

# Perencanaan *mine drainage* pada lahan bekas tambang batubara: studi kasus PT Tambulun Pangian Indah

## *Mine drainage planning on ex-coal mining land: case study of PT Tambulun Pangian Indah*

Doli Jumat Rianto\*<sup>1</sup>, Rahmat Agung Ilahi<sup>2</sup>, Aji Marwadi<sup>3</sup>

<sup>1-2</sup> Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Muara Bungo  
Jalan Diponegoro No. 27 – Rimbo Tengah, Muara Bungo, 37214 Telp 0747-323310

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat  
e-mail: [dolijumatrianto08@gmail.com](mailto:dolijumatrianto08@gmail.com)

### ABSTRAK

PT Tambulun Pangian Indah beroperasi pada sektor pertambangan batubara dengan lokasi lahan bekas tambang yang berada pada elevasi yang tinggi dengan kondisi lereng yang terjal sehingga apabila sistem penyaliran yang ada tidak mampu dikhawatirkan akan terjadi erosi dan longsor. Evaluasi sistem penyaliran tambang dilakukan menggunakan persamaan-persamaan antara lain Distribusi Gumbel (curah hujan harian), Mononobe (intensitas hujan), Rasional (debit air limpasan permukaan), dan Manning (dimensi saluran terbuka). Berdasarkan pertimbangan periode ulang hujan 5 tahunan diperoleh curah hujan harian setinggi 288,77 mm dengan intensitas hujan sebesar 101,17 mm/jam. Debit air limpasan permukaan diperkirakan yaitu 0,551 m<sup>3</sup>/detik dengan pertimbangan daerah tangkapan hujan seluas 28 ha dan koefisien limpasan 0,7. Dimensi saluran terbuka yang direncanakan didasarkan pada dua kondisi yaitu kondisi tidak terjadi banjir dan mengendalikan kemungkinan banjir pada lahan bekas tambang (0,984 m<sup>3</sup>/detik). Dimensi kondisi 1 dan 2 berturut-turut dalam meter antara lain kedalaman saluran (0,38 dan 0,41), lebar dasar saluran (0,44 dan 0,55), lebar permukaan saluran (0,88 dan 1,10), panjang sisi saluran (0,44 dan 0,55), dan tinggi jagaan (0,05 dan 0,07).

**Kata-kata kunci:** air limpasan, hujan, saluran terbuka

### ABSTRACT

*PT Tambulun Pangian Indah operates in the coal mining sector with the location of former mining land at a high elevation with steep slope conditions, if the existing drainage system is unable to cope with runoff water, it is feared that erosion and landslides will occur. Evaluation of the mine drainage system is carried out using equations including Gumbel Distribution (daily rainfall), Mononobe (rain intensity), Rational (runoff water discharge), and Manning (open channel dimensions). Based on the consideration of the 5-year rain recurrence period, it can be predicted that daily rainfall is 288.77 mm and rain intensity is 101.17 mm/hr. Runoff water discharge is estimated at 0.551 m<sup>3</sup>/s with consideration of a rain catchment area of 28 ha and a runoff coefficient of 0.7. The dimensions of the planned open channel are based on two conditions, namely the condition of no flooding and controlling the possibility of flooding (0.984 m<sup>3</sup>/s). The dimensions of conditions 1 and 2 in meters respectively include channel depth (0.38 and 0.41), channel base width (0.44 and 0.55), channel surface width (0.88 and 1.10), channel side length (0.44 and 0.55), and guard height (0.05 and 0.07).*

**Keywords:** open channels, rainfall, runoff water

### PENDAHULUAN

Keberadaan industri pertambangan dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan. Program reklamasi pada awal pelaksanaan kegiatan penambangan telah menjadi perhatian para pemangku kepentingan dalam pemanfaatan sumber daya alam khususnya batubara. Kegiatan penambangan batubara menimbulkan kesan tersendiri terhadap perubahan lingkungan, tatanan fungsi lahan, serta penurunan produktivitas lahan.

Peran vegetasi dan keberadaan saluran terbuka sebagai bentuk awal pemeliharaan struktur tanah, agar tidak menimbulkan masalah dikemudian hari. Lokasi bekas tambang batubara PT Tambulun Pangian Indah berada pada elevasi yang tinggi dengan kondisi lereng yang terjal, apabila terjadi curah hujan dengan intensitas yang ekstrim dapat membawa berbagai jenis material ke dataran rendah melalui media air di permukaan tanah atau dikenal dengan proses air limpasan (*runoff*). Apabila kemampuan drainase (saluran terbuka) tidak sesuai dengan kapasitasnya, maka akan menimbulkan masalah besar [1] seperti banjir, erosi dan tanah longsor.

Selama kegiatan pertambangan aktif. Adanya air limpasan dapat menurunkan produktivitas tambang yang menutupi luas permukaan kerja, sehingga peralatan

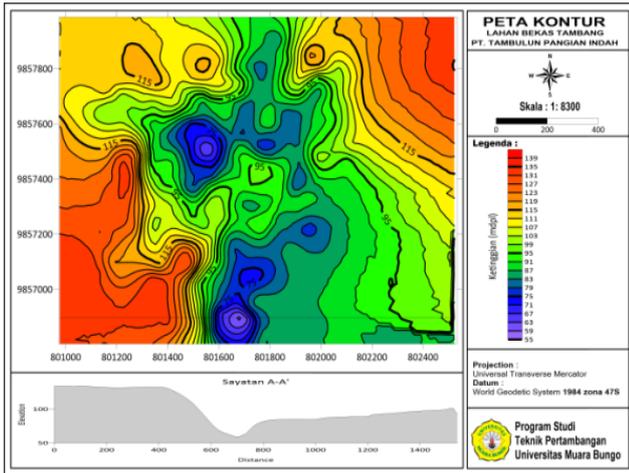
mekanis mengalami kesulitan dalam melakukan kegiatan penambangan dan harus dihentikan sementara [2].

Adanya genangan air yang masuk ke lokasi tambang dapat menimbulkan dampak sebagai berikut: penurunan produksi pada kegiatan penambangan [3], air limpasan juga dapat menimbulkan potensi genangan lumpur pada lantai dasar pit pada *front* penambangan [4], genangan air dapat menyebabkan kerusakan badan jalan, mengurangi efisiensi kerja dan dapat mengancam keselamatan kerja [5].

Kondisi ini juga dapat terjadi pada area penambangan yang tidak aktif. Perbaikan dan pengelolaan air limpasan dapat memberikan kondisi yang aman dalam jangka panjang terhadap kondisi lingkungan saat ini. Penanganan air di lokasi tambang dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu *mine drainage* dan *mine dewatering* [6]. *Mine drainage* adalah upaya untuk mencegah aliran air ke dalam area tambang, sedangkan *mine dewatering* adalah upaya untuk membuang air yang masuk ke dalam lokasi tambang [4].

Upaya untuk mencegah masuknya air ke dalam lokasi tambang dapat menerapkan sistem drainase konvensional. Sistem ini dipengaruhi oleh metode

penambangan, kondisi topografi, intensitas curah hujan, dan daerah tangkapan hujan [3].



Gambar-1. Peta Kontur Lahan Bekas Tambang

Secara keseluruhan jumlah air di planet Bumi relatif konstant dari waktu ke waktu. Peristiwa ini berlangsung terus menerus dan tidak diketahui kapan berakhir, fenomena ini dikenal dengan siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah suatu proses yang diawali dengan penguapan kemudian terjadi kondensasi dari awan-awan akibat dari penguapan tersebut, kemudian awan tersebut terus mengalami proses, sehingga menghasilkan salju atau hujan yang jatuh ke bumi. Air hujan yang jatuh dari atmosfer jika tidak ditangkap oleh tumbuhan atau permukaan/lapisan kedap air lainnya, akan jatuh ke permukaan bumi dan sebagian akan menguap, meresap atau tersimpan dalam cekungan.

Pengelolaan air dilakukan dengan membuat saluran drainase pada area bekas tambang. Bentuk saluran drainase pada lahan bekas tambang yang cocok diterapkan adalah bentuk trapezium, diperkirakan akan mengalirkan debit yang cukup besar ke lahan bekas tambang [7]. Saluran pada area bekas tambang berfungsi mengalirkan air limpasan yang terjadi pada lokasi tambang. Sistem penyaliran ini menerapkan system *mine drainage* [4]. Selain itu saluran juga berada di luar area penambangan disebut saluran pengalihan. Saluran pengalihan (*diverter*) merupakan saluran yang berfungsi untuk mencegah masuknya air limpasan masuk kedalam area penambangan.

Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung debit air limpasan pada area bekas tambang batubara dan mengevaluasi dimensi saluran air minimum dan maksimum sebagai upaya dalam mengatasi besarnya air limpasan yang terjadi, sehingga keberadaan saluran air dapat bermanfaat dalam jangka panjang.

## METODOLOGI

Metodologi penelitian dapat dilakukan dengan prosedur penelitian sebagai berikut:

### 1. Studi literatur

Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh pengetahuan terhadap permasalahan yang diangkat dan ditinjau dari penelitian sebelumnya.

### 2. Pengumpulan data

Data yang diperoleh dapat berupa data primer dan data sekunder.

- 1) Data primer
  - a. peta kontur menggunakan aplikasi *surfer*.
  - b. peta arah aliran permukaan menggunakan aplikasi *surfer*.
  - c. data pengukuran debit air limpasan yang terdiri nilai koefisien limpasan, intensitas curah hujan dan luasan catchment area.
  - d. dokumentasi lapangan
- 2) Data sekunder: data curah hujan 10 tahun terakhir dari tahun 2013-2022.

### 3. Pengolahan data dan analisis

Pengolahan data dapat dilakukan setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan rumus/ metode sebagai berikut:

#### 1) Curah hujan rencana (Metode Gumbel) [8]

$$X_t = X + \left( \frac{Y_t - Y_m}{S_n} \right) s \quad (1)$$

Curah hujan rencana  $X_t$  dapat diperoleh dengan mengetahui nilai rata-rata curah hujan ( $X$ ) standard deviasi ( $s$ ), *reduce variate*  $Y_t$  dan *reduce mean* rata-rata ( $Y_m$ ) serta *reduce standard* deviasi  $S_n$ .

#### 2) Intensitas curah hujan (Metode Mononobe) [8]

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^n \quad (2)$$

Intensitas curah hujan ( $I$ ) dapat ditentukan dengan mengetahui curah hujan maksimum pada periode ulang ( $R_{24}$ ) dengan waktu konsentrasi 1 jam dan ketetapan nilai  $n$  sebesar 2/3.

#### 3) Debit limpasan maks (Metode Rasional) [8]

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (3)$$

Debit air limpasan permukaan dapat diketahui dengan menghitung nilai intensitas curah hujan dan luasan *catchment area* serta koefisien limpasan berdasarkan pendekatan nilai pada Tabel-1.

Tabel-1. Koefisien Limpasan<sup>[9][6]</sup>

Kemiringan	Tutupan	Koefisien Limpasan (C)
<3 %	Sawah, rawa	0,2
	Hutan, Perkebunan	0,3
	Perumahan dengan Kebun	0,4
3%-15,5 %	Hutan, perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	Tumbuhan yang Jarang	0,6
	Tanpa tumbuhan, daerah penimbunan	0,7
>15%	Hutan	0,6
	Perumahan, kebun	0,7
	Tumbuhan yang jarang	0,8
	Tanpa tumbuhan, daerah tambang	0,9

#### 4) Dimensi saluran terbuka dapat dihitung dengan menggunakan rumus Manning [9] berikut:

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A \quad (4)$$

dimana kapasitas saluran ( $Q$ ) dipengaruhi oleh kekasaran dinding saluran ( $n$ ) yang dapat dilihat

pada Tabel-2, jari-jari hidrolik (R), kemiringan saluran (S), dan luas penampang basah (A).

a. Kemiringan dinding saluran

$$z = \frac{1}{\tan a} \tag{5}$$

b. Lebar dasar saluran (m)

$$b = 2(\sqrt{z^2 + 1} - z)^h \tag{6}$$

c. Luas penampang saluran (m<sup>2</sup>)

$$A = (b + zh)h \tag{7}$$

d. Kedalaman saluran (m)

$$R = \frac{1}{2}h \rightarrow h = 2R \tag{8}$$

e. Tinggi jagaan (m)

$$W = 15\% \times h \tag{9}$$

f. Panjang sisi saluran (m)

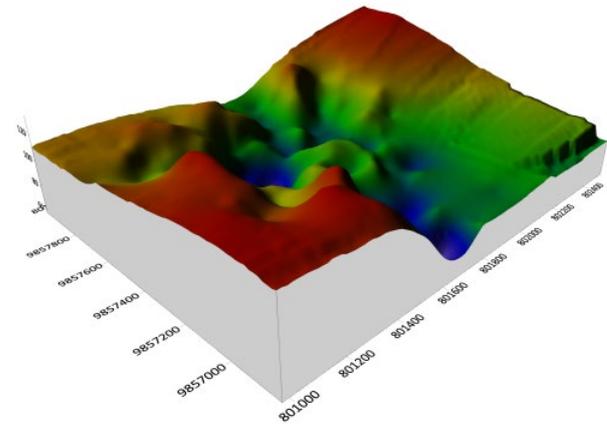
$$a = \frac{h}{\sin a} \tag{10}$$

g. Lebar permukaan saluran (m)

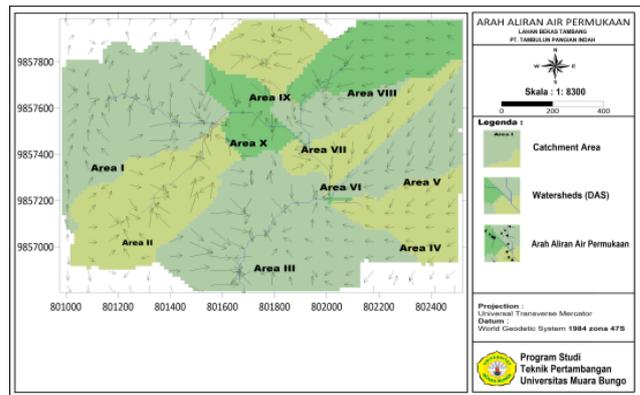
$$B = b + 2zh \tag{11}$$

Tabel-2. Koefisien kekasaran manning [9]

Tipe Dinding Saluran	n
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran Beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu	0,040



Gambar-2. Kondisi Geomorfologi Lahan Bekas Tambang



Gambar-3. Peta Arah Aliran Permukaan

4. Menarik kesimpulan

Kesimpulan ini dapat diperoleh setelah diperoleh hasil dari tujuan yang ingin dicapai.

HASIL DAN DISKUSI

Lahan bekas tambang batubara PT TPI pada umumnya terbuka dan sebagian ditutupi oleh vegetasi berupa rerumputan dengan kemiringan lereng yang terjal antara 3-15%, pada gambar-2 terlihat jelas bahwa warna merah menunjukkan elevasi tertinggi pada rentang 115-135mdpl, warna hijau dan kuning menunjukkan elevasi sedang pada rentang 85-114 mdpl, sedangkan dataran rendah berada pada elevasi 60-84 mdpl dengan warna biru. Hasil yang ditunjukkan dalam penelitian ini adalah bentuk dimensi saluran minimum dan maksimum terhadap debit limpasan yang dihasilkan untuk tutupan lahan saat ini.

Luasan *catchment area* pada area penelitian dapat diprediksi dengan menggunakan alat aplikasi pemetaan yaitu *surfer* terhadap besaran skala yang ditampilkan pada peta arah aliran permukaan pada Gambar-3 yang menunjukkan pergerakan air permukaan dengan simbol panah ke arah dataran rendah pada elevasi 60-84 mdpl. Luas daerah tangkapan hujan (*catchment area*) ditentukan berdasarkan elevasi kontur dan arah aliran hujan [10]. Luas area lahan bekas tambang pada objek penelitian sebesar 28 ha atau setara 0,28 km<sup>2</sup>.

Pada masing-masing area memiliki luasan *catchment area* yang berbeda-beda. Besar kecilnya *catchment area* mempengaruhi besarnya debit limpasan yang dihasilkan dan juga dipengaruhi oleh intensitas curah hujan.

Intensitas curah hujan pada lahan bekas tambang dapat diperkirakan dengan menghitung curah hujan rencana. Curah hujan rencana ini digunakan untuk menentukan curah hujan maksimum dalam periode waktu tertentu dan atau berdasarkan hasil analisis frekuensi data curah hujan maksimum dengan periode ulang tertentu [9]. Intensitas curah hujan pada lahan bekas tambang pada periode ulang 2 tahun sebesar 75,91 mm/jam, periode ulang 3 tahun sebesar 87,15 mm/jam dan periode ulang 5 tahun sebesar 101,17 mm/jam, lihat Tabel-4.

Nilai maksimum yang digunakan pada periode ulang adalah menggunakan periode ulang 5 tahun lihat Tabel-3, Periode ulang ini di digunakan untuk mengendalikan kemungkinan terjadinya banjir pada lahan bekas tambang, sehingga kondisi ini dapat menjaga ketahanan lahan terhadap ancaman bencana yang akan terjadi pada lahan bekas tambang seperti erosi, longsor dan banjir. Berikut hasil curah hujan rencana yang dapat diprediksi berdasarkan data curah hujan 10 tahun terakhir dari tahun 2013-2022 yang dapat dilihat pada Tabel-3.

Sedangkan intensitas curah hujan yang digunakan untuk menghitung debit air limpasan adalah intensitas curah hujan maksimum yaitu periode ulang hujan 5 tahun dengan hasil perhitungan diperoleh intensitas curah hujan sebesar 101,17 mm/jam dapat dilihat pada Tabel-4.

**Tabel-3.** Curah Hujan Rencana (mm)

Periode Ulang (Tahunan)	2	3	5
<i>Reduce variate</i>	0,3665	0,9027	1,4999
<i>Reduced mean</i>	0,4586	0,4586	0,4586
<i>Reduced standard deviation</i>	0,8429	0,8429	0,8429
Standar deviasi	60,86	60,86	60,86
Curah hujan rata-rata	216,68	216,68	216,68
Curah hujan rencana	210,03	248,75	288,77

**Tabel-4.** Intensitas Curah Hujan

Periode Ulang (Tahunan)	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)
2	75,91
3	87,15
5	101,17

Debit limpasan yang masuk pada masing-masing area saluran ditentukan dengan menggunakan persamaan rasional, hasil perhitungan menunjukkan total debit seluruh area lahan bekas tambang sebesar 5,513 m<sup>3</sup>/ detik. Kondisi lahan bekas tambang batubara PT TPI pada umumnya terbuka dan sebagian tertutup oleh vegetasi berupa rerumputan dengan kemiringan lereng yang terjal antara 3-15% dengan nilai koefisien limpasan sebesar 0,7 yang terlihat pada Tabel-1. Besarnya debit air limpasan pada lahan bekas tambang pada masing-masing area dapat dilihat pada Tabel-5.

**Tabel-5.** Debit Air Limpasan

Area	A (km <sup>2</sup> )	Debit (m <sup>3</sup> /detik)
I	0.04	0.788
II	0.03	0.591
III	0.05	0.984
IV	0.01	0.197
V	0.01	0.197
VI	0.01	0.197
VII	0.09	1.772
VIII	0.02	0.394
IX	0.01	0.197
X	0.01	0.197
Total		5.513
Rata-rata		0.551

Volume limpasan maksimum dengan waktu hujan rata-rata perhari 1 jam per hari ialah 47.592 m<sup>3</sup>/hari.

**Dimensi saluran terbuka**

Saluran terbuka didesain untuk dapat menampung air limpasan dan mengalirkannya ke area *sump*, dalam merancang dimensi saluran ada beberapa parameter yang diperhatikan yaitu:

1. penampang saluran yang dibuat berbentuk trapesium
2. bahan saluran adalah tanah asli sehingga koefisien *manning* sebesar 0,03, dan
3. kemiringan dinding saluran yang digunakan adalah 60° sehingga dapat ditentukan nilai dimensi  $z = 0,577$  m.

Selanjutnya penentuan dimensi lainnya dalam perancangan saluran terbuka menggunakan pendekatan persamaan penentuan luas penampang basah (Persamaan 7) dan kapasitas saluran (Persamaan 4). Lebar dasar saluran (*b*) ditentukan terlebih dahulu ialah  $1h$  kemudian disubstitusi ke dalam Persamaan 7.

$$A = b \cdot h + z \cdot h^2$$

$$A = (1 \cdot h)h + 0,577h^2$$

$$A = 1 h^2 + 0,577h^2$$

$$A = 1,577 h^2$$

Jika jari-jari hidrolik (Persamaan 8) juga disubstitusikan ke dalam kapasitas saluran (Persamaan 4) maka:

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A$$

$$0,551 = \frac{1}{0,03} \times 0,5h^{2/3} \times 0,15^{1/2} \times 1,577h^2$$

$$0,551 = 33,333 \times 0,5h^{2/3} \times 0,387 \times 1,577h^2$$

$$0,551 = 33,333 \times 0,788h^{8/3} \times 0,387$$

$$0,551 = 10,171h^{8/3}$$

$$h^{3/8} = 0,054$$

$$h = 0,334$$

Dimensi saluran terbuka yang direncanakan didasarkan pada dua kondisi yaitu kondisi tidak terjadi banjir (0,551 m<sup>3</sup>/detik) dan mengendalikan kemungkinan banjir pada lahan bekas tambang (0,984 m<sup>3</sup>/detik). Hasil perhitungan dimensi saluran untuk kedua kondisi tersebut dapat dilihat pada Tabel-6.

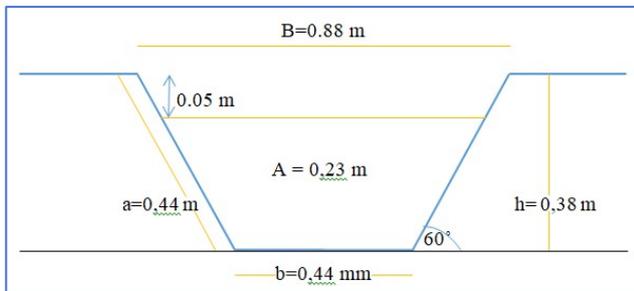
**Tabel-6.** Dimensi Saluran Terbuka

Kapasitas Rencana (m <sup>3</sup> /s)	h (m)	b (m)	B (m)	a (m)	A (m <sup>2</sup> )	w (m)
0.551	0.38	0.44	0.88	0.44	0.23	0.05
0.984	0.41	0.55	1.10	0.55	0.35	0.07

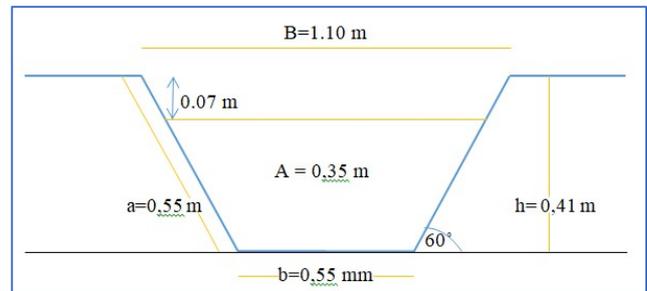
Berdasarkan hasil perhitungan dimensi saluran, maka dibuatlah ilustrasi saluran terbuka yang dapat dilihat pada Gambar-5 dan Gambar-6. Sedangkan kondisi aktual saluran terbuka dapat dilihat pada Gambar-4.



**Gambar-4.** Saluran Terbuka



Gambar-4. Dimensi Saluran Terbuka untuk Debit Minimum



Gambar-5. Dimensi Saluran Terbuka untuk Debit Maksimum

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. PT Tambulun Pangian Indah beroperasi pada sektor pertambangan batubara dengan daerah tangkapan hujan seluas 28 ha.
2. Intensitas curah hujan pada lahan bekas tambang pada periode ulang 2 tahun sebesar 75,91 mm/jam, periode ulang 3 tahun sebesar 87,15 mm/jam dan periode ulang 5 tahun sebesar 101,17 mm/jam. Kondisi lahan terbuka dan sebagian tertutup vegetasi berupa rerumputan dengan kemiringan lereng yang terjal antara 3-15%, dengan koefisien limpasan 0.7 serta intensitas curah hujan 101,17 mm/jam. Debit air limpasan rata-rata diperoleh sebesar 0.551 m<sup>3</sup>/detik.
3. Dimensi penampang saluran terbuka terhadap debit air limpasan rata-rata sebesar 0,551 m<sup>3</sup>/detik diperoleh dimensi sebagai berikut kedalaman saluran (h) 0,38 m, lebar dasar saluran (b) 0,44 m, lebar permukaan saluran (B) 0,88 m, panjang sisi saluran (a) 0,44 m, luas penampang saluran (A) 0.23 m<sup>2</sup>, tinggi jagaan (w) 0,05 m. Rekomendasi prediksi limpasan maksimum sebesar 0,984 m<sup>3</sup>/detik digunakan untuk mengendalikan kemungkinan terjadinya banjir pada lahan bekas tambang, sehingga kondisi ini dapat menjaga ketahanan lahan bekas tambang dari erosi, longsor dan banjir.

Setelah melakukan penelitian ini pada lahan bekas tambang batubara PT Tambulun Pangian Indah, saran yang dapat diberikan adalah memaksimalkan dimensi saluran terbuka kemungkinan besarnya intensitas curah hujan dan luasnya lahan terbuka guna menghindari terjadinya pendangkalan pada saluran air yang dapat menyebabkan erosi, longsor dan banjir.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Tambulun Pangian Indah yang telah memberikan tempat untuk melakukan penelitian dan kerja samanya selama proses penelitian berlangsung dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muara Bungo yang telah mensupport sebelum dan sesudah penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] I. A. A. David Rezky Pilantera R, Shilvyanora Aprilia Rande, "Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Batubara di PT. Artamulia Tata Pratama," *Min. Insight*,

vol. 02, no. 02, pp. 99–106, 2021.

- [2] M. A. M. Roni Afrizal, Partama Misdiyanto, "Kajian Teknis Sistem Miner Drainage pada Tambang Terbuka Batubara di PT. SIMS Jaya Kaltim," *Min. Insight*, vol. 03, no. 01, pp. 33–42, 2022.
- [3] M. K. Noor *et al.*, "Penanganan Air Limpasan pada Lokasi Penambangan Batubara PT Argo On Star Provinsi Kalimantan Selatan," *J. Geomine*, vol. 8, no. 3, pp. 247–252, 2020.
- [4] Y. Fitri and M. Ms, "Sistem Penyaliran Tambang Untuk Mengatasi Genangan Air Limpasan Di Front Penambangan Blok Timur Pt. Prima Delin Agro Permai Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi," *J. Bina Tambang*, vol. 6, no. 2, pp. 10–19, 2021.
- [5] R. L. Valendri and F. Firdaus, "Perencanaan Saluran Pada Tambang Batubara Banko Barat Tanjung Enim, Sumatera Selatan," *Bina Darma Conf. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 266–273, 2021.
- [6] F. A. R. Putri, "Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Batubara pada Tambang Terbuka di PT. X," *J. Iptek Media Komun. Teknol.*, vol. 24, no. 1, pp. 59–66, 2020, doi: 10.31284/j.iptek.2020.v24i1.
- [7] Warningsih, A. Fridtriyanda, and D. Pangestu, "Rencana Reklamasi Dan Revegetasi Pada Lahan Bekas Tambang Batubara di PT. Surya Anugrah Sejahtera Provinsi Jambi," vol. 2022, no. 4, pp. 487–493, 2022.
- [8] G. S. Sapan, Y. Dwi, G. Cahyono, Y. Fanani, and J. T. Pertambangan, "Kajian teknis dimensi sump dan kebutuhan pompa pada penyaliran tambang terbuka di pit 1 pt. senamas energindo mineral kecamatan jawetan, kabupaten barito timur, propinsi kalimantan tengah," in *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMATAN II) Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS)*, 2020, pp. 615–622.
- [9] S. H. Pirmani, W. Zahar, and D. Prabawa, "Rancangan Sistem Penyaliran Tambang pada Tambang Batubara di Pit 2 PT. Seluma Prima Coal Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi menggali sampai elevasi tertentu, sehingga sangat erat kaitannya dengan air hujan yang nantinya rakitan mes," *J. Tek. Kebumihan*, vol. 06, no. 02, pp. 61–70, 2021.
- [10] E. Ferdiansyah, A. Triantoro, and M. U. Dwiatmoko, "Kajian teknis sistem penirisan tambang dalam optimalisasi pemompaan di pt semsta centramas," *J. Himasapta*, vol. 6, no. 1, pp. 5–8, 2021.

