

## Perencanaan Saluran Terbuka Drainase Area Penambangan Komoditas Feldspar di Kecamatan Gandusari

**Muhammad Fairuz Akmal**

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”  
Jawa Timur

Korespondensi penulis: [iyozakmal18@gmail.com](mailto:iyozakmal18@gmail.com)

**Tuhu Agung Rachmanto**

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”  
Jawa Timur

Alamat: Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya

**Abstract.** PT MAS operates in the mining sector, extracting white rocks or feldspar from steep and rugged slopes. Inadequate drainage systems pose significant challenges, such as floods, erosion, and landslides, emphasizing the critical role of effective drainage in mining activities. The designed drainage system incorporates trapezoidal open channels at the mining steps' base. Before reaching natural water bodies, mining water is directed to sedimentation ponds to settle sediments. This research, an experimental study correlating theory with field data, begins with a literature review on open channel drainage theories in mining areas. Data collection includes location specifics, mining area dimensions, rainfall, and runoff coefficients. Manning equation calculations determine planned open channel dimensions, with a bottom width of 0.45 m, flow depth of 0.39 m, freeboard height of 0.097 m, water surface width of 0.9 m, and a slope angle of 60°. The research aims to contribute insights for the development and management of open channel drainage systems in mining areas.

**Keywords:** Precipitation, Drainage, Runoff, Mining, Open Channel

**Abstrak.** PT MAS beroperasi pada sektor pertambangan batuan putih atau feldspar dengan lokasi kemiringan penambangan yang curam dan terjal sehingga apabila sistem drainase tidak sesuai dengan kapasitasnya, maka akan menimbulkan masalah besar bagi kegiatan pertambangan, seperti banjir, erosi, dan tanah longsor. Hal itu yang membuat sistem drainase menjadi salah satu aspek penting dalam kegiatan pertambangan. Sistem drainase direncanakan dengan pembuatan saluran terbuka berpenampang trapesium pada bagian bawah jenjang tambang. Sebelum dialirkan ke perairan alami, air tambang akan disalurkan menuju kolam pengendap pada ujung drainase untuk mengendapkan sedimen dari area pertambangan. Penelitian ini merupakan penelitian dengan melakukan eksperimen, yaitu merupakan penerapan korelasi teori dengan data lapangan. Dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mengkaji teori-teori mengenai sistem drainase saluran terbuka pada area pertambangan, kemudian melakukan pengumpulan data-data lokasi, luas area tambang, curah hujan, dan koefisien air limpasan serta melakukan perhitungan menggunakan persamaan manning untuk mendapatkan dimensi saluran terbuka yang direncanakan. Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan, dimensi saluran terbuka yang direncanakan memiliki lebar dasar saluran sebesar 0,45 m, kedalaman aliran sebesar 0,39 m, tinggi jagaan sebesar 0,097 m, lebar muka air 0,9 m, dan sudut kemiringan 60°. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan dan pengelolaan sistem drainase saluran terbuka pada area pertambangan.

**Kata kunci:** Curah Hujan, Drainase, Limpasan, Pertambangan, Saluran Terbuka

## LATAR BELAKANG

Kegiatan penambangan merupakan rangkaian dari kegiatan penyelidikan bahan galian, penggalian batuan dan pemasaran hasil penggalian (Rahwanto, 2021). Batuan putih atau feldspar menjadi salah satu komoditas galian non-logam yang dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan keramik, genteng dan bahan bangunan lainnya (Ariani & Naim, n.d.). PT MAS sebagai salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan menggunakan sistem penambangan terbuka (*open pit*) dengan metode *quarry* dari elevasi terendah menuju elevasi tertinggi (*bottom up*). Karena adanya perbedaan elevasi, apabila terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya aliran air limpasan (*runoff*).

Oleh karena itu sistem drainase menjadi salah satu aspek penting dalam kegiatan pertambangan. Apabila sistem drainase tidak sesuai dengan kapasitasnya, maka akan menimbulkan masalah besar bagi kegiatan pertambangan, seperti banjir, erosi, dan tanah longsor (Rianto et al., 2023). Adanya air limpasan ketika kegiatan pertambangan aktif akan menyebabkan penurunan produktivitas tambang dengan menutupi luas permukaan kerja sehingga peralatan mekanis mengalami kesulitan dalam melakukan kegiatan penambangan (Roni Afrizal, Partama Misdiyanto, 2022).

Sistem penyaliran yang akan direncanakan pada lokasi penambangan komoditas feldspar berupa pembuatan drainase pada bagian bawah jenjang tambang dengan tujuan untuk menangkap air limpasan tambang. Kemudian lantai tambang dibuat miring kearah drainase sehingga air yang ada pada lantai tambang dapat mengalir ke saluran drainase dengan harapan tidak mengganggu aktifitas penambangan. Sebelum dialirkan ke perairan alami, air tambang akan disalurkan menuju kolam pengendap pada ujung drainase untuk membantu mengendapkan lumpur serta sedimen dari area pertambangan.

Air tambang berasal dari dari air hujan yang jatuh langsung pada area bukaan tambang, air limpasan yang berasal dari Daerah Tangkapan Hujan (DTH) pada area penambangan, dan air tanah. Sumber air tambang pada area pertambangan milik PT MAS berasal dari air hujan yang langsung masuk kedalam bukaan tambang. Sementara air tanah diasumsikan tidak ada karena *pit bottom* area penambangan berada di atas level air muka tanah sehingga tidak mengganggu kegiatan penambangan.

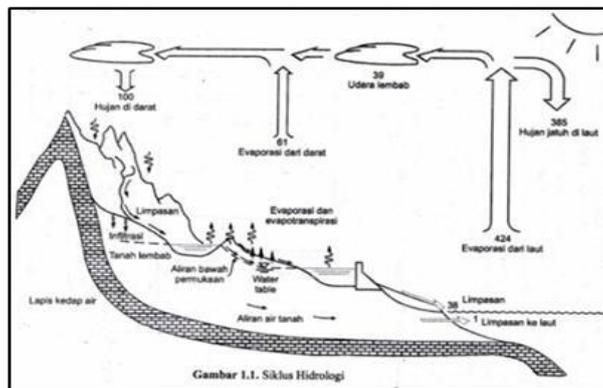
Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk merencanakan sistem drainase saluran terbuka pada area penambangan komoditas feldspar milik PT MAS. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk melakukan analisis faktor-faktor yang mempengaruhi sistem drainase saluran terbuka, seperti curah hujan, debit air, dan luas daerah tangkapan (*catchment area*). Dengan

demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan dan pengelolaan sistem drainase saluran terbuka yang baik pada area pertambangan.

## KAJIAN TEORITIS

### Kondisi Hidrologi

Siklus hidrologi atau siklus air merupakan siklus yang berkesinambungan dimana air bergerak dari titik tertinggi ke titik terendah. Air yang menguap oleh sinar matahari bergerak dan masuk menuju atmosfer, kemudian melewati fase kondensasi dan berubah menjadi tetesan air dalam bentuk awan. Awan yang telah jenuh kemudian menurunkan tetesan-tetesan air dan membentuk hujan ke daratan dan juga permukaan laut. Sebagian air yang jatuh ke permukaan bumi diserap oleh tanah (*infiltrate*) dan sebagian lainnya mengalir ke atas permukaan bumi (*surface runoff*). Adapun siklus hidrologi dijelaskan pada Gambar 1 berikut.



Sumber : (Sandrio & Har, 2023)

**Gambar 1. Siklus Hidrologi**

### Curah Hujan

Sumber utama dari air permukaan pada suatu tambang terbuka yaitu berasal dari air hujan. Jumlah air yang masuk ke area tambang mempengaruhi dimensi saluran drainase, jumlah drainase, dan kolam pengendapan lumpur (Sandrio & Har, 2023). Adapun data curah hujan bulanan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari data Badan Pusat Statistik Kecamatan Gandusari, Kabupaten Trenggalek Tahun 2008-2022.

### Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan nilai hujan atau sebagai tinggi hujan yang diberikan satuan waktu (Sandrio & Har, 2023). Untuk menghitung intensitas hujan dapat menggunakan rumus dasar yang melibatkan volume air yang jatuh per unit area dan waktu. Berikut adalah rumus umum untuk menghitung intensitas hujan.

$$I = \frac{V}{A \times \Delta t}$$

Keterangan:

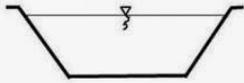
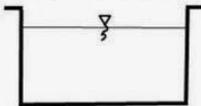
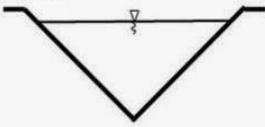
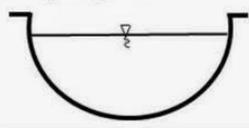
- I = Intensitas hujan (m/jam)
- V = Volume curah hujan (m<sup>3</sup>)
- A = Luas *catchment area* (m<sup>2</sup>)
- Δt = Waktu hujan

**Daerah Tangkapan (*Catchment Area*)**

Semakin besar daerah tangkapan air, maka semakin banyak pula air hujan yang jatuh ke daerah tersebut dan semakin banyak limpasan yang perlu diperhatikan di titik terendah. Sebaliknya, semakin kecil daerah tangkapan air, semakin sedikit pula air hujan yang jatuh ke daerah tersebut dan semakin sedikit limpasan yang perlu diperhatikan di titik terendah (Sandrio & Har, 2023).

**Bentuk Penampang Saluran**

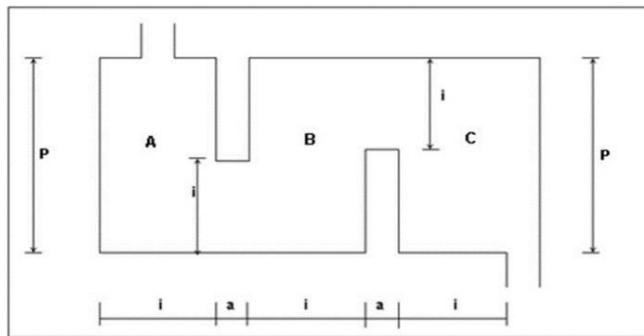
Bentuk penampang saluran pada muka tanah umumnya terdapat beberapa jenis, antara lain bentuk trapesium, empat persegi panjang, segitiga, dan setengah lingkaran. Berikut adalah bentuk saluran dan fungsinya.

No	Bentuk Saluran	Fungsinya
1	Trapesium 	Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi yang kecil. Bentuk saluran ini dapat digunakan pada daerah yang masih cukup tersedia lahan.
2	Empat persegi panjang 	Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi yang kecil
3	Segitiga 	Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan untuk debit yang kecil. Bentuk saluran ini digunakan pada lahan yang cukup terbatas.
4	Setengah lingkaran 	Berfungsi untuk menyalurkan limpasan air hujan untuk debit yang kecil. Bentuk saluran ini umumnya digunakan untuk saluran rumah penduduk dan pada sisi jalan perumahan yang padat.

**Gambar 2. Bentuk-bentuk umum Saluran Terbuka dan Fungsinya**

## Bentuk Kolam Pengendap Lumpur

Bentuk kolam pengendap lumpur perlu memenuhi sejumlah persyaratan teknis agar dapat beroperasi secara efektif. Salah satu persyaratan tersebut yaitu pembentukan kolam dengan pola zigzag atau berkelok-kelok. Selain itu, geometri dari kolam tailing harus disesuaikan dengan ukuran dari alat keruk yang digunakan. Dengan mematuhi persyaratan ini, tangki pengendapan lumpur dapat berfungsi optimal dalam proses pengelolaan lumpur, memastikan kelancaran operasi serta efisiensi dalam pemisahan dan pengendapan material yang diinginkan. Kolam pengendap yang memenuhi syarat dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Kolam Pengendap Lumpur yang Memenuhi Syarat Teknis**

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan penelitian dengan melakukan eksperimen, yaitu merupakan penerapan suatu korelasi teori dengan data lapangan dalam memecahkan sebuah permasalahan. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mengkaji teori-teori mengenai sistem drainase saluran terbuka pada area pertambangan. Kemudian melakukan pengumpulan data yang meliputi data lokasi, luas area tambang, curah hujan, dan koefisien air limpasan. Tahap akhir penelitian ini yaitu melakukan perhitungan menggunakan persamaan manning untuk mendapatkan dimensi saluran terbuka area tambang yang digunakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Curah Hujan

Perhitungan mengenai kondisi run-off air dan curah hujan sangat penting untuk dipertimbangkan dalam pembuatan kolam pengendapan maupun saluran drainase. Penentuan curah hujan didasarkan pada data curah hujan pada daerah pengamatan yaitu Kecamatan Gandusari, Kabupaten Trenggalek dengan menggunakan data curah hujan pada Kecamatan Gandusari Dalam Angka Tahun 2009-2023.

**Tabel 1. Jumlah hari hujan dan curah hujan Kecamatan Gandusari  
Tahun 2008-2022**

Nomor	Tahun	Hari Hujan (hari)	Curah Hujan (mm)
1	2008	122	1730
2	2009	125	1669
3	2010	222	4458
4	2011	118	2048
5	2012	118	2048
6	2013	118	2066
7	2014	119	2121
8	2015	97	1062
9	2016	161	2164
10	2017	161	2164
11	2018	95	1279
12	2019	79	978
13	2020	128	1336
14	2021	119	1491
15	2022	167	1977
<b>Rata-rata</b>		<b>130</b>	<b>1906</b>

Sumber : Kecamatan Gandusari Dalam Angka Tahun 2009-2023

### **Koefisien Air Limpasan**

Dalam perencanaan sistem penyaliran tambang, penentuan koefisien limpasan sering dilakukan dengan menggunakan *The Catchment Average Volumetric Run Off Coefficient*. Beberapa faktor yang berpengaruh dalam perhitungan ini melibatkan kondisi permukaan tanah, luas daerah yang menerima curah hujan, serta kondisi tanah penutup, dan elemen-elemen lain yang memainkan peran penting dalam mengukur tingkat limpasan air. Berikut adalah tabel koefisien air limpasan daerah pengamatan.

**Tabel 2. Koefisien Air Limpasan Daerah Pengamatan**

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

Sumber : (Pirmani et al., 2021)

Jika dilihat berdasarkan kondisi topografi area penambangan feldspar, dapat diketahui bahwa area penambangan termasuk kedalam daerah tambang dengan grade kemiringan <15% dan kondisi daerah penelitian yang berupa daerah tambang. Oleh karena itu dapat diketahui untuk koefisien limpasan yang digunakan yaitu 0,9.

### Perhitungan Dimensi Kolam Pengendap Lumpur

Pembuatan kolam pengendapan untuk penambangan harus didasarkan pada perhitungan dimensi kolam yang direncanakan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui daya tampung kolam pengendapan sehingga dapat menampung air limpasan yang ada. Dimensi kolam pengendapan dapat dihitung dengan cara menghitung debit air limpasan rencana. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

*Catchment area* diasumsikan sebesar 105% dari luas IUP Operasi Produksi tambang. Berdasarkan Laporan Studi Kelayakan PT MAS, luas IUP OP tambang sebesar 33.300 m<sup>2</sup>. Sehingga *catchment area* nya 33.300 m<sup>2</sup> x 105% = 34.965 m<sup>2</sup>

Curah hujan di Kecamatan Gandusari = 159 mm/bulan = 0,159 m/bulan. Substitusikan data tersebut kedalam rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Air Limpasan} &= \text{catchment area} \times \text{curah hujan} \times \text{koefisien air limpasan} \\
 &= 34.965 \text{ m}^2 \times 0,159 \text{ m/bulan} \times 0,9 \\
 &= 5.003 \text{ m}^3/\text{bulan} \quad = 166,8 \text{ m}^3/\text{hari} \quad =
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume air selama 60 jam atau } 2\frac{1}{2} \text{ hari} \quad = 166,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2\frac{1}{2} \text{ hari} \quad = 416,9 \text{ m}^3$$

Dengan

$Q_r$  = Debit limpasan rencana ( $m^3/jam$ )

$C$  = Koefisien pengaliran = 0,8

$I$  = Intensitas hujan = 0,00020 ( $m/jam$ )

$A$  = *Catchment area* = 34.965 ( $m^2$ )

Maka,

$Q_r = C \times I \times A$

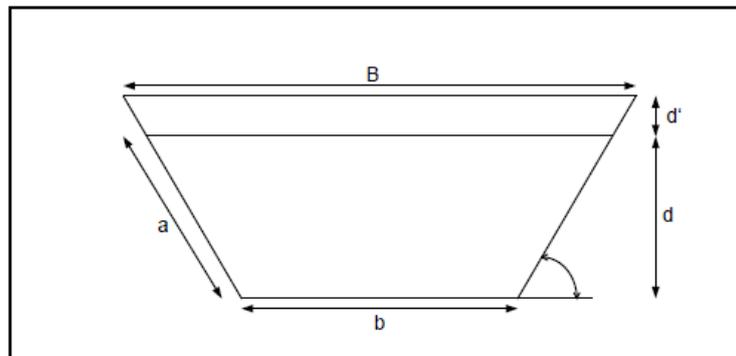
$Q_r = 0,8 \times 0,00020 \text{ m/jam} \times 34.965 \text{ m}^2$

$Q_r = 5,56 \text{ m}^3/jam = 0,0015 \text{ m}^3/detik$

Berdasarkan data dari Laporan Studi Kelayakan oleh PT MAS, pada lokasi penambangan, kolam pengendap memiliki kapasitas  $500 \text{ m}^3$ , dengan jumlah kolam pengendap sebanyak 3 kolam dengan dimensi masing-masing kolam pengendap memiliki panjang 10 m, lebar 10 m, dan kedalaman 5 meter.

#### Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka

Sebelum menghitung dimensi saluran terbuka yang direncanakan, perlu dilakukan penentuan bentuk penampang apa yang akan digunakan. Adapun bentuk penampang saluran terbuka yang akan direncanakan menggunakan bentuk trapesium, dikarenakan bentuk trapesium mudah untuk dibuat dan mampu mengalirkan debit air tambang dengan jumlah yang besar. Berikut adalah contoh saluran terbuka dengan penampang berbentuk trapesium.



**Gambar 4. Saluran Terbuka dengan Penampang Berbentuk Trapesium**

Bentuk saluran penampang yang dipergunakan adalah penampang trapesium dengan sudut kemiringan sisi  $a = 60^\circ$ . Diketahui nilai  $a = 1/\tan a$ , sehingga dapat diketahui nilai  $x$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned} a &= 1/\tan 60^\circ \\ &= 0,577 \end{aligned}$$

Setelah nilai  $x$  diketahui, substitusikan nilai  $x$  kedalam persamaan berikut untuk menghitung lebar dasar saluran ( $b$ ).

$$b + 2ad = 2y\sqrt{1 + a^2}$$

$$b + (2 \times 0,577 \times d) = 2y\sqrt{1 + 0,577^2}$$

$$b + 1,15d = 2,31d$$

$$b = 1,16d$$

Substitusikan nilai  $a$  kedalam persamaan berikut untuk menghitung lebar muka air ( $B$ )

$$B = 2d\sqrt{1 + a^2}$$

$$B = 2d\sqrt{1 + 0,577^2}$$

$$B = 2,31d$$

Substitusikan nilai  $b$  kedalam persamaan berikut untuk menghitung luas tampang basah (A).

$$A = d(b + ad)$$

$$A = d(1,16d + 0,577d)$$

$$A = 1,737d^2$$

Substitusikan nilai  $b$  kedalam persamaan berikut untuk menghitung keliling tampang basah (P).

$$P = b + 2d\sqrt{1 + a^2}$$

$$P = 1,16d + 2d\sqrt{1 + 0,577^2}$$

$$P = 1,16d + 2,31d$$

$$P = 3,47d$$

Substitusikan nilai  $A$  dan  $P$  kedalam persamaan berikut untuk menghitung jari-jari hidrolis ( $R$ ).

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{1,737d^2}{3,47d} = R = 0,5d$$

Saluran terbuka digunakan untuk mengalirkan debit limpasan menuju ke kolam pengendapan lumpur. Perhitungan dimensi saluran dapat dilakukan dengan menggunakan rumus manning sebagai berikut.

$$Q = A \times V \text{ atau } Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \times A \text{ dengan } Q = 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$S = \frac{\text{Beda Elevasi}}{\text{Panjang Saluran}}$$

$$S = \frac{204 \text{ m} - 166 \text{ m}}{440 \text{ m}}$$

$$S = 0,083$$

Saluran yang direncanakan dalam penelitian ini adalah saluran buatan dengan tipe dinding saluran dari tanah, sehingga diketahui nilai koefisien Manning (n) untuk dinding saluran tanah  $n = 0,03$ . Sehingga,

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,03} \times 0,5d^{\frac{2}{3}} \times 0,083^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 4,8 d^{\frac{2}{3}}$$

Setelah nilai V diketahui, substitusikan nilai V dan Q kedalam persamaan berikut untuk mengetahui nilai kedalaman aliran (d)

$$Q = A \times V$$

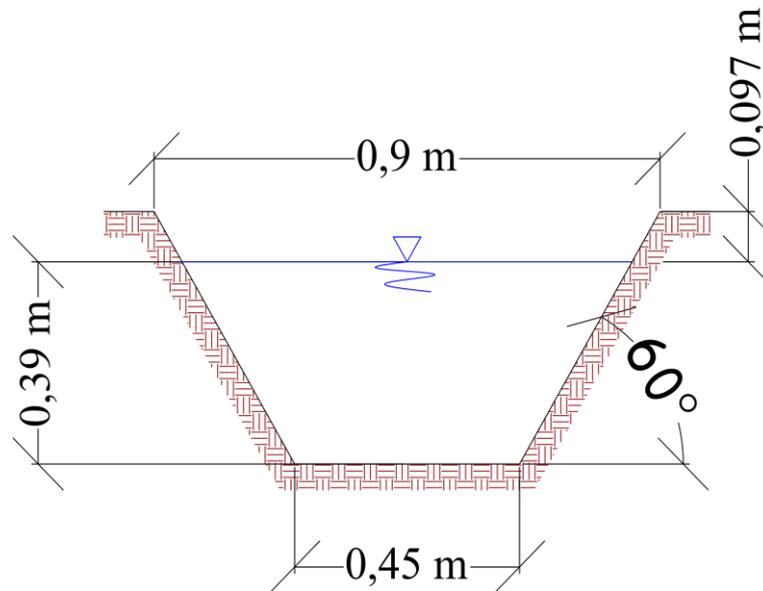
$$0,0015 \text{ m}^3/\text{detik} = 1,737d \times 4,8 d^{\frac{2}{3}}$$

$$d = 0,39$$

Setelah nilai d diketahui, maka dapat diketahui dimensi saluran yang direncanakan dengan mensubstitusikan nilai d.

Lebar dasar saluran (b)	= 1,16d
	= 1,16 (0,39)
	= 0,45 m
Kedalaman aliran (d)	= 0,39 m
Tinggi jagaan (d')	= 25% x d
	= 0,097 m
Luas tampang basah (A)	= 1,737d <sup>2</sup>
	= 1,737 (0,39) <sup>2</sup>
	= 0,26 m
Keliling basah (P)	= 3,47 d
	= 3,47 (0,39)
	= 1,35 m
Jari-jari hidrolis (R)	= 0,5d
	= 0,5 (0,39)
	= 0,195 m

$$\begin{aligned} \text{Lebar muka air (B)} &= 2,31d \\ &= 2,31 (0,39) \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$



**Gambar 5. Dimensi Saluran Terbuka yang Direncanakan**

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan, dimensi saluran terbuka yang direncanakan memiliki lebar dasar saluran sebesar 0,45 m, kedalaman aliran sebesar 0,39 m, tinggi jagaan sebesar 0,097 m, lebar muka air 0,9 m, dan sudut kemiringan  $60^\circ$ . Adapun untuk kolam pengendap direncanakan minimal 1,25 kali dari volume air limpasan. Berdasarkan data dari Laporan Studi Kelayakan oleh PT MAS, pada lokasi penambahan, kolam pengendap memiliki kapasitas  $500 \text{ m}^3$ , dengan jumlah kolam pengendap sebanyak 3 kolam dengan dimensi masing-masing kolam pengendap memiliki panjang 10 m, lebar 10 m, dan kedalaman 5 meter. Air yang dialirkan menuju anak sungai ditreatment terlebih dahulu di kolam pengendap lumpur dengan harapan tidak membahayakan lingkungan ketika dibuang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak khususnya kepada PT. Kenra Ciptaloka Konsultan yang telah mengizinkan dan membantu penulis, baik dalam mencari data maupun dalam menyelesaikan artikel ilmiah ini, serta Bapak Tuhu yang telah membimbing penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ini dengan baik dan lancar.

## DAFTAR REFERENSI

- Ariani, A. P., & Naim, N. (n.d.). *Dampak Penambangan Batu Putih Terhadap Sosio Ekologi : Studi Kasus Di Desa Jati Kecamatan Karang Kabupaten Trenggalek*. 4(1), 31–42.
- BPS Kabupaten Trenggalek. (2009-2023). Kecamatan Gandusari Dalam Angka Tahun (2009-2023). <https://trenggalekkab.bps.go.id/>
- Pirmani, S. H., Zahar, W., & Prabawa, D. (2021). 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. *Jurnal Teknik Kebumihan*, 06(02), 61–70.
- Rahwanto, M. W. S. (2021). *Analisis Kestabilan Lereng (Slope) Pada Pit D Tambang Batubara Pt. Lembu Swana Perkasa, Kec. Samboja, Kab. Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur*.
- Rianto, D. J., Ilahi, R. A., & Marwadi, A. (2023). *Perencanaan mine drainage pada lahan bekas tambang batubara : studi kasus PT Tambulun Pangian Indah Mine drainage planning on ex-coal mining land* : 8(3), 141–146.
- Roni Afrizal, Partama Misdiyanto, M. A. M. (2022). Kajian Teknis Sistem Miner Drainage pada Tambang Terbuka Batubara di PT. SIMS Jaya Kaltim. *Mining Insight*, 03(01), 33–42.
- Sandrio, F., & Har, R. (2023). Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Batubara Dalam Perancangan Main Sump Block B PT Harmoni Panca Utama Jobsite PT Tambang Damai, Kalimantan .... *Bina Tambang*, 8(1), 1–11. <https://ejournal.unp.ac.id/index.php/mining/article/view/121965%0Ahttps://ejournal.unp.ac.id/index.php/mining/article/download/121965/107447>