raya, Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Kebumihan*, 1(1), 30–37.
- [30] Smith J. (2018). Optimizing Mine Drainage Systems For Environmental Sustainability. *Journal Of Mining And Environmental Engineering*, 22(3), 45–60.
- [31] Sukma Mayang. (2022). Mine Drainage Dan Mine Dewatering Pada Tambang Terbuka. In Program Studi Diploma Iii, Teknologi Pertambangan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang.
- [32] Suryo Wendy W. (2012). Rancangan Sistem Penyaliran Tambang Bukit 01 Tambang Selatan Di Pt Aneka Tambang Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel Pomalaa Sulawesi Tenggara. In Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Yogyakarta.
- [33] Wang Q. (2019). Application Of Advanced Gis In Designing Drainage Systems For Open-Pit Mines. *Journal Of Geospatial Engineering*, 31(4), 102–115.
- [34] Whyte, J., & Cumming, W. (2007). *Surface Mining Equipment In Mining Methods Society For Mining, Metallurgy, And Exploration*.
- [35] Yusran, K., & Ardianto Budiman, A. (2015). Sistem Penyaliran Tambang Pit Ab Eks Pada Pt. Andalan Mining Jobsite Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur. In *Jurnal Geomine (Vol. 03)*.
- [36] Zulfa Kurniawati. (2021). Analisis Pengaruh Penambangan Batu Kapur Terhadap Kualitas Air Tanah Di Kawasan Pertambangan Pt Semen Padang Tbk. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 11(2).
- [37] Zusra Hasbi. (2018). Analisis Hidrogeologi Dan Rekayasa Pemompaan Air Tanah Untuk Sistem Penyaliran Tambang Bawah Tanah Studi Kasus: Pt Freeport Indonesia Tembagapura. *Jurnal Media Teknik Sipil* , 10(2).