

Analisis Neraca Air Limbah Sump PT Victor Dua Tiga Mega, Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah

**Ryan Andreas R Saragih^{1*}, Shalaho Dina Devy², Ardhan Ismail³,
 Harjuni Hasan⁴, Revia Oktaviani⁵**

¹⁻⁵Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman, Indonesia

Penulis Korespondensi: saragihryan2001@email.com

Abstract. The open-pit mining system at Pit 7C PT Victor Dua Tiga Mega forms a depression that accumulates water from surface runoff and groundwater, requiring effective water management through sump and pumping systems. This study aims to analyze the water balance of the sump by calculating inflow discharge, sediment discharge, sump capacity, pump performance, and overall water equilibrium. Secondary data analysis includes 10-year rainfall data, catchment area delineation using Global Mapper, and MFC-160 pump specifications. Rainfall analysis using the Gumbel distribution produced R_{24} of 213.973 mm. Total inflow to the sump reached 5,052.29 m³/day, dominated by surface runoff (4,965.89 m³/day) with groundwater contribution (86.40 m³/day). Sediment discharge during rainy conditions (17.13 m³/day) was higher than dry conditions (6.54 m³/day), with average TSS concentrations of 406.73 mg/L and 155.36 mg/L, respectively. TSS values during the rainy season exceeded the quality standard of 400 mg/L. Based on the 84-hour rainfall duration according to ESDM Regulation No. 1827 K/30/MEM/2018, the required sump capacity was 19,656.17 m³, necessitating an increase in sump depth from 3 m to 5.22 m. The MFC-160 pump delivered 4,550.68 m³/day with a pumping duration of 1.11 days, leaving a residual water volume of 487.58 m³/day after evaporation (6.79 m³/day) and infiltration (7.24 m³/day). The water balance analysis indicates that current pumping capacity is insufficient to completely drain the sump, requiring additional pumping units, sump dimension optimization, and improved sediment management strategies, particularly during the rainy season when TSS concentrations peak.

Keywords: Pumping System; Sediment Discharge; Sump Capacity; Total Suspended Solid; Water Balance.

Abstrak. Sistem penambangan terbuka pada Pit 7C PT Victor Dua Tiga Mega membentuk cekungan yang mengakumulasi air dari limpasan permukaan dan air tanah, sehingga memerlukan pengelolaan air yang efektif melalui sump dan sistem pemompaan. Penelitian ini bertujuan menganalisis neraca air pada sump dengan menghitung debit air masuk, debit sedimen, kapasitas sump, kinerja pompa, dan keseimbangan air secara keseluruhan. Analisis data sekunder mencakup data curah hujan 10 tahun, penentuan catchment area menggunakan Global Mapper, dan spesifikasi pompa MFC-160. Analisis curah hujan rencana menggunakan distribusi Gumbel menghasilkan R_{24} sebesar 213,973 mm. Total debit air masuk ke sump mencapai 5.052,29 m³/hari, didominasi limpasan permukaan (4.965,89 m³/hari) dengan kontribusi air tanah (86,40 m³/hari). Debit sedimen pada hujan (17,13 m³/hari) lebih tinggi dibanding kemarau (6,54 m³/hari), dengan konsentrasi TSS rata-rata 406,73 mg/L dan 155,36 mg/L. Nilai TSS musim hujan melebihi baku mutu (400 mg/L). Berdasarkan durasi hujan 84 jam sesuai Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, kapasitas sump yang dibutuhkan 19.656,17 m³, sehingga diperlukan penambahan kedalaman sump dari 3 m menjadi 5,22 m. Pompa MFC-160 menghasilkan debit 4.550,68 m³/hari dengan lama pemompaan 1,11 hari, menyisakan volume air residual 487,58 m³/hari setelah evaporasi (6,79 m³/hari) dan infiltrasi (7,24 m³/hari). Analisis neraca air menunjukkan kapasitas pemompaan saat ini belum cukup mengeringkan sump, sehingga diperlukan penambahan unit pompa, optimalisasi dimensi sump, serta strategi pengelolaan sedimen yang lebih baik terutama pada musim hujan ketika konsentrasi TSS mencapai puncak.

Kata kunci: Debit Sedimen; Kapasitas Sump; Neraca Air; Sistem Pemompaan; Total Padatan Tersuspensi.

1. LATAR BELAKANG

Pertambangan merupakan kegiatan pengambilan dan pemanfaatan endapan bahan galian yang memiliki nilai ekonomis, salah satunya adalah batubara. Batubara merupakan bahan bakar fosil yang terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang mengalami proses pembatubaraan dalam jangka waktu geologi, dengan kandungan utama berupa karbon, hidrogen, dan oksigen. Dalam

kegiatan penambangan batubara, metode yang umum digunakan adalah sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *open pit*, di mana metode ini akan membentuk cekungan yang luas sehingga berpotensi menjadi tempat terakumulasinya air, baik yang berasal dari air limpasan permukaan maupun air tanah.

Sistem penambangan yang diterapkan oleh PT Victor Dua Tiga Mega yaitu sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *open pit*. Air yang masuk ke dalam pit dialirkan dan dikumpulkan pada *sump* sebelum dipompa keluar dari area tambang. *Sump* berfungsi sebagai tempat penampungan sementara sekaligus sebagai media pengendapan material halus yang terbawa oleh aliran air. Namun pada kondisi aktual di Pit 7C Site Luwe, terdapat permasalahan berupa *sump* yang belum mampu menampung seluruh debit air yang masuk ke area tambang. Ketidakmampuan *sump* dalam menampung debit air diduga dipengaruhi oleh dimensi *sump* yang belum memadai, curah hujan yang tinggi, serta kapasitas pemompaan yang belum optimal. Selain itu, air yang masuk ke *sump* membawa partikel-partikel hasil erosi yang tersuspensi dan dinyatakan sebagai *Total Suspended Solid* (TSS) (Kamiana, 2010).

Untuk mengetahui kemampuan *sump* dalam menampung air dan efektivitas sistem pemompaan, diperlukan analisis neraca air (*water balance*). Neraca air digunakan untuk mengevaluasi keseimbangan antara debit air yang masuk ke *sump*, yang berasal dari limpasan permukaan, air hujan langsung, dan rembesan air tanah, dengan debit air yang keluar melalui pemompaan menuju *settling pond*.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian mengenai neraca air limbah *sump* Pit 7C yang dipompa ke *settling pond* perlu dilakukan untuk mengevaluasi keseimbangan air, kapasitas *sump*, kecukupan sistem pemompaan, serta efektivitas pengendapan TSS. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi teknis dalam meningkatkan sistem pengendalian air tambang di Pit 7C Site Luwe PT Victor Dua Tiga Mega

2. KAJIAN TEORITIS

Menurut (Syarifuddin, Widodo, & Nurwaskito, 2017) Sistem penyaliran tambang adalah suatu upaya yang diterapkan pada kegiatan penambangan untuk mencegah, mengeringkan, atau mengalirkan air yang masuk ke bukaan tambang. Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada musim hujan. Sistem penyaliran tambang ialah teknik penanggulangan air sehingga air yang berasal dari air hujan maupun air tanah dapat diatasi dengan cara dikeluarkan maupun di alirkan langsung ke daerah titik terendah (Juan, Shalaho Dina Devy, Revia

Oktaviani, Tommy Trides, & Ardhan Ismail, 2025) Sistem penyaliran tambang dilakukan suatu perusahaan agar air yang masuk ke dalam tambang tidak mempengaruhi kegiatan operasi-produksi sehingga target produksi dapat tercapai. Sumber air yang terdapat di area penambangan yaitu dari air hujan, dimana air yang masuk ke bukaan tambang dialirkan oleh saluran terbuka menuju langsung ke muara dan air hujan yang tidak tertahan akan mengalir ke dalam sumuran sementara (*sump*) yang terdapat pada pit *bottom* lalu dikeluarkan dengan cara pemompaan menuju saluran terbuka yang mengarah ke *settling pond* (Afrizal, Misdiyanta, & Mohamad, 2022).

Iklim dan cuaca sangat berpengaruh pada metode tambang terbuka sehingga akan mempengaruhi kegiatan penambangan (Sosrodarsono, 2003). Elemen – elemen iklim tersebut antara lain hujan dan lain sebagainya, yang dapat mempengaruhi kondisi tempat kerja, kerja alat dan kondisi pekerja, yang nantinya dapat mempengaruhi produktivitas tambang. Sistem penyaliran tambang adalah suatu usaha yang diterapkan pada daerah penambangan untuk mencegah, mengeringkan atau mengeluarkan air yang masuk ke daerah penambangan. Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada musim hujan (Asdak, 2010).

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh pada satu satuan luas, dinyatakan dalam milimeter (mm) atau merupakan ketinggian air hujan yang berkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Derajat curah hujan dinyatakan dalam curah hujan per satuan waktu dan disebut intensitas hujan yang menyatakan ukuran hujan (Harto B, 1993).

Air limpasan (*surface runoff*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah ada yang masuk ke dalam tanah atau disebut air infiltrasi dan Sebagian lagi tidak sempat masuk ke dalam tanah sehingga mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Ada juga bagian air hujan yang telah masuk ke dalam tanah, terutama pada tanah yang hamper atau telah jenuh. Air tersebut ke luar ke permukaan tanah lagi dan lalu mengalir ke bagian yang lebih rendah. Kedua fenomena aliran air permukaan yang terakhir disebut air larian (Asdak, 2010). Untuk memperkirakan besarnya air larian puncak (*peak runoff*, Q_p), metode rasional (Sosrodarsono, 2003) adalah salah satu teknik yang dianggap memadai. Metode ini relatif mudah menggunakannya dan lebih diperuntukkan pemakaiannya pada DAS dengan ukuran kecil, kurang dari 300 ha maka untuk DAS yang lebih besar perlu dibagi menjadi beberapa bagian sub-DAS dan kemudian metode rasional diaplikasikan pada masing-masing sub-DAS (Asdak, 2010). Kelemahan metode rasional ini ialah tidak dapat menerangkan curah hujan

dalam bentuk unit hidrograf. Ia hanya menunjukkan besarnya air larian puncak (Q_p) dan debit rata-rata (Q_{ave}) (Asdak, 2010).

Neraca air atau *water balance* merupakan siklus yang menyatakan besarnya air yang masuk (*inflow*) dan keluar (*outflow*) adalah sama. Pengaliran masuk (*inflow*) merupakan sejumlah yang masuk ke dalam suatu struktur tertentu (misalnya daerah aliran sungai, danau, kolam tanah, serta akuifer) yang kemudian melalui satu atau beberapa proses tertentu dalam struktur tersebut akan ke luar sejumlah air yang disebut sebagai pengaliran ke luar (*outflow*) (Atmaja, 2019). Neraca air merupakan neraca masukan dan keluaran air di suatu tempat pada periode tertentu, sehingga dapat diketahui jumlah air tersebut mengalami kelebihan (*surplus*) atau kekurangan (*defisit*). Pada sistem penyaliran, neraca air (*water balance*) adalah hubungan antara aliran masuk, kapasitas pompa dan aliran keluar serta kapasitas tampungan pada *sump* (Saismana, 2014).

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk pemindahan fluida dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan prinsip memberi tekanan terhadap fluida. Pemberian tekanan pada fluida bertujuan untuk mengatasi hambatan (*head*) atau julang kerugian yang ada dalam saluran pipa pada proses pengaliran sedang berlangsung (Gautama, 1999). Pada sistem pemompaan untuk mengetahui kebutuhan pompa sangat dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu debit pompa yang akan dikeluarkan dan julang kerugian (*head*) total yang dibutuhkan untuk memindahkan air tersebut (Puradimaja & Irawan, 1993).

Kurva *head* kapasitas dari pompa ini menyatakan kemampuan pompa untuk menentukan nilai *head* (H) yang besarnya tergantung pada besarnya kapasitas atau laju aliran Q . Dalam operasinya, pompa harus dapat memenuhi *head* yang di perlukan oleh sistem pipa. Karena itu, di samping kurva *head*-kapasitas dari pompa perlu diketahui pula kurva *head* kapasitas dari sistem. Besarnya *head* sistem, yaitu *head* yang di perlukan untuk mengalirkan zat cair melalui sistem pipa, adalah sama dengan *head* untuk mengatasi kerugian gesek ditambah *head* statis sistem (Suwandhi, 2004).

Perhitungan debit sedimen tersuspensi dalam penelitian ini mengacu pada metode yang dikembangkan oleh *United States Geological Survey*, dimana debit sedimen dihitung berdasarkan hasil perkalian antara debit aliran air dan konsentrasi sedimen tersuspensi. Nilai konsentrasi sedimen yang diperoleh dari hasil pengukuran kemudian dikombinasikan dengan debit aliran dalam interval waktu tertentu untuk menghasilkan debit sedimen harian (Gray & Simões, 2008).

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan gabungan antara teori dengan data-data yang akan diambil di lapangan, sehingga diharapkan didapatkan pendekatan penyelesaian masalah. Dalam pelaksanaannya penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yang meliputi tahap pra lapangan, tahap lapangan dan tahap pasca lapangan serta hasil akhir dari penelitian.

Tahapan pra lapangan merupakan tahap awal yang dilakukan guna mempersiapkan hal-hal yang nantinya diperlukan dalam pengujian serta pengambilan data lapangan. Adapun beberapa tahap pra lapangan diantaranya yaitu studi literatur, perumusan masalah, observasi lapangan, dan persiapan alat dan bahan. Pada tahap lapangan dilakukan beberapa tahap. Adapun data - data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yakni data primer dan data sekunder yang menjadi acuan dalam melaksanakan penelitian ini.

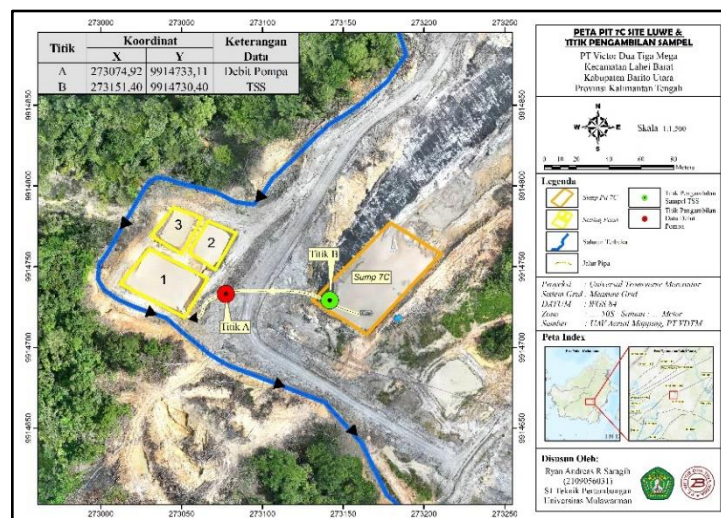
Data yang dibutuhkan untuk data primer yaitu data debit pompa dan data nilai TSS. Data debit pompa dilakukan secara langsung di lapangan menggunakan metode pancaran bebas dengan menggunakan pipa ukur untuk menentukan panjang lintasan pancaran air kemudian debit dihitung berdasarkan kecepatan aliran dan luas penampang pipa. Pengambilan data Total Suspended Solid (TSS) dilakukan dengan metode pengambilan sampel air secara langsung di lapangan pada area *sump* pit. Sampel air diambil dari *sump* menggunakan wadah botol plastik (botol sampel) yang telah dibersihkan sebelumnya agar tidak mempengaruhi hasil pengujian. Air yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel dan diberi label sesuai dengan lokasi serta waktu pengambilan sampel. Sampel tersebut selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian guna mengetahui konsentrasi padatan tersuspensi (TSS) yang terkandung dalam air. Pengujian di laboratorium dilakukan untuk memperoleh nilai TSS dalam satuan mg/L, yang kemudian digunakan untuk menganalisis tingkat sedimentasi serta pengaruhnya terhadap kapasitas *sump* pada sistem penyaliran tambang. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung. Data ini didapatkan dari departemen *engineer* seperti data curah hujan, data topografi, *catchment area*, debit air tanah, data spesifikasi pompa dan elevasi *inlet* dan *outlet*.

Tahap pasca lapangan merupakan tahapan pengolahan data dan analisis data yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya. Adapun analisis data yang akan dilakukan pada tahap yaitu *catchment area*, koefisien limpasan, intensitas hujan, debit lampiran, kapasitas *sump*, sedimentasi, efisiensi pompa dan *head* pompa.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Penyaliran Tambang

Pit 7C merupakan salah satu area penambangan aktif milik PT. Victor Dua Tiga Mega yang kegiatan operasional penambangannya dilaksanakan oleh kontraktor Mitra Alam Persada (MAP). Lokasi penambangan ini berada di Kecamatan Lahei Barat, Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah. Sistem penambangan yang diterapkan adalah tambang terbuka (*surface mining*), sehingga kondisi curah hujan sangat berpengaruh terhadap aktivitas penambangan. Air hujan yang tidak mengalami proses infiltrasi maupun evaporasi sebagian besar akan menjadi debit limpasan permukaan (*runoff*) yang dapat mengalir menuju area tambang. Seiring dengan berlangsungnya kegiatan penambangan, keberadaan air di dalam *sump* dapat mengganggu proses operasional apabila tidak ditangani dengan baik. Sehingga diperlukan analisis terhadap sistem dewatering berdasarkan kapasitas pompa yang digunakan untuk memastikan bahwa proses pemompaan mampu mengimbangi debit air yang masuk ke dalam *sump*. Limpasan air tersebut kemudian ditampung pada *sump*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Area Sump Pit 7C.

Untuk mendukung analisis sistem penyaliran tambang, dilakukan pengambilan sampel pada beberapa titik pengamatan yang meliputi titik pengukuran debit pompa dan pengambilan sampel Total Suspended Solid (TSS). Pengukuran debit pompa dilakukan untuk mengetahui kemampuan pompa dalam mengalirkan air keluar dari area tambang, sedangkan pengambilan sampel TSS bertujuan untuk mengetahui kandungan padatan tersuspensi pada air tambang sebelum dialirkan menuju *settling pond*. Lokasi titik pengambilan sampel ditunjukkan pada peta pengambilan sampel yang disajikan pada gambar 1.

Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan dilakukan untuk memperoleh nilai curah hujan rencana yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan dengan metode analisis distribusi probabilitas. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun terakhir, yaitu dari tahun 2016 sampai dengan 2025, yang diperoleh dari *Departement Engineering* PT VDTM. Data curah hujan harian maksimum tersebut disajikan sebagai berikut.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum Periode 10 Tahun.

Bulan	Curah Hujan (mm)									
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Januari	44.5	49	27.5	146	159	141	58	17	36	78
Februari	104.9	28.8	91	75	72.5	43.5	34	35	206	76
Maret	44.4	33.35	95.6	77.2	79	83	38	62	112	71
April	105.5	38.2	184.1	77.6	155	116	44	97	115	100
Mei	104.2	81	131.5	45	54	86	41	38	102	83
Juni	37.4	35.5	40.7	28.2	35.5	35	32	38	66	56
Juli	34.4	142.8	32.2	80.3	63	56	49	40	29	60
Agustus	54.2	81.6	29.5	141.3	27	28	10	41	61	95
September	65	15	23.8	12.6	48.5	53	26	41	49	79
Oktober	22.4	41.3	51.3	97.8	98	94	65	40	56	57
November	137.4	72.8	70.7	17.6	47	50	35	37	72	110
Desember	30	67.5	44.4	99.8	41	32	50	102	72	82
Total	784.3	686.85	822.3	898.4	879.5	817.5	482	588	976	947
Max	137.4	142.8	184.1	146	159	141	65	102	206	110
Rata-Rata	65.36	57.24	68.53	74.87	73.29	68.13	40.17	49.00	81.33	78.92

Sumber : *Departement Engeneering PT VDTM.*

Berdasarkan tabel 1. dalam kurun waktu waktu 10 tahun, curah hujan tertinggi sebesar 206 mm yang terjadi pada bulan Februari tahun 2024. Dari data curah hujan tersebut dilakukan analisis distribusi probabilitas menggunakan 4 metode yaitu Gumbel, Normal, Log Normal dan, Log Pearson Type III, kemudian dilakukan uji distribusi probabilitas menggunakan metode uji *Chi-Kuadrat* dengan hasil seperti pada tabel berikut :

Tabel 2. Analisis Uji Distribusi Probabilitas Metode Chi-Kuadrat.

Rekapitulasi Nilai X2 dan X2 Cr			
Distribusi Probabilitas	X2 Terhitung	X2 Cr	Keterangan
Normal	3	5,991	Diterima
Gumbel	0,5	5,991	Diterima
Log Normal	1	5,991	Diterima
Log Pearson III	3	5,991	Diterima

Berdasarkan Tabel 2, pengujian distribusi probabilitas menggunakan metode Chi-Kuadrat dengan tingkat kepercayaan 5% seluruh distribusi probabilitas yang diuji (Normal, Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson III) dinyatakan diterima karena nilai X^2 hitung lebih kecil dari X^2 kritis (5.991). Oleh karena itu, pemilihan distribusi terbaik dilakukan dengan mempertimbangkan nilai X^2 hitung terkecil. Distribusi Gumbel dan Log Normal memiliki nilai terkecil, namun distribusi Gumbel dipilih karena lebih umum digunakan dalam analisis hidrologi untuk data ekstrem seperti curah hujan maksimum.

Tabel 3. Perhitungan Distribusi Gumbel.

Kelas	Uji Chi Kuadrat		
	Yt	K	Xt(mm)
10	2,250367	1,8483	213,73
5	1,499940	1,0581	182,059
2.5	0,671727	0,1859	146,837
1,67	0,090690	-0,4260	122,127
1,25	-0,475885	-1,0226	98,032

Penentuan distribusi probabilitas menggunakan metode Gumbel pada Tabel 3 dilakukan dengan mempertimbangkan periode ulang selama 10 tahun, sesuai dengan ketentuan minimum yang tercantum dalam Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai curah hujan rencana sebesar 213,973 mm. Selanjutnya, penentuan *forecast* curah hujan pada Tabel 4.4 dilakukan menggunakan metode *moving average*. Metode ini memanfaatkan nilai rata-rata data curah hujan pada periode sebelumnya, yaitu tahun 2023 hingga 2025 yang tercantum pada Tabel 4.4, sebagai dasar untuk memperkirakan nilai curah hujan pada periode selanjutnya.

Tabel 4. Data Curah Hujan Pit 7C Tahun 2023 – 2025.

TAH UN	KET	JAN	FEB	MA R	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NO V	DES	TOT AL	RAT A- RAT A
2023	Rainfa ll (mm)	255, 5	198, 5	413. 0	213. 0	223. 5	119. 5	165. 0	152. 5	65.5	97.5	213. 5	415. 5	2532. 5	211. 0
	Rainti me (jam)	64,8	87,2	118. 8	59.3	52.2	55.1	26.7	20.2	59.4	32.8	71.7	66.6	714.9	59.6
	Rainti me (menit)	3885 ,0	5235 ,0	7130 ,0	3560 ,0	3134 ,0	3306 ,0	1604 ,0	1212 ,0	3564 ,0	1966 ,0	4299 ,0	3998 ,3	4289 3.3	3574 ,4
	Raind ay (hari)	12	21,0	12.0	14.0	7.0	11.0	7.0	7.0	6.0	12.0	19.0	19.0	147.0	12.3
	Rainfa ll (mm)	339	477, 5	398. 5	304. 0	286. 5	132. 0	117. 5	138. 5	130. 0	308. 0	295. 0	295. 0	3221. 5	268. 5
2024	Rainti me (jam)	89,9	77,8	87.2	61.3	49.1	59.8	39.6	53.5	40.4	72.7	84.2	134. 5	849.9	70.8
	Rainti me	5394 ,6	4670 ,6	5232 ,0	3675 ,0	2943 ,0	3588 ,0	2378 ,4	3208 ,2	2422 ,0	4359 ,0	5053 ,2	8072 ,4	5099 6.4	4249 ,7

	(menit)														
	Rainday (hari)	15	12	21.0	12.0	14.0	7.0	11.0	7.0	7.0	6.0	12.0	19.0	143.0	11.9
2025	Rainfall (mm)	400,2	206.	112.0	115.0	102.0	66.0	29.0	61.0	49.0	56.0	72.0	72.0	1340.2	111.7
	Raintime (jam)	134,8	65,6	103.5	121.9	90.0	49.0	27.0	71.8	72.8	61.2	98.8	121.0	1017.1	84.8
	Raintime (menit)	8086,2	3934,2	6208,8	7311,0	5398,0	2941,0	1621,0	4306,0	4366,8	3669,0	5927,0	7258,0	61027,0	5085,6
	Rainday (hari)	23	17	15	27	19	13	6	20	18	19	21	24	222.	18.5

Sumber : Departement Engeneering PT VDTM.

Tabel 5. Forecast Curah Hujan Pit 7C.

TAHUN	KET	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	TOTAL	RATA-RATA
	Rainfall (mm)	331.6	294.0	307.8	210.7	204.0	105.8	103.8	117.3	81.5	153.8	193.5	77.8	2181.7	181.8
	Raintime (jam)	96.5	76.9	103.2	80.8	63.8	54.6	31.1	48.5	57.5	55.5	84.9	107.4	860.6	71.7
2026	Raintime (menit)	5788.6	4613.3	6190.3	4848.7	3825.0	3278.3	1867.8	2908.7	3450.9	3331.3	5093.1	15.2	45211.2	3767.6
	Rainday (hari)	16.7	16.7	16.0	17.7	13.3	10.3	8.0	11.3	10.3	12.3	17.3	20.7	170.7	14.2

Waktu hujan harian diperoleh dengan cara sebagai berikut :

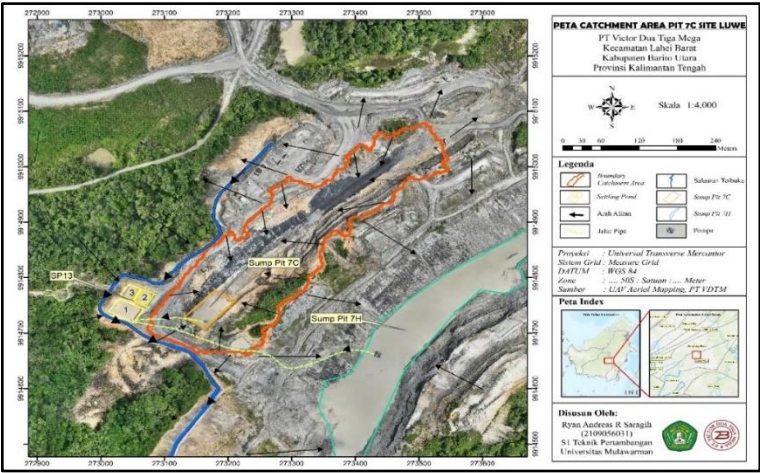
Waktu hujan harian = $\frac{\text{Total raintime (jam/tahun)}}{\text{Total hari (hari/tahun)}}$

Waktu hujan harian = $\frac{860.6 \text{ (jam/tahun)}}{365 \text{ (hari/tahun)}}$

Waktu hujan harian = 2,35 jam/hari

Waktu hujan harian diperoleh dari data *forecast* curah hujan *Pit 7C* tahun 2026 dengan hasil waktu hujan selama 2,35 jam per harinya.

Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)



Gambar 2. Peta *Catchment Area* Pit 7C.

Berdasarkan peta *catchment area*, daerah yang berada di dalam batas *catchment area* (ditunjukkan dengan garis merah) merupakan wilayah yang menyalurkan aliran air limpasan menuju *sump* Pit 7C, yang nantinya semua air limpasannya akan mengalir menuju *sump* kemudian akan dilakukan pemompaan ke *Settling Pond*. Sedangkan limpasan air yang berasal dari area di luar batas *catchment area* akan mengalir menuju *sump* Pit 7H dan sebagian dialirkan melalui saluran terbuka (*Open Channel*) yang terdapat di sekitar area penambangan.

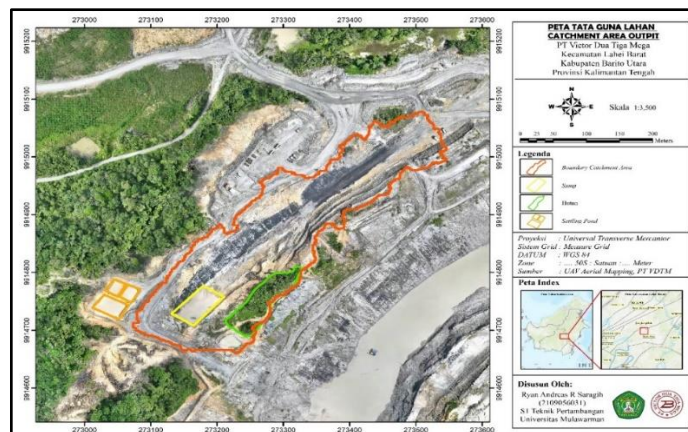
Koefisien Limpasan

Nilai koefisien limpasan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis material permukaan, tingkat kerapatan vegetasi, kondisi tutupan tanah, penggunaan lahan, serta kemiringan lereng. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai koefisien limpasan (C) untuk masing-masing daerah tangkapan hujan (*catchment area*). Nilai koefisien limpasan tersebut disajikan pada Tabel 6.

Koefisien limpasan (C) dihitung menggunakan rumus Hasing, yaitu $C=C_t+C_s+C_v$. Berdasarkan kondisi daerah penelitian dengan kemiringan lereng $>20\%$ ($C_t = 0,26$), jenis tanah lempung dan lanau ($C_s = 0,16$), serta tanpa vegetasi ($C_v = 0,28$), diperoleh koefisien limpasan sebesar 0,70.

Tabel 6. Koefisien Limpasan (C) Pit 7C.

No	Catchment Area	Kemiringan	Tutupan	Vegetasi	Koefisien Limpasan
1	Inpit	$>20\%$	Kemiringan Sedang, Lempung Berpasir	Tanpa tanaman	0,70



Gambar 3. Peta Tata Guna Lahan.

Intensitas Hujan

Dalam perhitungan ini, nilai R24 diperoleh dari kuartil ketiga (Q3) pada data curah hujan selama 10 tahun. Nilai tersebut dipilih karena dianggap dapat mewakili curah hujan dengan intensitas yang cukup tinggi namun tidak terlalu ekstrem seperti nilai maksimum. Berdasarkan

hasil pengolahan data, diperoleh nilai R24 (Q3) sebesar 83 mm. Penentuan waktu konsentrasi dilakukan menggunakan metode Ponce. Selanjutnya, perhitungan intensitas hujan dilakukan dengan menggunakan rumus Mononobe, sehingga diperoleh nilai intensitas hujan sebesar 44,54 mm/jam. (Lampiran D).

Tabel 7. *Tc (Time Of Concentration) & Intensitas.*

Tc (<i>Time of concentration</i>)	0,52 jam
Intensitas	44,54 mm/jam

Debit Total Air Masuk Sump

Debit total air yang masuk ke *sump* merupakan jumlah seluruh aliran yang masuk ke dalam *sump*, yang terdiri dari debit limpasan permukaan, debit air tanah (rembesan), dan debit sedimen.

Debit Limpasan

Tabel 8. Nilai Debit Limpasan.

Are	C	I	A	Lama Hujan	Q		
	1	2	3	4	5 = $1 \times 2 \times 3$	6 = 5×4	
		mm/jam	Ha	Jam	m ³ /detik	m ³ /jam	m ³ /hari
PIT 7C	0,70	44,54	6,75	2,35	0,585	2.106,03	4.965,89

Berdasarkan Tabel 8, hasil perhitungan debit limpasan pada *catchment* area Pit 7C dengan koefisien limpasan (C) sebesar 0,70 intensitas hujan 44,54 mm/jam, dan luas daerah tangkapan 6,75 ha menghasilkan debit limpasan sebesar 0,585 m³/detik. Jika dikonversikan, nilai tersebut setara dengan 2.106,03 m³/jam dan jika dikali dengan jam hujan *Forecast* pada tabel 4.6 maka diperoleh 4.965,89 m³/hari yang akan mengalir menuju *sump*.

Debit air tanah

Tabel 9. Nilai Debit Air Tanah.

Area	Q (m ³ /detik)*	Q (m ³ /jam)	Q (m ³ /hari)
Air Tanah	0,001	3,6	86,4

(Keterangan: *) Sumber Departement Engeneering PT VDTM, 2026.

Berdasarkan Tabel 9, debit air tanah yang masuk ke area penelitian sebesar 0,001 m³/detik, yang setara dengan 3,6 m³/jam atau 86,4 m³/hari. Debit ini berasal dari rembesan air tanah di sekitar area tambang yang mengalir menuju *sump*, sehingga perlu diperhitungkan dalam sistem pengendalian air tambang.

Debit sedimen

Debit sedimen merupakan jumlah sedimen yang terbawa oleh aliran air dalam satuan waktu tertentu menuju *sump*. Besarnya debit sedimen dipengaruhi oleh konsentrasi padatan tersuspensi TSS (*Total Suspended Solid*) dan debit aliran yang mengangkut material tersebut. Perhitungan debit sedimen diawali dengan menghitung berat sedimen (Q_s) menggunakan Persamaan (2.34). Nilai berat sedimen yang diperoleh kemudian digunakan dalam Persamaan (2.35) untuk menghitung debit sedimen (Q) dalam satuan $m^3/hari$.

Tabel 10. Debit Sedimen Kondisi Hujan.

No	Tanggal	Kondisi Hujan		
		Konstentrasi TSS (mg/L)	Berat Sedimen Ton/hari	Debit Sedimen $m^3/hari$
1	05/03/2026	442	22,34	18,62
2	07/03/2026	414	20,93	17,44
3	08/03/2026	244	12,33	10,28
4	10/03/2026	533	26,94	22,45
5	11/03/2026	362	18,30	15,25
6	14/03/2026	718	36,29	30,24
7	15/03/2026	216	10,92	9,10
8	22/03/2026	276	13,95	11,63
9	28/03/2026	587	29,67	24,72
10	29/03/2026	404	20,42	17,02
11	31/03/2026	278	14,05	11,71
Rata - Rata		406,3	20,56	17,13

Berdasarkan Tabel 10, debit sedimen pada kondisi musim hujan sebesar $17,13 m^3/hari$. Nilai ini menunjukkan bahwa tingginya curah hujan meningkatkan aliran limpasan sehingga sedimen yang terbawa menuju *sump* menjadi lebih besar.

Tabel 11. Debit Sedimen Kondisi Kemarau.

No	Tanggal	Kondisi Kemarau		
		Konstentrasi TSS (mg/L)	Berat Sedimen Ton/hari	Debit Sedimen $m^3/hari$
1	03/03/2026	115	5,81	4,84
2	04/03/2026	135	6,82	5,69
3	09/03/2026	131	6,62	5,52
4	13/03/2026	154	7,78	6,49
5	16/03/2026	165	8,34	6,95
6	18/03/2026	197	9,96	8,30
7	20/03/2026	196	9,91	8,26
8	23/03/2026	136	6,87	5,73
9	24/03/2026	158	7,99	6,66

No	Tanggal	Kondisi Kemarau		
		Konstentrasi TSS (mg/L)	Berat Sedimen Ton/hari	Debit Sedimen m ³ /hari
10	25/03/2026	146	7,38	6,15
11	30/03/2026	176	8,90	7,41
Rata - Rata		155.36	7,85	6,54

Nilai ini lebih rendah karena curah hujan dan aliran limpasan yang terjadi lebih kecil sehingga sedimen yang terbawa menuju *sump* juga berkurang.

Debit total air masuk sump

Tabel 12. Total Debit Air Masuk *Sump*.

Sumber	Q		
	m ³ /detik	m ³ /jam	m ³ /hari
Debit Limpasan	0,585	2.106,03	4.965,89
Debit Air Tanah	0,001	3,60	86,40
Total	0,59	2.109,64	5.052,29

Berdasarkan Tabel 15, total debit air yang masuk ke *sump* berasal dari dua sumber utama, yaitu debit limpasan permukaan dan debit air tanah. Debit limpasan sebesar 0,585 m³/detik atau 4.965,89 m³/hari, sedangkan debit air tanah yang masuk ke *sump* sebesar 0,001 m³/detik atau 86,40 m³/hari. Sehingga diperoleh total debit air masuk ke *sump* sebesar 0,59 m³/detik, atau 2.198,64 m³/jam atau 5.052,29 m³/hari.

Volume maksimal *Sump* & Kapasitas *Sump*

Volume Air yang masuk ke *sump* merupakan jumlah air yang berasal dari limpasan air hujan dan air tanah yang mengalir menuju area *sump*. Besarnya volume air ini dihitung berdasarkan debit air yang masuk ke pit dalam periode waktu tertentu. Perhitungan volume air masuk ke *sump* dilakukan untuk mengetahui jumlah air maksimum yang harus ditampung oleh *sump* sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan kapasitas *sump* dan sistem pemompaan air tambang. Namun dalam penentuan volume maksimum air yang masuk ke *sump*, digunakan acuan dari Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 yang menyatakan bahwa perhitungan kapasitas *sump* didasarkan pada durasi curah hujan tertinggi selama 84 jam. Oleh karena itu, waktu hujan yang digunakan dalam perhitungan volume air masuk ke *sump* adalah 84 jam.

Tabel 13. Volume Maksimal *Sump*.

Area	C	I	A	Lama Hujan*	Debit Air Tanah	Debit Sedimen	Q		
		2	3	4	5	6	$7 = (0,00278 \times 1 \times 2 \times 3) + 5 + 6$		$8 = 7 \times 4$
	1	mm/jam	Ha	Jam	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /jam	m ³
<i>Sump</i>	0,70	3,868	6,75	84	0,001	0,0002	0,05	187,20	15.724,9

Tabel 14. Kapasitas *Sump*.

Kapasitas <i>Sump</i>		
Volume Maksimal (m ³ /hari)	Kapasitas Minimal <i>Sump</i> menampung air*	Kapasitas <i>Sump</i> m ³
1	2	3 = 1 x 2
15.724,9	1,25	19.656,17

Tabel 15. Waktu Tinggal Air Limbah *Sump*.

Kapasitas <i>Sump</i>	Total Debit Air	Waktu Tinggal
1	2	3 = 1 : 2
m ³	(m ³ /hari)	Hari
19.656,17	5.052,29	3,89

Berdasarkan hasil perhitungan, maka diperoleh waktu tinggal air di dalam *sump* diperoleh dengan membagi kapasitas *sump* sebesar 14.704,32 m³ terhadap total debit air masuk *sump* sebesar 5.052,29 m³/jam. Diperoleh waktu tinggal air di dalam *sump* adalah sebesar 3,89 hari. Waktu tinggal air sebesar 3,89 hari menunjukkan bahwa air yang masuk ke dalam *sump* rata-rata tertahan selama 3,89 hari sebelum dipompa keluar, sehingga memberikan waktu bagi sedimen untuk mengendap di dasar *sump*.

Total Suspended Solid (TSS)

Tabel 16. Nilai TSS Kondisi Hujan.

No	Kondisi Hujan	
	Tanggal	TSS (mg/L)
1	05/03/2026	442
2	07/03/2026	414
3	08/03/2026	244
4	10/03/2026	533
5	11/03/2026	362
6	14/03/2026	718
7	15/03/2026	216
8	22/03/2026	276
9	28/03/2026	587
10	29/03/2026	404
11	31/03/2026	278
Rata - Rata		406,73

Berdasarkan hasil pengujian pada kondisi musim hujan, diperoleh nilai konsentrasi TSS rata-rata sebesar 406,73 mg/L

Tabel 17. Nilai TSS Kondisi Kemarau.

No	Kondisi Kemarau	
	Tanggal	TSS (mg/L)
1	03/03/2026	115
2	04/03/2026	135
3	09/03/2026	131
4	13/03/2026	154
5	16/03/2026	165
6	18/03/2026	197
7	20/03/2026	196
8	23/03/2026	136
9	24/03/2026	158
10	25/03/2026	146
11	30/03/2026	176
Rata - Rata		155,36

Berdasarkan hasil pengujian pada kondisi pada konisi kemarau diperoleh nilai konsentrasi TSS rata-rata sebesar 155,36 mg/L.

Dimensi *Sump*

Tabel 18. Kapasitas *Sump* Eksisting.

Kapasitas <i>Sump</i> Eksisting			
Luas	3,769	m ²	
	0,38	Ha	
Kedalaman/Tinggi	3	m	
Kapasitas	11.037	m ³	

Berdasarkan hasil perhitungan, dengan probabilitas curah hujan menggunakan Metode Gumbel dengan periode ulang 10 tahun dan durasi hujan 84 jam sesuai regulasi yang berlaku, diperoleh kapasitas *sump* yang dibutuhkan sebesar 19.656,17 m³.

Tabel 19. Dimensi *Sump* Hasil Perhitungan.

Dimensi <i>Sump</i> Hasil Perhitungan		
Volume Maksimal Air Masuk <i>Sump</i>	15.724,9	m ³
Kapasitas <i>Sump</i>	19.656,17	m ³
Luas*	3,769	m ²
	0,38	Ha
Kedalaman/Tinggi	5,22	m

(Keterangan: *) Luas Aktual *Sump*.

Berdasarkan Tabel 4.19, kapasitas *sump* hasil perhitungan memiliki volume air maksimal yang masuk ke *sump* mencapai 15.724,9 m³. Kapasitas tampung maksimal dari *sump* adalah

sebesar 19.656,17 m³, *sump* ini memiliki luas area sebesar 3.769 m² atau setara dengan ± 0,38 Ha. Sehingga untuk dapat menampung volume air limbah pada PIT 7C maka kedalaman *sump* dinaikkan dari 3 m menjadi 5,22 m, dengan luas yang sama yaitu 3,769 m².

Debit dan Kapasitas Pemompaan

Jumlah unit pompa yang digunakan perusahaan untuk mengeluarkan air pada *sump* berjumlah 1 unit dengan tipe pompa MFC 160.

Debit Aktual Pompa

Tabel 20. Debit Aktual Pompa.

Tanggal	Flowrate			
	L/s	m ³ /jam	Jam Operasi (Jam)	m ³ /hari
08/03/2026	56,39	202,99		4.059,74
12/03/2026	59,01	212,43		4.248,56
14/03/2026	59,01	212,43		4.248,56
15/03/2026	57,70	207,71		4.154,15
16/03/2026	65,56	236,03		4.720,63
23/03/2026	76,05	273,80	20	5.475,93
24/03/2026	61,63	221,87		4.437,39
25/03/2026	69,50	250,19		5.003,86
27/03/2026	64,25	231,31		4.626,21
28/03/2026	62,94	226,59		4.531,80
Rata - Rata	63,20	227,53		4.550,68

Berdasarkan hasil pengukuran debit aliran (*flowrate*) yang dilakukan dengan menggunakan metode *free jet method*, diperoleh rata rata nilai debit aktualnya sebesar 63,20 L/s atau 227,53 m³/jam. Dengan kondisi pompa yang bekerja selama 20 jam perhari, sehingga debit yang di hasilkan pompa perhari sebesar 4.550,68 m³/hari. Jenis pipa yang digunakan pada pemompaan menggunakan pipa jenis Layfat 8 inchi dengan panjang pipa 103 meter.

Waktu Pemompaan

Berdasarkan hasil perhitungan lama pemompaan menggunakan pompa MFC-160 pada putaran mesin 1500 RPM, diperoleh debit aktual pompa sebesar 232,73 m³/jam atau setara dengan 4.654,54 m³/hari setelah memperhitungkan efisiensi kerja pompa sebesar 80% dan waktu operasi selama 20 jam per hari.

Tabel 21. Lama Pemompaan.

MFC-160 RPM 1500		
Inflow	5.052,29	m ³ /hari
Target Pemompaan	1	hari
Waktu kerja pompa	20	jam
Efisiensi kerja	80	%
RPM	1500	
Debit Aktual	227,53	m ³ /jam
	4.550,68	m ³ /hari
Lama Pemompaan	1,11	hari/unit
	1	unit

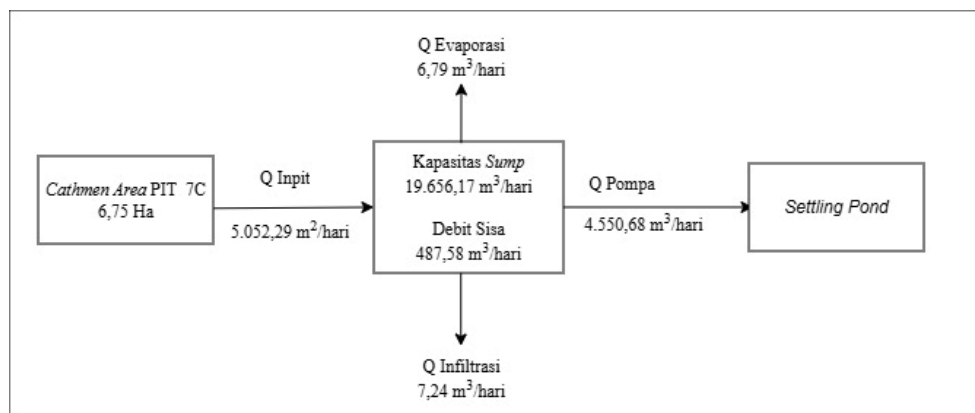
Berdasarkan Tabel 22, debit air yang masuk ke *sump* sebesar 5.052,29 m³/hari. diperoleh debit aktual pemompaan sebesar 4.550,68 m³/hari. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa diperlukan waktu pemompaan selama 1,11 hari untuk mengeluarkan debit air yang masuk ke *sump* dengan menggunakan 1 unit pompa.

Neraca Air *Sump*

Tabel 22. Neraca Air.

Q In		Q Out		Q Sisa
		Q Evaporasi	6,79 m ³ /hari	
Q Masuk <i>Sump</i>	5.050,29 m ²	Q Infiltrasi	7,24 m ³ /hari	487,57 m ³ /hari
		Q Pompa	4.550,68 m ³ /hari	

Berdasarkan Tabel 22, total debit air yang masuk ke *sump* (Q In) sebesar 5.050,29 m²/hari. Sementara itu, debit air yang keluar dari *sump* (Q Out) terdiri atas Qevaporasi sebesar 6,79 m³/hari, Qinfiltrasi sebesar 7,24 m³/hari, dan Qpemompaan sebesar 4.550,68 m³/hari. Hasil perhitungan neraca air menunjukkan masih terdapat sisa air sebesar 487,57 m³/hari yang tersimpan di dalam *sump*.

**Gambar 2.** Diagram Alir Neraca Air Limbah

Hasil analisis neraca air menunjukkan adanya perubahan simpanan (*storage*) sebesar 487,57 m³/hari, yang mengindikasikan bahwa kapasitas pengeluaran air melalui pemompaan, evaporasi, dan infiltrasi belum sepenuhnya mengimbangi debit air yang masuk ke sump. Air yang tersimpan merupakan bagian dari fungsi sump sebagai penampungan sementara sebelum dipompa ke *settling pond* sekaligus mendukung proses pengendapan sedimen. Apabila kondisi ini berlangsung terus-menerus, akumulasi air berpotensi meningkatkan elevasi muka air dan mengurangi kapasitas tampung sump. Debit pemompaan merupakan komponen utama debit keluar dengan kontribusi sekitar 99,69%, sehingga efektivitas pengelolaan air sangat bergantung pada kinerja sistem pemompaan. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi kapasitas sump dan sistem pemompaan melalui optimalisasi waktu operasi pompa, penambahan unit pompa bila diperlukan, atau peningkatan kapasitas sump agar mampu mengakomodasi debit air yang masuk, terutama pada musim hujan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian pada Pit 7C PT Victor Dua Tiga Mega, debit total air yang masuk ke *sump* sebesar 5.052,29 m³/hari, terdiri dari limpasan permukaan dan air tanah. Debit sedimen pada musim hujan (13,96 m³/hari) lebih tinggi dibandingkan musim kemarau (5,33 m³/hari). Kapasitas *sump* yang dibutuhkan sebesar 19.656,17 m³, sehingga diperlukan penambahan kedalaman *sump* dari 3 m menjadi 5,22 m. Pompa MFC-160 menghasilkan debit aktual 4.550,68 m³/hari dengan lama pemompaan 1,11 hari. Neraca air menunjukkan sisa air di dalam *sump* sebesar 487,58 m³/hari, mengindikasikan kapasitas pemompaan belum mencukupi.

Disarankan melakukan pemantauan TSS berkala, terutama musim hujan, serta pengambilan sampel TSS pada inlet dan outlet secara bersamaan untuk mengevaluasi efektivitas pengendapan. Perusahaan perlu menambah unit pompa atau meningkatkan jam operasi, serta melakukan pengerukan sedimen secara berkala. Penelitian lanjutan disarankan untuk pemantauan jangka panjang dengan mempertimbangkan variasi curah hujan antar tahun, analisis kualitas air secara kimiawi, dan kajian aspek ekonomi pengelolaan air tambang.

DAFTAR REFERENSI

- Afrizal, R., Misdiyanta, P., & Mohamad, M. A. (2022). Kajian Teknis Sistem Mine Drainage Pada Tambang Terbuka Batubara di PT Sims Jaya Kaltim. *Mining Insight*, 3(1), 33–42.
- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air* (2nd ed.). Bogor: IPB Press.

- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Atmaja, D. M. (2019). *Kajian Inflow , Outflow Dan Water Balance Danau Beratan Di Dataran Tinggi Bedugul Bali*. 20(1).
- Gautama, R. S. (1999). Sistem Penyaliran Tambang. *ITB Press*, Vol. 03, pp. 95–104.
- Gray, J. R., & Simões, F. J. M. (2008). Estimating Sediment Discharge. Dalam: Sedimentation Engineering: Processes, Measurements, Modeling, and Practice. *American Society of Civil Engineers (ASCE)*., 1067–1088.
- Harto B, S. (1993). *Analisis Hidrologi* . Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Juan, J., Shalah Dina Devy, Revia Oktaviani, Tommy Trides, & Ardhan Ismail. (2025). Studi Kasus Sistem Penyaliran Tambang atubara PT. Bukit Baiduri Energi Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumihan, Ilmu Perkapalan*, 3(3), 77–87. <https://doi.org/10.61132/globe.v3i3.948>
- Kamiana, I. M. (2010). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu Yogyakarta.
- Puradimaja, D. , J., & Irawan, D. , E. (1993). *Hidrogeologi Umum : Kelompok Keahlian Geologi Terapan*. Bandung.
- Saismana, A. (2014). Evaluasi Sistem Pengairan Tambang Batubara Pada Pit Block B di Pi Minemex Indonesia Kabupaten Sarolangun Jambi. *Jurnal Bina Tambang*, 5(1), 9–117.
- Sosrodarsono, S. (2003). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Paradnya Paramita. .
- Suwandhi, A. (2004). *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang : Diklat Perencanaan Tambang Terbuka*. Bandung: Universitas Islam Bandung.
- Syarifuddin, S., Widodo, S., & Nurwaskito, A. (2017). Kajian Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Geomine*, 5(2), 84–89. <https://doi.org/10.33536/jg.v5i2.132>
- Usman, K. O. (2014). Analisis Sedimentasi pada Muara Sungai Komering Kota Palembang. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 2(2). <https://doi.org/10.21831/gm.v18i1.30038>