

Terbit online pada laman: <https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JST>

Jurnal Surya Teknika

| ISSN (Print) 2354-6751 | ISSN (Online) 2723-7222 |



Research Article

Perancangan Sistem Penanganan Fluida (Fluid Handling System) dan Analisis Kinerja Pompa pada Operasi Dewatering

Devit Rahmawati*, Desmawita Desmawita, Hardiansyah Hardiansyah, Marisa Oktavia

Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Muara Bungo Kabupaten Bungo-Jambi, 37212, Indonesia.

INFORMASI ARTIKEL

Diserahkan : 20 Mei 2026
 Diterima : 21 Juni 2026
 Diterbitkan : 30 Juni 2026

KATA KUNCI

Channel dimension, Pump capability,
 Total water, Mine dewatering

KORESPONDENSI

*E-mail: deviteriafiqrara@gmail.com

A B S T R A K

Operasi penambangan umumnya dilakukan dengan sistim tambang terbuka. Sistim tambang terbuka akan membentuk cekungan yang luas, sehingga menjadi tempat terkumpulnya air pada lantai pit penambangan. Sistem penyaliran tambang terbuka yang digunakan adalah mine dewatering, yaitu mengeluarkan air yang masuk ke dalam tambang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengkaji sistim penyaliran tambang terbuka yang sekarang digunakan sesuai dengan rencana kemajuan tambang. Dari data pengolahan curah hujan 5 tahun terakhir hujan rata-rata (2019-2023) sebesar 37,444 mm/tahun dan intensitas curah hujan yaitu sebesar 12,560 mm/jam, serta hasil dari perhitungan jumlah air total yang masuk ke sump sebesar 7.464,96 m³/hari dan rekomendasi dimensi saluran yaitu lebar alas saluran (B) 0,9655 m, luas penampang bawah saluran (A) 0,5795 m², lebar permukaan saluran (B) 1,782 m, kedalaman saluran (h) 0,5556 m dan kemiringan dinding saluran (z) 82°. Dan kemampuan pompa sebesar 0,06007 m³/s dengan volume 1.895,76 m³ dapat dihabiskan dalam waktu ± 8,766 jam.

A B S T R A C T

Mining operations are mayoritas carried out using an open pit system. The open pit system will form a large depression, so that it becomes a place for water to collect on the mining pit floor. The open pit drainage system used is mine dewatering, which is to remove water that enters the mine. The method used in this study examines the open pit drainage system currently used in the mining pit according to the mine progress plan. From the rainfall processing data for the last 5 years, the average rainfall (2019-2023) is 37.444 mm/year and the rainfall intensity is 12.560 mm/hour, and the results of the calculation of the total amount of water entering the sump are 7,464.96 m³/day and the recommended channel dimensions of Mining, namely the width of the channel base (B) 0.9655 m, the wet cross-sectional area of the channel (A) 0.5795 m², the width of the channel surface (B) 1.782 m, the depth of the channel (h) 0.5556 m and the slope of the channel wall (z) 82°. And the pump capacity of 0.06007 m³/s with a volume of 1,895.76 m³ can be used up in ± 8.766 hours

1. PENDAHULUAN

Aktivitas penambangan batubara di Provinsi Riau umumnya menggunakan metode tambang terbuka (open pit mining). Salah satu karakteristik utama metode tambang terbuka adalah tingginya pengaruh faktor iklim terhadap kegiatan operasional penambangan. Unsur-unsur iklim seperti curah hujan, temperatur, kelembapan udara, dan tekanan udara dapat mempengaruhi kondisi area kerja tambang.

Curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan masuknya air limpasan permukaan (runoff) dan air tanah ke dalam pit sehingga menimbulkan genangan pada area kerja penambangan. Apabila kondisi tersebut tidak ditangani dengan baik, maka dapat menghambat kegiatan produksi, menurunkan produktivitas alat, serta meningkatkan risiko keselamatan kerja.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan sistem penyaliran tambang yang efektif. Sistem

penyaliran tambang merupakan serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengendalikan air yang masuk ke area penambangan, baik dengan cara mencegah, mengalirkan, maupun mengeluarkan air dari lokasi kerja. Pengelolaan air yang baik tidak hanya menjaga kelancaran operasi penambangan, tetapi juga berperan dalam mempertahankan kondisi jalan tambang, mengurangi kerusakan peralatan, serta meningkatkan keselamatan dan efisiensi kerja. Dengan demikian, alat-alat mekanis yang digunakan dapat beroperasi secara optimal dan memiliki umur pakai yang lebih panjang [11].

Secara umum, sistem penanganan air pada tambang terbuka dibedakan menjadi dua metode, yaitu mine drainage dan mine dewatering. Mine drainage merupakan upaya pencegahan agar air tidak masuk ke area penambangan, misalnya melalui pembuatan saluran pengalihan (diversion channel). Sementara itu, mine dewatering adalah metode yang digunakan untuk mengeluarkan air yang telah masuk dan terkumpul di dalam area penambangan, baik yang berasal dari air hujan maupun air tanah [9].

Penanganan air pada tambang terbuka umumnya dibagi menjadi dua pendekatan, yaitu mine drainage dan mine dewatering. Mine drainage berfokus pada upaya pencegahan agar air tidak masuk atau mengalir ke area kerja tambang (front). curah hujan dengan periode ulang tertentu, yaitu hujan yang diperkirakan terjadi sekali dalam rentang waktu tertentu. [4]

Perusahaan tambang batubara yang menerapkan metode tambang terbuka, umumnya terjadi masuknya air limpasan dan air tanah ke area penambangan berpotensi mengganggu kegiatan operasional apabila tidak didukung oleh sistem penyaliran dan pemompaan yang memadai. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap sistem penanganan fluida (fluid handling system) yang meliputi analisis debit air masuk, perancangan dimensi saluran, serta analisis kemampuan pompa dalam mengeluarkan air dari area tambang.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung total volume air yang masuk ke dalam pit, menentukan dimensi saluran yang sesuai untuk mengalirkan air menuju sump, serta menganalisis kapasitas dan kinerja pompa yang digunakan dalam operasi mine dewatering. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam optimalisasi sistem penyaliran tambang sehingga kegiatan penambangan dapat berlangsung secara lebih aman, efektif, dan berkelanjutan.

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada area tambang batubara dengan metode penambangan terbuka yang menerapkan sistem *mine dewatering* sebagai metode pengelolaan air tambang dengan mengambil data primer dan data sekunder.

1. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian melalui kegiatan observasi dan pengukuran, Perolehan data ini dilakukan tanpa menggunakan sumber atau pihak lain sebagai perantara sehingga informasi yang diperoleh mencerminkan kondisi aktual di lapangan. Data yang di ambil adalah data

a. Dokumentasi

Berupa photo, pompa, saluran terbuka, photo pipa elevasi air.

b. Data elevasi air

Data elevasi air merupakan Pengukuran elevasi air dilakukan secara langsung di lapangan menggunakan pipa ukur muka air (water level pipe) sehingga diperoleh data yang menggambarkan kondisi aktual pada lokasi penelitian.

c. Jalung belokan pipa

Jalung belokan pipa dapat diketahui dengan melakukan pengamatan langsung ke lapangan untuk menghitung head total pompa.

d. Panjang Kucuran Air

Data panjang kucuran air diperoleh melalui pengukuran langsung terhadap aliran air yang keluar dari pipa menggunakan alat ukur berbentuk huruf L. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan sisi panjang alat pada bagian atas pipa dan sisi pendek pada posisi yang bersentuhan dengan aliran air.

e. Dimensi Sump

Data dimensi sump diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan untuk mengetahui ukuran aktual sump yang meliputi panjang, lebar, dan kedalamannya. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam analisis kapasitas penampungan air di lokasi penelitian.

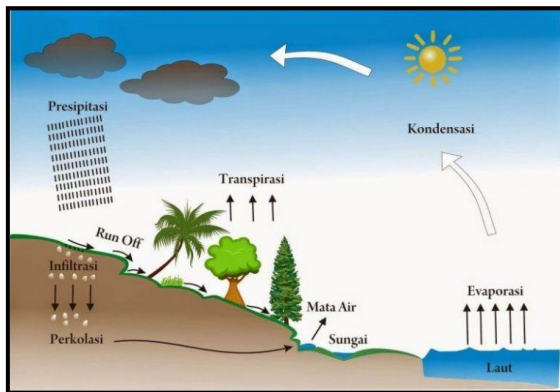
f. Dimensi *sump*

Dimensi sump dapat diketahui dengan melakukan pengamatan langsung ke lapangan untuk menghitung dimensi *sump*.

2. Data sekunder yang meliputi :

- Data curah hujan, data daerah tangkapan hujan (*catchment area*), dan data profil perusahaan. Data curah hujan digunakan untuk menentukan curah hujan rencana, intensitas hujan, periode ulang hujan, serta debit limpasan.
- Data *catchment area* diperoleh dari peta topografi untuk mengidentifikasi luas daerah yang berkontribusi terhadap aliran air menuju area penelitian.
- Data profil perusahaan digunakan untuk memperoleh informasi mengenai lokasi penambangan dan kondisi operasional perusahaan yang mendukung proses analisis penelitian.

Setelah data primer dan data sekunder dikelompokkan sesuai dengan tujuan penelitian dan rumusan masalah yang telah ditetapkan maka tahap selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan dan validasi data guna memastikan keakuratan informasi yang digunakan, sehingga proses pengolahan dan analisis data dapat dilakukan secara efektif.. Selanjutnya perlu kita ketahui siklus hidrologi.



Gambar 1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi secara garis besar dimulai dari permukaan air laut menguap yang disebut proses evaporasi. Siklus hidrologi tersebut berjalan secara *continue*. Siklus hidrologi merupakan proses sirkulasi air yang terjadi secara terus-menerus di alam. Proses ini diawali dengan evaporasi air dari permukaan bumi, diikuti oleh kondensasi yang membentuk awan, dan berakhir dengan presipitasi berupa hujan, salju, atau hujan es yang kembali ke permukaan bumi. Menurut [5] siklus hidrologi berperan dalam menjaga keseimbangan jumlah air di bumi melalui proses

peredaran air yang berlangsung secara berkelanjutan [2].

Curah hujan rencana adalah nilai curah hujan yang diperkirakan terjadi pada periode ulang tertentu dan digunakan sebagai dasar dalam perancangan bangunan air maupun sistem penyaliran tambang. Penentuan curah hujan rencana dilakukan melalui analisis statistik terhadap data hujan historis. Salah satu metode yang sering digunakan dalam analisis tersebut adalah *Distribusi Gumbel*, yang digunakan untuk memperkirakan besarnya curah hujan maksimum pada periode ulang tertentu [3] :

1. Tentukan rata-rata curah hujan maksimum ($\bar{X}$) dengan rumus :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

$\bar{X}$ = Curah hujan maksimum rata-rata
(mm/hari)

X_i = Jumlah curah hujan harian maksimum
n (mm)

N = Jumlah data

2. Tentukan standar deviasi dengan rumus

$$S = \frac{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2}}{n-1} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

S = Standar deviasi

X_i = Curah hujan harian maksimum
(mm/hari)

$\bar{X}$ = Curah hujan harian maksimum rata-rata (mm/hari)

n = Jumlah data

3. Reduced variate (Y_t) dengan rumus

$$Y_t = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{T-1}{T} \right\} \right] \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

Y_t = reduced variate (variasi reduksi)

T = Priode ulang hujan

4. Tentukan reduced mean (Y_m) dengan rumus

$$Y_m = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(n+1)-m}{n+1} \right\} \right] \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

Y_m = Reduced mean (variasi reduksi)

n = Jumlah data

m = Nomor urut

5. Tentukan *reduced standar deviasi* (S_n) dengan rumus

$$S_n = \frac{\sqrt{\sum(Y_m - \bar{y}_m)^2}}{n - 1} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

S_n = *Reduced Standar Deviasi* (standar deviasi)

Y_m = *Reduced mean* (variasi reduksi)

$\bar{Y}_m$ = *Reduced mean* (variasi reduksi) rata-rata

n = *Jumlah data*

6. Tentukan *curah hujan rencana* (X_t) dengan rumus:

$$X_t = \bar{X} + \left\{ \frac{y_t - \bar{t}_m}{s_n} \right\} S \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

X_t = *Curah hujan untuk periode ulang T* tahun (mm)

$\bar{X}$ = *Curah hujan maksimum rata-rata* (mm/hari)

X_i = *Curah hujan harian maksimum*

S = *Standard deviation*

Y_t = *reduced variate*

$\bar{Y}_m$ = *Reduced Mean*

S_n = *Reduced Standar deviasi*

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang terjadi dalam satuan waktu tertentu dan dinyatakan dalam mm/jam. Perhitungan intensitas hujan pada penelitian ini menggunakan rumus Mononobe karena data yang tersedia hanya berupa data curah hujan harian, sehingga diperlukan metode untuk mengestimasi intensitas hujan pada durasi yang lebih pendek.[3]

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

I = *Intensitas curah hujan* (mm/jam)

t = *Lama waktu hujan atau waktu konstan* (jam)

R_{24} = *Curah Hujan Harian maksimum* (mm)

Debit air pada sump didefinisikan sebagai volume air yang masuk ke dalam *sump* dalam kurun waktu tertentu, yang biasanya dinyatakan dalam satuan liter per detik (L/s) atau meter kubik per jam (m³/jam). Air

yang terakumulasi di dalam *sump* berasal dari dua sumber utama, yaitu air limpasan dan air tanah.

Untuk memperkirakan debit air limpasan maksimal digunakan rumus rasional menggunakan rumus :

$$Q = 0,278. x C x I x A \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

Q = debit air limpasan maksimum (m³/s)

C = koefisien limpasan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan(km²)

Air yang berada pada zona jenuh di bawah permukaan tanah disebut dengan air tanah sedangkan air bawah permukaan mencakup air yang terdapat pada zona jenuh maupun zona tidak jenuh. Kapasitas penyimpanan air di bawah permukaan sangat dipengaruhi oleh karakteristik dan keseragaman lapisan tanah atau batuan yang menyusunnya, karena faktor tersebut menentukan kemampuan media dalam menyimpan dan mengalirkan air. [9] Untuk menampung dan mengalirkan air limpasan permukaan menuju *sump* atau lokasi pembuangan yang telah ditetapkan maka digunakan saluran penyaliran tambang. Dengan demikian perlu di analisis debit air tanah menggunakan rumus sebagaimana berikut : [11]

$$Q = h \frac{\left[\frac{L_1 + L_2}{2} \right]}{(\Delta t)} \dots\dots\dots (9)$$

Q = *Debit air tanah* (m³/jam)

Δt = *Waktu pengamatan perubahan air sump* (jam)

h = *Kenaikan permukaan* (m)

L_1 = *Luas permukaan air di awal* (m²)

Saluran air di tambang berfungsi untuk menampung limpasan permukaan pada suatu daerah dan mengalirkan ke tempat pengumpulan (*sump*) atau tempat lainnya. Dalam bentuk dimensi saluran air, perlu dilakukan analisis melalui 3 cara sesuai bentuk penampang saluran sebagaimana berikut yaitu [3] :

Bentuk segi empat(10)

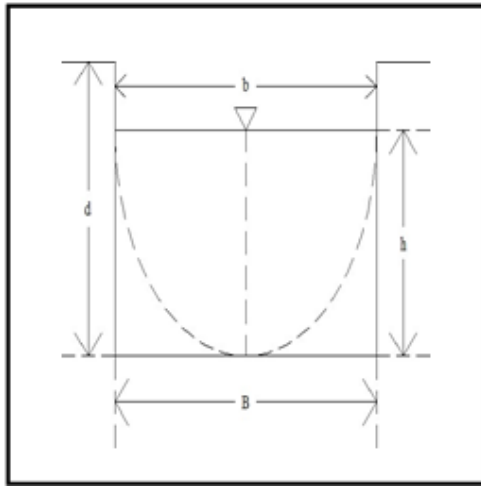
Lebar alas (B) = 2h

Tinggi muka air = h

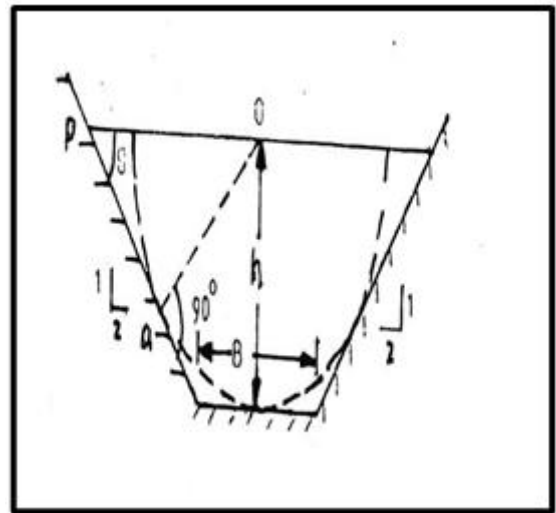
Luas (A) = 2h²

Keliling besar (P) = 4h

Jari-jari hidrolik (R) = $\frac{1}{2}$



Gambar 2. Penampang saluran terbuka bentuk segi empat



Gambar 4. penampang saluran air berbentuk Trapezium

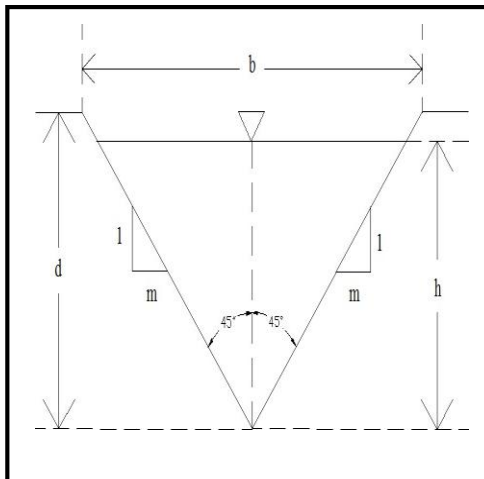
2. Bentuk Segitiga(11)

Sudut Tengah = 90° ($M=1$)

Luas penampang basah (A) = h^2

Keliling besar (P) = $2h$

Jari-jari hidrologi (R) = $\frac{1}{2}$



Gambar 3. Penampang saluran air bentuk Segitiga

3. Bentuk trapezium (12)

Lebar alas (B) = $2[\sqrt{z^2 + 1} - z]$

Lebar permukaan (B') = $B + 2z$

Θ = 60° ----- $z = 1/\sqrt{3}$

Luas (A) = $[B + zh]h$

Keliling basah (P) = $B + 2h\sqrt{(1 + z^2)}$

Jari-Jari hidrolis (R) = $h/2$

Untuk kapasitas penyaliran saluran air dihitung dengan menggunakan rumus manning :

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A \quad \text{..... (13)}$$

Atau

$$Q = \frac{A^{5/3} \times S^{1/2}}{n \times P^{2/3}} \quad \text{..... (14)}$$

Dimana:

Q = debit saluran (m^3/s)

R = jari-jari hidrolis = A/P

S = gradien

A = luas penampang basah (m^2)

P = keliling basah (m)

n = koefisien kekerasan manning

Untuk nilai n dapat dilihat pada table 1[3].

Tabel 1. Nilai n

Tipe Dinding Saluran	n
Semen	0,010-0,014
Beton	0,011-0,016
Bata	0,012-0,020
Besi	0,013-0,017
Tanah	0,020-0,030
Graval	0,022-0,035
Tanah yang ditanami	0,025-0,040

Kemiringan dasar saluran ditentukan dengan pertimbangan bahwa suatu aliran dapat mengalir dengan kemiringan $(S)=0,25-1$. [5]

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalir air seperti direncanakan dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilakukan oleh pompa [1]

$$H = h_s + \Delta h_p + h_f \left(\frac{v^2}{2g} \right) \dots\dots\dots (15)$$

Dimana :

H = Head pompa (m)

h_s = Head statistik pompa (m)

Δh_p = perbedaan head tekanan yang berkerja pada kedua permukaan air (m)

h_f = berbagai kerugian head di pipa, ketub, belokan, sambungan dan lain (m)

g = percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

v^2 = kecepatan air yang melalui pompa (m/s)

Menghitung berbagai julang (*head*) pada pemompaan dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Static Head (h_s)

Static head adalah perbedaan tinggi antara tempat penampang dan tempat pembuangan sehingga menyebabkan kehilangan energi

$$H_s = h_2 - h_1 \dots\dots\dots (16)$$

Dimana :

h_1 = elevasi sisi isap (m)

h_2 = elevasi sisi keluar (m)

2. Head Tekanan (H_p)

$$H_p = h_{p1} - h_{p2} \dots\dots\dots (17)$$

Dimana:

H_p = Head Tekanan

H_{p1} = Head Tekanan pada sisi isap

H_{p2} = Head Tekanan pada sisi keluar

3. Velocity head (H_v)

Velocity head merupakan komponen energi yang dimiliki fluida akibat kecepatan alirannya saat melewati sistem pemompaan.

$$H_v = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (18)$$

Dimana :

H_v = Velocity head (m)

g = gaya gravitasi bumi (m/s^2)

4. Friction head (H_f)

yaitu kehilangan akibat gesekan air yang melalui pipa dan dinding pipa, menggunakan persamaan :

$$H_f = \left(\frac{f \times L \times v^2}{D \times 2 \times g} \right) \dots\dots\dots (19)$$

Dimana:

C = faktor kekasaran pipa

D = diameter dalam pipa (m)

v = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

L = Panjang pipa (m)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Friction head dihitung berdasarkan persamaan "Hezan-williams" sebagai berikut :

$$H_F = \left(\frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \right) \times L \dots\dots\dots (20)$$

Dimana:

Q = laju aliran (m^3/s)

C = koefisien kekasaran pipa

L = Panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

Data pipa menggunakan data pada tabel 2 [1] :

Tabel .2 Kondisi Pipa dan Nilai C

Jenis dan kondisi pipa	C
Pipa Besi Cor Baru	130
Pipa Besi Cor Tua	100
Pipa Baja Baru	120-130
Pipa Baja Tua	80-100
Pipa Dengan Lapisan Semen	130-140
Pipa Dengan Lapisan Tera Rang Batu	140

Atau menggunakan Nilai C seperti table 3

Tabel 3. nilai C untuk konstanta Hezan william inter diameter pipa min dan max

No	Material pipa	Inter diameter (mm)	Nilai C
1	Stainless stell	26.6 303.3	130 142
2	Galvanized pipa	27.3 155.3	116 129
3	Steel pipa sch 40	26.6 303.3	130 142
4	Copper	23.0 223.3	141 146
5	Ductile cast iron uncoated K12	81.5 326.2	118 126
6	Polyethylene class 6	21.7 278.0	140 140
7	PVC class 15	29.0 138.7	142 151

5. Kerugian *head* pada jalur pipa

Dalam aliran melalui pipa kerugian akan terjadi apabila ukuran pipa, bentuk penampang, atau arah aliran berubah, kerugian *head* di tempat transisi yang demikian ini dapat dinyatakan secara umum dengan rumus.

$$H_f = f \left(\frac{v^2}{2 g} \right) \dots \dots \dots (21)$$

Dimana :

H_f = kerugian *head* (m)

v = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = kecepatan gravitasi bumi (m/s²)

f = koefisien kerugian

Untuk belokan pada pipa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f = [0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5}] \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \dots \dots \dots (22)$$

Untuk mencari jari-jari lengkung sumbu belokan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{D}{\tan \frac{1}{2} \theta} \dots \dots \dots (23)$$

Dimana :

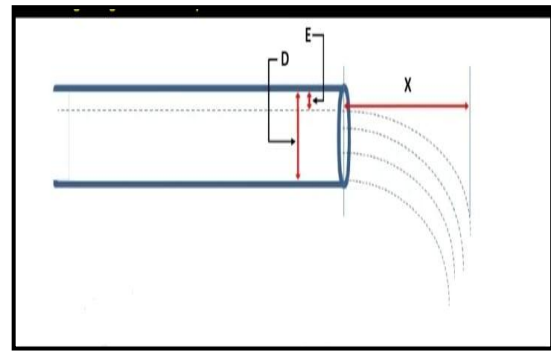
f = koefisien kerugian

D = diameter pipa (cm)

R = Jari-jari lengkung sumbu belokan (m)

θ = sudut belokan (°)

Estimasi debit pompa pada penelitian ini menggunakan metode Cassedy. Metode tersebut dilakukan dengan memanfaatkan alat ukur berbentuk huruf "L" yang memiliki sisi pendek sepanjang 4 inci dan sisi panjang untuk mengukur panjang pancaran air (X). Nilai X yang diperoleh dalam satuan milimeter digunakan sebagai dasar dalam perhitungan debit pompa. Untuk pengukuran Panjang tembakan outlet dapat dilihat seperti Gambar 5



Gambar 5. Posisi pipa dan alat ukur outlet

Kemudian data-data yang telah di dapat berdasarkan pengukuran debit actual pompa pada outlet dengan metode *cassedy* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = X \times \text{Factor a} \times \text{Factor b} \dots \dots \dots (24)$$

Keterangan:

Q = Quantity (L/s)

E = Ukuran ruang kosong yang tidak terisi air (cm)

D = Diameter bagian dalam HDPE (cm)

X = Panjang kucuran air (cm)

a = Outlet pipa tidak terisi air penuh

b = Diameter pipa (inchi)

Perhitungan debit pompa diperoleh berdasarkan hasil pengukuran jarak pancaran air pada outlet pompa serta diameter pipa HDPE yang digunakan dalam sistem pemompaan., outlet penuh atau tidak, jika tidak penuh (factor a) maka dihitung berapa ruang kosong pada pipa outlet tersebut.

Tabel 4. Faktor a dan b berdasarkan diameter HDPE

E / D	Factor (a)
0,1	0,95
0,2	0,85
0,25	0,81
0,3	0,75
0,35	0,69
0,4	0,63
0,45	0,56
0,5	0,5
0,6	0,38
0,65	0,31
0,7	0,26
0,8	0,14
0,9	0,06
1	0

D (Inci)	Factor (b)
6	0,75
8	1,28
10	2,02
12	2,89

Daya air adalah energi yang secara efektif diterima dari pompa persatuan waktu, yang dapat di tulis sebagai berikut : [7].

$$P_w = 0,163 \gamma QH \dots\dots\dots (25)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik curah hujan menjadi parameter penting dalam evaluasi sistem penyaliran tambang, karena secara langsung mempengaruhi besarnya debit air yang masuk ke area penambangan. Curah hujan rencana menggunakan data curah hujan harian maksimum yang mewakili wilayah izin usaha Pertambangan (IUP) selama periode pengamatan tahun 2019–2023. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam analisis hidrologi untuk memperkirakan besarnya curah hujan yang terjadi selama kegiatan penambangan. [6]

Data tersebut selanjutnya dianalisis untuk mendukung perhitungan hidrologi dan perancangan sistem penyaliran tambang. Data curah hujan ditahun 2019 sebesar 41 mm di bulan mei, dan di tahun 2020 data curah hujan tertinggi 48 mm di bulan april, di 2021 terbesar di bulan november sebesar 48 mm, di tahun 2022 terbesar 25 mm di bulan april dan 2023 sebesar 25,22 di bulan oktober, dibuat berupa tabel agar lebih mudah dikelompokkan dan diolah sehingga didapat data curah hujan maksimum rata-rata 37,444 mm sebagaimana berikut :

Nilai curah hujan maksimum rata-rata ($\bar{X}$), menggunakan rumus persamaan (1):

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{\sum Xi}{n} = \frac{(41 + 48 + 48 + 25 + 25,22)}{5} \\ &= \frac{187,22}{5} = 37,444 \text{ mm} \end{aligned}$$

Intensitas curah hujan rencana menggunakan persamaan (7) :

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} = \frac{36,231}{24} \left(\frac{24}{1} \right)^{2/3} \\ &= 12,560 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan debit limpasan menggunakan metode rasional dengan nilai koefisien (C) yang di gunakan adalah 0,9 dengan pertimbangan permukaan daerah penelitian adalah lahan terbuka daerah tambang dengan luas *cathment area* 2,42 Ha (0,0242 km²) yang menghasilkan nilai debit sebesar 0,073 m³/s.

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,9 \times 12,560 \text{ mm/jam} \times 0,0242 \text{ km}^2 \\ &= 0,073 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Volume air limpasan (V) dalam 1 (satu) hari :

Data curah hujan harian yang diperoleh sebesar 97,34 mm, maka jumlah hujan diambil rata-rata 3,24 jam di Lampiran P, hujan dalam satu hari, maka volume air limpasan (v) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 0,073 \text{ m}^3/\text{s} \times 3,24 \text{ jam/hari} \times 3600 \text{ s} \\ &= 851,472 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai tersebut, volume air limpasan yang masuk ke area penelitian dalam satu hari diperkirakan sebesar 851,472 m³/hari, sehingga nilai ini dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi kapasitas sistem penyaliran tambang.

Pengukuran jumlah air tanah dilakukan pada *sump* berukuran 24,200 m³, dengan kedalaman 11 m, adapun cara pengambilan datanya yaitu dengan mengurangi jam kerja pompa selama 24 jam, kemudian didapatkan jam istirahat pompa selama 4 jam, kemudian dibagi dengan ketinggian elevasi air, maka didapatlah ketinggian air sebesar selama 1 jam.

Total debit air yang masuk ke tambang adalah debit air limpasan sebesar 0,073 m³/s ditambah dengan debit air tanah sebesar 0,0134 m³/s. Sehingga didapatkan total debit air yang masuk ke *pit* penambangan 0,0864 m³/detik dan volume air total yang masuk ke tambang dalam 1 (satu) hari adalah 7.464,96 m³/hari.

Perhitungan debit penyaliran saluran air ditentukan dengan menggunakan rumus *mannig*, sesuai persamaan (13) :

Debit air yang harus dikeluarkan = 0,073 m³/s

Koefisien kekerasan dinding = 0,030 (berdasar table 3.4) :

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

$$0,073 = \frac{1}{0,030} \times 0,5^{2/3} \times 0,0025^{1/2} \times 0,421h^2$$

$$0,073 \times 0,030 = 0,5^{2/3} \times 0,05 \times 0,421h^2$$

$$0,00219 = 0,0105^{2/3}$$

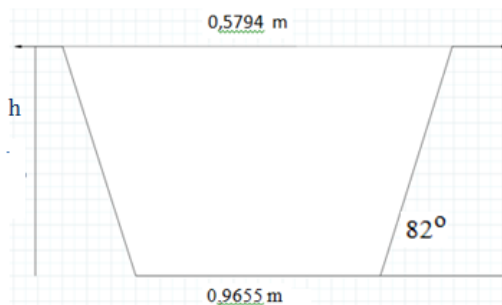
$$h^{2/3} = \frac{0,00219}{0,0105}$$

$$h^{2/3} = \sqrt[3]{0,2086}$$

$$h = \sqrt[3]{0,2086}$$

$$h = 0,5556 \text{ m}$$

Sehingga dimensi saluran rencana, yaitu :
 Lebar alas (B) = $1,7378 \text{ m}$ $h = 1,7378 \times 0,5556 \text{ m}$
 $= 0,9655 \text{ m}$
 Luas (A) = $1,877 \text{ m}^2$ $= 1,877 \times (0,5556 \text{ m})^2$
 $= 0,5794 \text{ m}^2$
 Luas permukaan (B') =
 $B + 2z = 0,9655 \text{ m} + (2 \times 0,141) = 1,2475 \text{ m}$
 Kedalaman saluran (h) = $0,5556 \text{ m}$
 Kemiringan dinding saluran (z) = 82°



Dalam sistem *drainase* tambang bentuk penampang trapesium adalah paling umum digunakan karena memberikan kestabilan yang lebih baik pada dinding saluran dan sesuai digunakan untuk aliran air dengan debit tinggi.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka dipilihlah dimensi saluran berbentuk *trapesium* yang dirancang sesuai dengan debit pompa serta mempertimbangkan waktu pengoperasian pompa.

Perhitungan lengkap mengenai dimensi saluran dengan menggunakan Tabel 5.

Tabel 5. Rencana Dimensi Saluran Rencana

Keterangan	Hasil
Lebar alas saluran (B)	0,9655 m
Luas penampang bawah saluran (A)	0,5795 m ²
Lebar permukaan saluran (B)	1,782 m
Kedalaman saluran (h)	0,556 m
Kemiringan dinding saluran (z)	82°

Dimensi di atas menunjukkan bahwa saluran memiliki profil trapesium dengan lebar alas sebesar 0,9655 meter, kedalaman 0,556 meter, dan kemiringan dinding 82° terhadap horizontal. Lebar permukaan saluran mencapai 1,782 meter, dan menghasilkan luas penampang bawah sebesar 0,5795 m², yang menjadi acuan dalam perhitungan kapasitas aliran

Debit air rata-rata bernilai 123.500 dimasukkan dalam perhitungan Debit pompa menggunakan persamaan (24) :

$$\text{Debit} = X \times a \times b \text{ (L/s)}$$

$$\text{Debit pompa} = 123,500 \times 0,38 \times 1,28$$

$$= 60,070 \text{ L/s} = 0,06007 \text{ m}^3/\text{s}$$

Static Head (Hs)

$$H_s = h_2 - h_1 = 57 \text{ mdpl} - 46 \text{ mdpl} = 11 \text{ m}$$

Kecepatan air yang melalui pompa yaitu :

$$v = Q/A$$

$$A = \frac{1}{2} \times \pi \times D^2$$

$$= 0,5 \times 3,14 \times 0,2032^2 = 0,065 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka } v = Q/A = \frac{0,06007 \text{ m}^3/\text{s}}{0,065} = 0,924 \text{ m/s}$$

Jadi, nilai *velocity head* :

$$H_v = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,924^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 0,044 \text{ m}$$

Friction Heak (H_{f1}) dihitung berdasarkan persamaan “*hezenwilliams*” adalah sebagai berikut dengan rumus pada persamaan (20) dan nilai C pada table 3 :

$$H_{f1} = \left(\frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \right) \times L$$

Nilai C adalah koefisien berdasarkan nilai kekerasan pipa yang akan digunakan. Pipa yang digunakan adalah Polyethylene class 6, dan koefisien geser yang digunakan adalah koefisien geser maksimal yaitu $C = 140$.

$$H_{f1} = \left(\frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \right) \times L$$

$$H_{f1} = \left(\frac{10,666 \times 0,06007^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,2032^{4,85}} \right) \times 200$$

$$H_{f1} = \frac{0,0586}{4,1093} = 0,0143 \times 200 = 2,86$$

Perhitungan Head Belokan (H_2) terdapat 1 belokan dengan sudut $\theta = 50^\circ$ maka untuk belokan pada pipa menggunakan persamaan (21) :

$$R = \frac{D}{\tan \frac{1}{2} \theta} = \frac{0,2032}{\tan \frac{1}{2} 50^\circ} = \frac{0,2032}{0,4663} = 0,4358$$

$$\begin{aligned}
 f &= \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \\
 &= \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{0,2032}{2 \times 0,4358} \right)^{3,5} \right] \times \left(\frac{50}{90} \right)^{0,5} \\
 &= [0,131 + 1,847(0,2331)^{3,5}] \times \left(\frac{50}{90} \right)^{0,5} \\
 &= [0,131 + 1,847(0,0062)] \times (0,7454) \\
 f &= 0,1428 \times 0,7454 = 0,1064
 \end{aligned}$$

Maka, nilai *friction head* pada persamaan

$$\begin{aligned}
 H_{f2} &= f \left(\frac{v^2}{2 \times g} \right) N = 0,1064 \left(\frac{(0,924 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}} \right) \times 1 \\
 &= 0,1064 (0,0436) = 0,0046 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g = percepatan gravitasi bumi (m^3/s)

Friction Head Pada Katub Isap (H_{f3})

Ketup isap yang digunakan adalah jenis saringan maka untuk nilai $f = 1,91$ pada tabel 3.7. maka, nilai *friction head* pada katup hisap dengan persamaan (21) :

$$H_{f3} = f \left(\frac{v^2}{2 \times g} \right) = 1,91 \times \left(\frac{(0,924 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \right) = 0,0833 \text{ m}$$

Head Total (H)

Dengan demikian *head total* pompa pada RPM 1500 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 H &= H_s + H_p + H_{f1} + H_{f2} + H_{f3} + H_v \\
 &= (11 \text{ m} + 0 + 2,86 \text{ m} + 0,0046 \text{ m} + 0,0833 \text{ m} \\
 &\quad + 0,043 \text{ m}) = 13,99 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 6. *Head Total* Pompa

Keterangan	RPM 1500
<i>Static head</i>	11 m
<i>Velocity head</i>	0,044 m
<i>Friction head</i>	0,0046 m
<i>Head belokan</i>	0,4358 m
<i>Friction heak pada katup isap</i>	0,0833 m
<i>Head total</i>	13,99 m

Tabel 7. Data Perhitungan *Efisiensi* Pompa

No	keterangan	Debit (Q)
1	RPM 1500	60,070 L/s
2	<i>Spesifikasi alat</i>	82 L/s

Perhitungan *Efisiensi* actual pompa (η_p) pada RPM 1500 yaitu dengan menghitung debit actual pompa dan mengetahui debit spesifikasi pada pompa, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \eta_p &= \frac{Q_{\text{aktual}}}{Q_{\text{alat}}} \times 100\% = \frac{60,070 \text{ L/s}}{82 \text{ L/s}} \times 100\% \\
 &= 0,7338 \times 100\% = 72,38\%
 \end{aligned}$$

Dalam kegiatan pemompaan menggunakan 1 (satu) unit pompa *Quates HL 200* di *pit* dengan *efisiensi* pompa sebesar 72,38% dan *head total* pompa 13,99 m dengan debit air pompa 60,070 L/s, dengan volume air 1.895,76 m³ dapat dihabiskan dalam waktu $\pm 8,766$ jam, Waktu ini diperoleh dari hasil pembagian volume air terhadap debit pompa, yang secara matematis menunjukkan konsistensi antara kapasitas teknis pompa dan kebutuhan lapangan.

Head Total Pompa Berdasarkan data kemajuan penambangan diketahui elevasi sisi isap pompa adalah 46 Mdpl dan ketinggian elevasi sisi buang 57 Mdpl, jumlah belokan 1, dan sudut belokan 50° dengan panjang pipa 200 m dalam perhitungan julang total pompa dengan tipe *Quates HL 200*.

Perhitungan *efisiensi* actual pompa dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kinerja pompa di lapangan dibandingkan dengan *spesifikasi* desain pabrik (ideal). *Efisiensi* actual ini dihitung berdasarkan perbandingan antara debit actual yang dihasilkan pompa dengan debit rencana sesuai *spesifikasi* alat.

Kemampuan Pompa Mengeluarkan Air Pada *Sump* Berdasarkan hasil data perhitungan water balance dengan menggunakan 1 pompa maka diperlukan data untuk menentukan perancangan *sump* didasarkan pada volume air yang tertampung dengan pemompaan 1 unit pompa dan lama pemompaan air dapat dihabiskan dalam satuan waktu jam.

Tabel. 8 Analisis Water Balance

No.	Keterangan	Satuan			
		Jam	Detik (s)	m ³ /s	m ³ /Hari
1	Lama pemompaan	20	72000		
2	Debit air Limpasan			0,073	
3	Debit air tanah			0,0134	
4	Debit pompa maksimal			0,06007	
5	Volume limpasan dalam 1 hari				262,8

Berdasarkan data yang diperlukan dalam perhitungan *water balance* yaitu lama kerja pompa selama 1 (satu) hari yaitu 20 jam dan data debit air

limpasan ,air tanah, debit pompa maksimum dan volume limpasan dalam 1 (satu) hari.

Analisis *water balance* :

$$\begin{aligned} \text{Analisis water balance} \quad Q_i - Q_o &= \frac{dv}{dt} \\ Q_i &= \text{Debit air limpasan} + \text{debit air tanah} \\ &= 0,073 \text{ m}^3/\text{s} + 0,0134 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0864 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_o &= \text{Debit Pompa maksimal} = 0,06007 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Maka } dv &= (Q_i - Q_o) dt \\ \frac{dv}{72.000 \text{ s}} &= 0,0864 \text{ m}^3/\text{s} - 0,06007 \text{ m}^3/\text{s} \\ \frac{dv}{72.000 \text{ s}} &= 0,02633 \text{ m}^3/\text{s} \\ dv &= 0,02633 \text{ m}^3/\text{s} \times 72.000 = 1.895,76 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perencanaan pembuatan *sump* didasarkan pada volume air yang tertampung dengan pemompaan 1 unit pompa

$$t = \frac{v}{Q} = \frac{1.895,76 \text{ m}^3}{0,06007 \text{ m}^3/\text{s}} = \frac{31.559,25}{3600} = 8,766 \text{ jam}$$

Dalam 1 jam volume air yang keluar adalah 0,06007 m³/s dengan volume air 1.895,76 m³ dapat di habiskan dalam waktu $\pm 8,766$ jam.

Keberhasilan penerapan sistem penyaliran pada kegiatan pertambangan ditentukan oleh beberapa faktor utama, antara lain ketepatan analisis hidrologi, perancangan saluran drainase yang sesuai, kapasitas tampung *sump*, serta kinerja pompa yang digunakan dalam proses pengeringan tambang. Dibandingkan dengan sebagian penelitian sebelumnya, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif melalui penggabungan analisis desain sistem penyaliran dengan evaluasi performa pompa aktual di lapangan. Pendekatan tersebut memungkinkan diperolehnya gambaran yang lebih menyeluruh mengenai efektivitas penerapan sistem *mine dewatering* pada setiap perusahaan tambang.

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit air total yang masuk ke *sump* sebesar adalah 7.464,96 m³/hari. Dari hasil perhitungan dimensi saluran dapat disimpulkan ukuran dimensi saluran adalah. Lebar alas saluran (B) 0,9655 m Luas penampang bawah saluran (A) 0,5794 m² Lebar permukaan saluran (B') 1,782 m Kedalaman saluran (h) 0,5556 m Kemiringan dinding saluran (z) 82°. Kemampuan pompa adalah 0,06007 m³/s dan untuk mengeluarkan air yang masuk ke *sump* dengan volume *sump* sebesar 1.895,76 m³

dengan waktu yang dihabiskan dalam waktu $\pm 8,766$ jam.

Parameter-parameter tersebut dapat digunakan sebagai acuan teknis dalam perencanaan, evaluasi, dan *pengembangan* sistem pengelolaan air tambang pada kegiatan penambangan di masa mendatang

Saran perlunya dibuatnya saluran terbuka agar air limpasan dapat mengalir langsung ke *sump* dan tidak menggenangi *houling road*. Dilakukan pemeliharaan terhadap saluran – saluran karna mudah rusak, ini bertujuan agar saluran tersebut tidak buntu / tersumbat. Lumpur yang masuk bersamaan dengan masuknya air kedalam *sump* perlunya digali untuk menghindari pendangkalan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT Era Perkasa Mining atas kesempatan, dukungan, serta bimbingan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asma'Wahyudi. (2017), "Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Di A PT Global Energi Borneocoal (GBE) Jobsite Wahana Surya Abadi (WSA) di Desa Danau Serbang Kecamatan Pauh Kabupaten Sorolangun Provinsi Jambi", Jurnal Sains dan Seni ITS, 6(1), 51–66
- [2] Doli J.Rianto. (2021). "Penentuan Intensitas Curah Hujan Dalam Menentukan Debit Limpasan Untuk Rekomendasi Pembuatan Saluran Air Terhadap Tipe Dinding Saluran Air Yang Berbeda". Jurnal Inovasi Penelitian, 1(9), 1795.
- [3] Dwindi, R. (2021). "Rancang Bangun Sistem Penyaliran Pada Pit 1 PT Bara BATin Pratama Kecamatan Batin XXIV, Kabupaten Batang Hari, Provinsi Jambi". Skripsi, 1–80.
- [4] Haq, P. A., & Har, R. (2022). Analisis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Penambangan Batubara Di Pt. Kalimantan Prima Persada Jobsite Pcons, Desa Sebampan, Kec. Sungai Loban, Kab. Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Jurnal Bina Tambang, 7(3), 53–64.
- [5] H. A. Halin. Hasman. (2011). Drainasi Terapan". Universitas Islam Indonesia Press, Yogyakarta.

- Buku, 6(1), 65–69.
- [6] Pratama, F. A., & Rande, S. A. (2023). “Kajian Teknis Mine Dewatering pada Tambang Terbuka PT . Putra Muba Coal Kabupaten Musi Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. 2023”. Jurnal RETII (November), 237–243
- [7] Raya, U. P. (2022). “Evaluasi Sistem Pemompaan Sump Pit 1”. 1, Jurnal JTP-UPR, 50–57
- [8] Riswan, & Aditya, D. (2012). Analisis “Kebutuhan Pompa pada Sistem Penyaliran Tambang Terbuka dengan Persamaan Material Balance”. Jurnal Fisika FLUX, 9(1), 66–75.
- [9] Sepniko, R., Murad, M., & Anaperta, Y. M. (2018). “Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka pada Penambangan Batubara Blok B PT Minemex Indonesia Desa Talang Serdang Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi”. Bina Tambang, 3(4), Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan basah 1456–1470.
- [10] 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>
- [11] William, W., Devy, S. D., Sakdillah, S., & Winarno, A. (2024). “Evaluasi Mine Dewatering Terhadap SUMP4 menggunakan Pompa MF420 EXHV & MF210 MV PT . Indomining Sangasanga Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur”. Jurnal Globe Aritekin 2(2), 01–15