Analisis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka (Studi Kasus : PT. Toha Batu Palu, Palu – Sulawesi Tengah)

Sapto Heru Yuwanto, Avellyn Shinthya Sari , Fajar Rizki Widiatmoko dan Timoteus Datoq[3]
Teknik Pertambangan – Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3]
e-mail: saptoheru@itats.ac.id, avellyn@itats.ac.id timoteusdatoqbeniehaq@mail.com

ABSTRACT

Toha Batu Palu Ltd. is one of company engaged in mining industrial of natural gravel sand which is located in Ulujadi Sub-Distrrict, Palu City, Centaral Sulawesi Province. Open Pit method was method which was applied by Toha Batu Palu Ltd. Applying mine drainage used by Toha Batu Palu Ltd. was using mine dewatering. Mine dewatering is an effort to handle mine water by pull water up entering to the mining area. This method is used to treat the water which come up from rain. The method selection was determined by construct if trenches and open ponds in mining area. The trenches shape ware trapezium. Thee were several data teken in the calculation of trenches, such as drain surface width, drain bottom widh and drain depth so that the top with (B) = 1,5 m, botton width (b) = 0,75 m, height (h) =1,5 m and angle (⁰) = 64⁰. Open ponds in Toha Batu Palu Ltd, three ware three units of sedimend pond and the shapes were square and the volume was 400 m2 for area and 2000 m3 for the volume. In this calculatiom,, it considered runoff water debit of 9,976 m3/second. It could be known that Toha Batu Palu Ltd. was not optimal. So, it was necessary to add several trenches to accommodate runoff water which would be flow into setting ponds

Kata kunci: *Mine drainage system, trench method, sump dimention.*

ABSTRAK

PT Toha Batu Palu merupakan perusahaan pertambangan sirtu yang berlokasi di Kecamatan Ulujadi, Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah, dengan metode penambangan *open pit*. Kondisi tersebut memerlukan sistem penyaliran yang efektif untuk mengendalikan air limpasan agar tidak mengganggu kegiatan produksi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kondisi teknis sistem penyaliran tambang serta menentukan kebutuhan penambahan saluran terbuka. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data curah hujan dan topografi, pengukuran dimensi saluran, serta analisis kapasitas saluran dan *sediment pond*. Saluran eksisting memiliki penampang trapesium dengan lebar atas 1,5 m, lebar dasar 0,75 m, dan kedalaman 1,5 m, sedangkan fasilitas penampungan terdiri atas tiga unit *sediment pond* dengan luas 400 m² dan volume 2.000 m³. Hasil analisis menunjukkan debit limpasan sebesar 9,976 m³/detik, sehingga kapasitas sistem penyaliran yang tersedia belum mampu mengendalikan seluruh limpasan secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan penambahan saluran terbuka serta peningkatan pemeliharaan dan monitoring secara berkala untuk menjaga efektivitas sistem penyaliran tambang.

Kata kunci: Penyaliran Tambang, Saluran Terbuka, *Sedimen Pond*

PENDAHULUAN

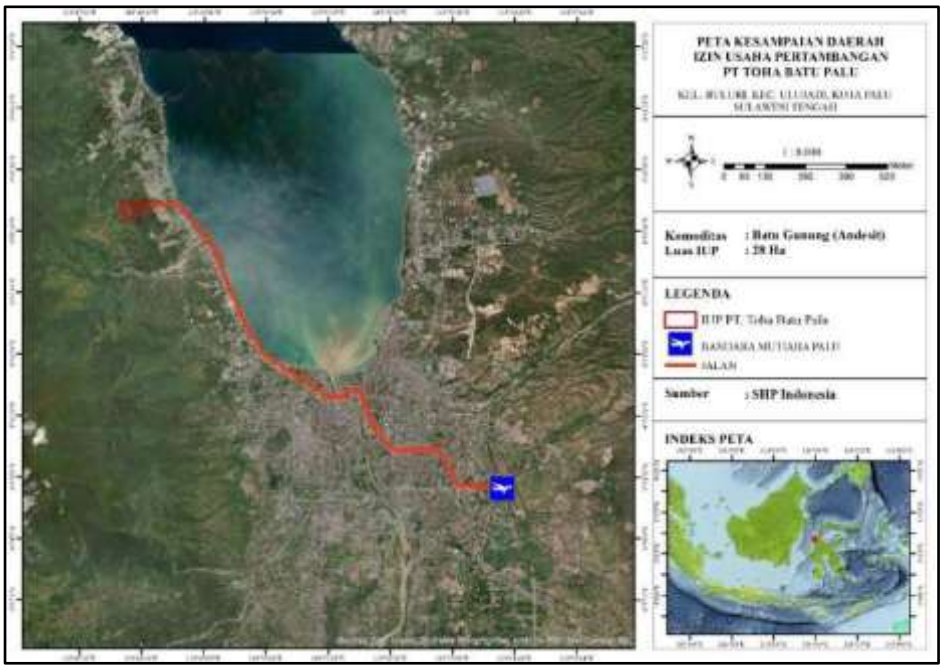
Kegiatan penambangan dengan metode tambang terbuka (*open pit*) pada PT Toha Batu Palu sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, khususnya curah hujan yang dapat menghasilkan limpasan permukaan dan masuk ke area penambangan [1]. Air yang tidak terkendalikan berpotensi menyebabkan genangan, menghambat mobilitas alat mekanis, serta mengganggu kelancaran proses produksi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem penyaliran merupakan salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam kegiatan tambang terbuka, baik untuk menjaga keberlangsungan produksi maupun mendukung keselamatan operasional [2]. Pada kondisi lapangan, sistem penyaliran yang tersedia perlu dievaluasi untuk mengetahui kemampuannya dalam mengalirkan dan menampung limpasan air sesuai dengan kondisi daerah tangkapan dan karakteristik lokasi tambang [3]. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi sistem penyaliran yang telah diterapkan serta menentukan kebutuhan perancangan saluran terbuka dan kapasitas kolam pengendapan agar mampu menangani limpasan air secara optimal. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis bagi PT Toha Batu Palu dalam meningkatkan efektivitas sistem penyaliran serta menjadi referensi dalam pengelolaan air pada kegiatan penambangan terbuka.

Efektivitas sistem penyaliran tambang tidak hanya ditentukan oleh keberadaan saluran, tetapi juga oleh kesesuaian dimensi dan kapasitasnya terhadap debit limpasan yang terjadi di wilayah penambangan. Saluran yang memiliki kapasitas lebih kecil dibandingkan debit air yang masuk dapat menyebabkan aliran

ISSN 2775-5630

meluap dan meningkatkan potensi terjadinya genangan pada area kerja [4]. Selain itu, air yang dialirkan menuju kolam pengendapan perlu ditunjang oleh kapasitas tampungan yang memadai agar proses pengendapan material sedimen dapat berlangsung dengan baik sebelum air dialirkan lebih lanjut. Oleh karena itu, evaluasi terhadap kondisi saluran terbuka dan kolam pengendapan perlu dilakukan secara terpadu dengan mempertimbangkan data curah hujan, kondisi topografi, luas daerah tangkapan, serta karakteristik aliran permukaan [5]. Kajian tersebut diharapkan dapat menghasilkan rancangan sistem penyaliran yang sesuai dengan kondisi aktual tambang sehingga pengelolaan air dapat dilakukan secara lebih efektif, mengurangi potensi gangguan terhadap kegiatan operasional, dan mendukung penerapan sistem penambangan yang aman dan berkelanjutan [6].

.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Penyaliran Tambang

Sistem penyaliran tambang merupakan serangkaian tindakan teknis yang dilakukan untuk mengendalikan keberadaan air pada area pertambangan, baik dengan menghambat masuknya air, mengalirkan air, maupun mengeluarkan air yang telah memasuki wilayah kerja tambang. Penerapan sistem tersebut bertujuan menjaga kegiatan penambangan agar tetap berlangsung secara efektif, terutama ketika terjadi peningkatan curah hujan yang dapat menyebabkan bertambahnya volume air di area operasi [7]. Pengelolaan air yang baik juga berperan dalam mengurangi risiko kerusakan terhadap peralatan mekanis, menjaga kondisi kerja tetap aman, serta mendukung keberlangsungan penggunaan alat tambang dalam jangka waktu yang lebih panjang. Berdasarkan cara penanganannya, pengelolaan air pada tambang terbuka secara umum dapat dibedakan menjadi dua pendekatan, yaitu *mine drainage* dan *mine dewatering*. *Mine drainage* merupakan metode pengendalian yang ditujukan untuk mencegah atau meminimalkan air agar tidak memasuki area penambangan, sedangkan *mine dewatering* merupakan tindakan untuk mengeluarkan atau memindahkan air yang sudah berada di dalam area tambang menuju lokasi pembuangan atau penampungan yang telah ditentukan [5].

Faktor yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran Tambang

- Air hujan merupakan salah satu sumber utama air yang berpotensi masuk ke wilayah penambangan. Besarnya curah hujan yang terjadi di sekitar area tambang berpengaruh langsung terhadap volume limpasan yang harus dikendalikan melalui sistem penyaliran. Data curah hujan umumnya diperoleh dalam bentuk data harian, bulanan, maupun tahunan yang disajikan dalam tabel atau grafik. Dalam menentukan besarnya curah hujan rencana, salah satu pendekatan statistik yang dapat digunakan adalah metode Gumbel. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi nilai curah hujan maksimum dari setiap

periode pengamatan, kemudian data tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan curah hujan rencana sesuai periode ulang yang ditetapkan. Hasil analisis tersebut dinyatakan sebagai Curah Hujan Rencana (CHR) atau curah hujan 24 jam (R24) [7]. Perhitungan CHR menggunakan metode Gumbel dapat dilakukan melalui tahapan dan persamaan sebagai berikut :

$$CHR\ (tahunan)(R24)(mm) = CHR\ (maks) + (K\ .SD) \quad \text{..... (1)}$$

Curah Hujan Rata-rata Maksimum dalam 10 tahun terakhir (CHR (maks)

Faktor frekuensi (K) : $K = \frac{Yt-Yn}{Sn}$

Standar Deviasi (SD)

- Intensitas Curah Hujan (I) merupakan volume hujan bersatuan mm/waktu [8], [9], dengan persamaan sebagai berikut :

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

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R24 = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

t = Lama hujan (jam)

- Daerah tangkapan hujan (*catchment area*) merupakan wilayah permukaan yang secara topografis dibatasi oleh punggungan atau garis pemisah aliran. Wilayah ini berfungsi sebagai area penerima air hujan, yang selanjutnya sebagian air akan tertahan atau meresap ke dalam tanah, sedangkan bagian lainnya mengalir sebagai limpasan menuju saluran alami, anak sungai, dan kemudian diteruskan ke sungai utama. Aliran tersebut pada akhirnya akan bermuara pada badan air, seperti danau, waduk, maupun laut. Luas daerah tangkapan hujan menjadi salah satu parameter penting dalam analisis sistem penyaliran karena berpengaruh terhadap jumlah air limpasan yang berpotensi masuk ke area penambangan [3].
- Limpasan permukaan merupakan bagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran atau badan sungai setelah dikurangi oleh komponen air yang mengalami infiltrasi, tertahan oleh permukaan, maupun tersimpan dalam bentuk genangan. Besarnya debit limpasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain intensitas dan durasi hujan, luas daerah tangkapan, kondisi topografi, serta karakteristik permukaan lahan. Dalam perencanaan sistem penyaliran tambang, debit limpasan perlu ditentukan untuk mengetahui kapasitas saluran yang diperlukan dalam mengalirkan air secara aman. Perhitungan debit limpasan permukaan dapat dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_r = 0{,}00278\ .\ C\ .I\ .A \quad \text{..... (3)}$$

Keterangan :

Qr = Debit limpasan (m^3/detik)

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (Ha)

Saluran Terbuka

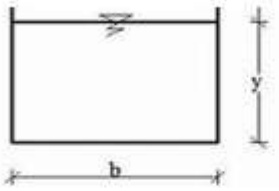
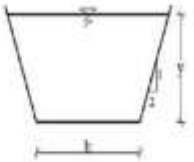
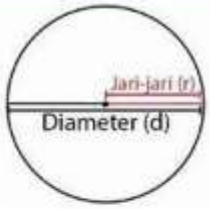
saluran ini adalah untuk mengumpulkan air dan mengalirkannya ke kolam, waduk atau lokasi lain. Saat memilih jenis penampang saluran, faktor-faktor termasuk debit air, jenis material dan kesederhanaan manufaktur biasanya diperhitungkan. Saluran terbuka dapat berbentuk persegi, trapesium, setengah lingkaran, dan bentuk lainya juga. Aliran saluran terbuka ditentukan menggunakan air tambang, kofisien kekerasan dinding saluran, kemiringan khas dasar saluran, dan luas penampang basa. Sementara saluran dengan penampang trapezium dibangun untuk debit air yang sangat besar, saluran air dengan penampang segiempat atau segitiga sering dirancang untuk debit kecil [10].

Kolam Penampung (Sump)

Sump merupakan kolam untuk mennyimpan sementara air limpasan sebelum dipompa keluar area penambangan. Kolam penampung area ini disebut sump. Ukuran sump ini sangat bergantung pada air yang masuk dan keluar darinya. Sump ini merupakan kolam penampung sementara yang disesuaikan dengan

ISSN 2775-5630

kemajuan tambang. Total volum air yang masuk ke saluran, limpasan yang langsung mengisi sump, dan curah hujan yang turun langsung masuk ke saluran pembuangan semmuanya berkontribusi pada jumlah air yang masuk ke sump. Karena penguapan dianggap tidak terlalu penting, maka volume air yang keluar dinilai telah berhasil dipompa. Volume kolam dapat dihitung dengan mengoptimalkan antar input dan output. Jumlaj debit air limpasan, kapasitas pompa, kondisi lapangan seperti penggalian terutama dilantai tambang (*floor*), semuanya dapat mempengaruhi dimensi sump.

	Rectangle	Trapezoid	Circle
			
Area A	by	(b+xy)Y	$\frac{1}{5}(\phi - \sin\phi)\, D^2$
Watted perimeter	B + 2y	$B + 2y\sqrt{1 \quad + X^2}$	$\frac{1}{2}\phi D$
Top width B	b	B + 2xy	$(\sin\phi / 2)\, D$
Hydraulic radius R	By / (b+2y)	$\frac{(b + xy)y}{b + 2y\sqrt{1 \quad + x^2}}$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin\phi}{\phi}\right) D$
	y	$\frac{(b + xy)y}{b + 2xy}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\phi - \sin\phi}{\sin(1/2\phi}\right) D$

Gambar 2. Jenis saluran terbuka dan perhitungannya

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian pendekatan secara kuantitatif dan observasi lapangan yang kemudian didapatkan hasil berupa angka, grafik, ataupun tabel yang kemudian akan ditarik kesimpulan.

- Tahap Periapan Penelitian, studi literatur, metode studi literatur yang dilakukan yaitu mengumpulkan hasil penelitian terdahulu yang terkait dengan permasalahan yang diangkat.
- Tahap Pengambilan Data, pengumpulan data primer, yang mengacu pada informasi yang dikumpulkan melalui pengamatan langsung ditempat informasi yang didapat dan pengumpulan data sekunder, seperti informasi yang diperoleh dari catatan perusahaan dan informasi yang dihasilkan dari pengukuran dan pemprosesan yang dilakukan oleh lembaga terkait.
- Tahap Pengolahan Data, analisis data curah hujan rencana, berasal dari data curah hujan periode 10 tahun terakhir dari tahun 2015 – 2024, analisis intesitas curah hujan menggunakan rata-rata jam terjadinya hujan, menghitung luas daerah tangkapan hujan (catchment area) dan perhitungan debit air limpasan. Menghitung dimensi saluran terbuka dan mendapatkan kapasistas tampung saluran terbuka ini diperlukan data pengukuran panjang saluran, lebar atas saluran, lebar bawah saluran, dan kedalaman dan dimensi settlingpond ini diperlukan data pengukuran Panjang, lebar, dan kedalaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lapangan

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, sistem penyaliran yang diterapkan di PT Toha Batu Palu merupakan sistem *mine drainage*. Hal ini ditunjukkan oleh keberadaan saluran terbuka berupa paritan yang berfungsi mengumpulkan dan mengalirkan air dari area penambangan menuju kolam pengendapan (*sediment pond*). Air yang masuk ke area tambang, baik berasal dari hujan yang jatuh secara langsung

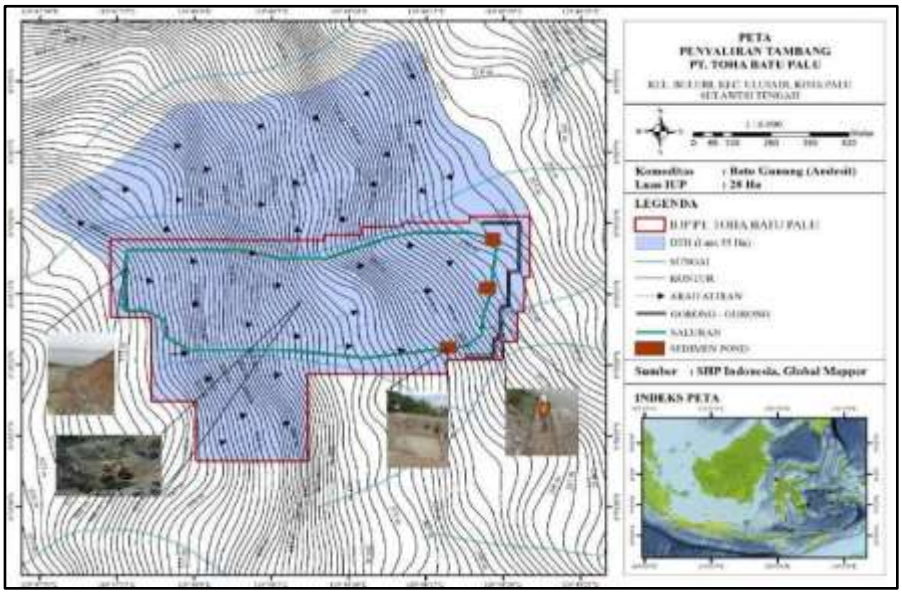
ISSN 2775-5630

maupun limpasan permukaan dari daerah sekitar, diarahkan melalui jaringan paritan menuju fasilitas penampungan tersebut. PT Toha Batu Palu memiliki tiga unit *sediment pond* yang digunakan sebagai tempat penampungan dan pengendapan air sebelum dialirkan ke tahap berikutnya. Dengan demikian, keberadaan saluran terbuka dan *sediment pond* menjadi bagian utama dalam sistem pengelolaan air tambang yang diterapkan pada lokasi penelitian. Kondisi tersebut selanjutnya menjadi dasar untuk mengevaluasi kemampuan saluran dan kapasitas *sediment pond* dalam mengendalikan debit limpasan yang masuk ke area penambangan.

.



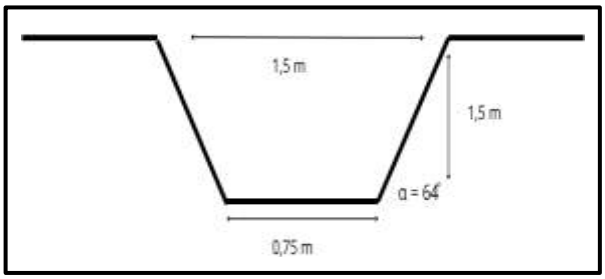
Gambar 4. (a). Paritan dan (b). Sedimen Pond



Gambar 5. Peta Penyaliran Tambang PT. Toha Batu Palu

Tabel 2. Geometri Paritan

Keterangan	Ukuran
Lebar perrmukaan atas saluran (B)	1.5 m
Lebar dasar saluran (b)	0,75 m
Tinggi saluran (h)	1,5 m
Gradien/kemiringan (s)	0,020
Kooefisien dinding saluran (n)	0,03 (kerikil)
Sudut (^{0})	64^0



ISSN 2775-5630

Luas (A)	1,38 m^2
Kapasitas Saluran Terbuka (Q)	3,19 m^3/detik

Tabel 3. Geometri Sedimen Pond

Keterangan	**Besaran**
Panjang	20 meter
Lebar	20 meter
Kedalaman	5 meter
Luas	400 m^2
Volume	2000 m^3



Debit Air Limpasan

Dalam perhitungan debit air limpasan permukaan yang masuk ke area pertambangan PT. PT. Toha Batu Palu, perlu adanya analisis perhitungan : Intesitas Curah Hujan (I), Koefisien Limpasan (C) dan Luas daerah tangkapan hujan (A).

- **Intensitas Curah Hujan (I)**

Perhtiungan Intensitas Curah Hujan (I), diperlukan perhitungan curah hujan rencana. Curah Hujan Rencana berdasarkan data curah hujan 10 tahun terakhir 2014 hingga 2024 yang diambil dari data BPS daerah Kabupaten Palu, setelah di analisis dengan menggunakan perhitungan persamaan (1), maka di dapatkan Curah Hujan Rencaha (tahunan) / CH sebesar : 254,86 mm/jam. Lama waktu (t) hujan diketahui sebesar 1,45 jam, sehingga perhitungan Intesitas Hujan (I) dapat diketahui sebesar : 69,60 mm/jam.

- **Koefisien Limpasan (C)**

Area penelitian merupakan area penambangan terbuka, sehingga berdasarkan Tabel 1 nilai koefisien limpasan sebesar 0,9

- **Daerah Tangkapan Hujan (A)**

Pengolahan data topografi dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai pola dan arah aliran air, luas daerah tangkapan hujan (DTH), serta kemiringan permukaan pada wilayah penelitian. Parameter tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan koefisien limpasan dan menghitung debit air yang berpotensi masuk ke area penambangan. Berdasarkan hasil pengolahan data topografi, diperoleh total luas daerah tangkapan hujan sebesar 55 Ha yang terbagi menjadi dua wilayah, yaitu DTH 1 seluas 27 Ha yang berhubungan dengan sistem *mine drainage* dan DTH 2 seluas 28 Ha yang merupakan bagian dari wilayah IUP dan termasuk dalam sistem *mine dewatering*. Hasil analisis topografi juga menunjukkan bahwa kemiringan wilayah penelitian mencapai 64,71%. Distribusi dan batas daerah tangkapan hujan tersebut ditampilkan pada Gambar 5 yang ditunjukkan dengan warna biru. Berdasarkan luas daerah tangkapan dan parameter topografi yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan debit limpasan (Q) yang berpotensi masuk ke area pertambangan menggunakan Persamaan (3) :

$$Q_r = 0{,}00278\,.\,(0{,}9)\,.(69{,}60)\,.(55) = 34{,}452\ m^3/jam$$

Berdasarkan hasil perhitungan dimensi saluran terbuka (paritan) memiliki kapasitas yang cukup besar yaitu 6.18 m3/detik untuk menampung debit air limpasan yang mengalir di saluran terbuka tersebut. Namun didaerah penelitian hanya tersedia 1 unit saluran terbuka, dengan demikian maka perlu adanya penambahan unit saluran terbuka dengan dimensi sama seperti saluran terbuka yang suda ada yaitu sebesar 6 m3/detik sehingga air limpasan yang akan masuk ke area penambangan dapat tertampung sesuai besaran debit air masuk kedalam saluran terbuka.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, saluran terbuka berbentuk trapesium direncanakan untuk mengalirkan debit limpasan sebesar 9,57 m³/detik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas saluran yang dirancang sebesar 6,18 m³/detik, sehingga kapasitas satu unit saluran belum mampu mengalirkan seluruh debit limpasan yang terjadi. Oleh karena itu, diperlukan penambahan unit saluran terbuka untuk meningkatkan

kapasitas pengaliran dan mencegah terjadinya limpasan yang berlebihan pada area penambangan. Sementara itu, berdasarkan hasil perhitungan kapasitas tampungan, dimensi *sediment pond* yang tersedia di PT Toha Batu Palu dinilai mampu menampung volume air yang masuk ke dalam sistem penyaliran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada pihak manjemen PT. Toha Batu Palu yang telah mengijinkan dalam pengambilan data dan pihak-pihak yang terlibat pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Ressa, S. H. Yuwanto, and Y. Fanani, "Studi Efisiensi Biaya Operasional Peralatan Gali-Muat dan Angkut pada Kegiatan Penambangan Batu Andesit di PT Toha Batu Palu Sulawesi Tengah," *Jurnal Geomine*, vol. 13, pp. 131–142, 2025.

[2] S. H. Y. Adnan Patihua, Yazid Fanani, "ANALISIS FAKTOR CUACA TERHADAP KINERJA SISTEM SHOVEL TRUCK DI LOKASI PIT E PT BUKIT ASAM, Tbk ATAS PERTIMBANGAN FAKTOR KESELAMATAN PENGANGKUTAN OVERBURDEN," in *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV*, Surabaya: LPPM - ITATS, 2024, pp. 1–10.

[3] T. A. Cahyadi, D. C. Dinata, D. Haryanto, I. Titisariwati, and R. Fahlevi, "EVALUASI SALURAN TERBUKA ENGAN MENGGUNAKAN DISTRIBUSI GUMBELL DAN MODEL THOMAS FIERING," *Kurvatek*, vol. 5, no. 1, pp. 29–36, 2020.

[4] F. A. R. Putri, "Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Batubara pada Tambang Terbuka di PT. X," *Jurnal Iptek*, vol. 24, no. 1, pp. 59–66, 2020.

[5] M. Endriantho, M. Ramli, T. P. U. Hasanuddin, and T. G. U. Hasanuddin, "Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara," *Jurnal Geosains*, vol. 9, no. 01, 2013.

[6] A. Rachman, S. H. Yuwanto, and H. Bahar, "Analisis kualitas air tanah berdasarkan jenis kandungan kimia fisik air pada akuifer bebas cekungan air tanah (cat) palu di kabupaten sigi provinsi sulawesi tengah," *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, vol. 2, no. 1, pp. 381–385, 2020.

[7] I. Meliane, A. A. I. A. Adnyano, and E. Sumarjono, "Analisis Curah Hujan Dalam Merancang Saluran Terbuka di Sulawesi Utara," *Mining Insight*, vol. 2, no. 2, pp. 107–114, 2021.

[8] A. I. Hadi, S. Suwarsono, and H. Herliana, "Analisis karakteristik intensitas curah hujan di Kota Bengkulu," *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, vol. 7, no. 2, pp. 119–129, 2010.

[9] F. Sitepu, M. Selintung, and T. Harianto, "Pengaruh intensitas curah hujan dan kemiringan lereng terhadap erosi yang berpotensi longsor," *Jurnal Penelitian Enjiniring*, vol. 21, no. 1, pp. 23–27, 2017.

[10] Z. A. A. Alisaputra and P. E. Rosadi, "Rancangan Sistem Penyaliran Tambang pada Tambang Bijih Nikel Pit Hill Anyer," *KURVATEK*, vol. 10, no. 1, pp. 29–38, 2025.