

# Sistem Penyaliran Tambang dalam Menanggulangi Air Limpasan Alami dan Air Limpasan Terganggu di *Open Channel Pit II* Blok Utara PT. Tamarona Mas Internasional

Eko Chandraleksmana<sup>1\*</sup>, and Murad MS<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

\*ekochoandra56@rocketmail.com

\*\*muradms@ft.unp.ac.id

**Abstract.** High rainfall at the planned mine site can hamper mining operations in achieving the production target of 500,000 MT/year. Planning of a mine drainage system is needed which is well reviewed technically and also the costs arising from the making of the mine drainage system. Analysis of daily rainfall data at the research location in 2010-2019 using gumbel distribution, obtained rainfall plan of 138.26 mm/day for the 5-year return period. After an analysis of the influential rain catchment area, a location that requires open channels and sewers was obtained. There are still dimensions of open channels and sewers that are not in accordance with the area of rain catchment that is influential based on the results of calculations. Excessive sedimentation in the sewer inlet occurs due to material conditions in the research area dominated by erosion-easily eroded sediment material and an open channel slope of >3% at the upstream. Avalanche on the open channel wall occurs because the material on the open channel wall is weak material and easily affected by water. In addition, the slope dimension of the wall is too steep (more than 60°) also affects the avalanche that occurred. Excessive sedimentation in the inlet of sewers can be minimized by making a drop structure design and flow breaker structure while avalanches on open channel walls can be minimized by making the slope dimensions of open channel walls > 60°.

**Keyword:** Production, Rainfall, Open channels, Culvert, Sedimentation

## 1. Pendahuluan

PT Tamarona Mas Internasional merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang jasa pertambangan batubara. Salah satu wilayah kerja PT Tamarona Mas Internasional yang terletak di desa Bukit Peranginan, Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi.

Tambang batubara PT. Tamarona Mas Internasional menggunakan sistem penyaliran *mine drainage* dan *dewatering*. Sumber air yang masuk ke tambang didominasi limpasan air hujan. Air limpasan yang masuk ke dalam pit dialirkan melalui saluran terbuka menuju ke sump. Kemudian air yang terakumulasi di *sump* akan dipompa keluar pit menuju ke kolam pengendapan terlebih dahulu sebelum dialirkan ke sungai<sup>[1]</sup>.

Dari observasi dan pengamatan yang penulis lakukan di PT. Tamarona Mas International, seiring berjalannya waktu proses penambangan terus berjalan sesuai dengan rencana kemajuan tambang tiap tahunnya termasuk daerah tangkapan hujan yang berpengaruh sehingga sistem penyaliran tambang yang digunakan harus

disesuaikan. Selain itu terdapat permasalahan yang terjadi terkait sistem penyaliran tambang di Pit II Utara yaitu longoran yang terjadi di beberapa dinding saluran terbuka sehingga menghambat aliran air, adanya sedimentasi di beberapa titik *inlet* gorong-gorong sehingga mengurangi kapasitas gorong-gorong, serta masih belum adanya saluran terbuka di beberapa titik yang dibutuhkan.

Berdasarkan hasil analisis data curah hujan tahun 2010-2019 diperoleh nilai curah hujan rencana sebesar 138,26 mm. namun berdasarkan ketentuan yang diterapkan oleh PT Tamarona Mas Internasional dalam perancangan saluran terbuka digunakan curah hujan rencana minimal 205,10 mm. Didapatkan intensitas hujan 48,78 mm/jam dengan periode ulang 5 tahun dan durasi hujan 1 jam.

Faktor yang dapat mempengaruhi sedimentasi berlebih pada inlet gorong-gorong terjadi akibat kondisi material di daerah penelitian yang didominasi oleh material sedimen yang mudah tererosi serta kemiringan saluran terbuka yang >3% pada bagian hulu. Longoran

pada dinding saluran terbuka terjadi karena material pada dinding saluran terbuka merupakan material lemah dan mudah tererosi air. Selain itu dimensi dari kemiringan dinding yang terlalu curam ( lebih dari  $60^\circ$ ) juga berpengaruh terhadap longsor yang terjadi.

Berdasarkan uraian dan permasalahan di atas, penulis tertarik untuk mengadakan penelitian dengan judul “Sistem Penyaliran Tambang dalam Mencegah dan Menanggulangi Air Limpasan Alami dan Air Limpasan Terganggu di *Open Channel Pit II* Blok Utara PT. Tamarona Mas Internasional, Desa Bukit Peranginan, Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi”, untuk mencegah air menggenangi *front* penambangan dan juga untuk mempertahankan elevasi aman muka air sehingga tidak mengganggu aktivitas produksi batubara pada *Pit II* Utara.

## 2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Tamarona Mas Internasional yang secara administratif berlokasi di Desa Bukit Peranginan, Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Secara geografis berada pada koordinat antara  $103^\circ 1' 35''$  hingga  $103^\circ 1' 07''$  BT dan  $20^\circ 0' 0''$  hingga  $10^\circ 59' 20''$  LS. Untuk mencapai lokasi tersebut dapat dilakukan dengan jalur darat melalui jalan aspal provinsi dengan kondisi jalan baik yang memiliki jarak  $\pm 125$  km dari Kota Jambi dengan waktu tempuh sekitar  $\pm 2,5$  jam menggunakan kendaraan roda empat dan  $\pm 55$  km dari Kota Sarolangun dengan waktu tempuh 1 jam menggunakan kendaraan roda empat. Untuk masuk kedalam lokasi penambangan perjalanan dilanjutkan dengan melintasi jalan berbatu 6,6 km dari jalan aspal provinsi.

## 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 10 Juli 2020 – 17 September 2020. Lokasi penelitian ini terletak di Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi.

### 3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan jenis data yang diperoleh maka jenis penelitian menggunakan penelitian kuantitatif<sup>[2]</sup>. Penelitian ini juga terarah ke penelitian terapan (*applied research*).

Penelitian terapan lebih menekankan pada penerapan ilmu, aplikasi ilmu, ataupun penggunaan ilmu untuk keperluan tertentu. Penelitian terapan merupakan suatu kegiatan yang sistematis dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini<sup>[3]</sup>.

### 3.2 Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu mencari bahan-bahan pustaka yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang

berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian.

Selanjutnya orientasi lapangan dengan melakukan peninjauan langsung ke lapangan dan untuk mengamati langsung kondisi daerah yang akan dilakukan penelitian serta dapat mengangkat permasalahan yang ada untuk dijadikan topik dalam suatu penelitian.

Kemudian pengambilan data lapangan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa luas *catchment area* dan Peta topografi. Data sekunder berupa data curah hujan harian maksimal, temperature rata-rata dan dimensi saluran terbuka.

## 3.3 Teknik Analisis Data

Analisis data adalah memperkirakan atau dengan menentukan besarnya pengaruh secara kuantitatif dari beberapa kejadian terhadap beberapa kejadian lainnya, serta memperkirakan atau memprediksikan kejadian lainnya. Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga didapatkan kesimpulan.

### 3.3.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur dan penelitian langsung di lapangan selesai dilaksanakan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Dilakukan dengan cara: Melakukan pengamatan, mencari faktor penyebab masalah, tindakan perbaikan, dan evaluasi hasil.

### 3.3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan mengolah data sesuai dengan teori pada literatur yang ada. Setelah mendapatkan data primer dan data sekunder, dilakukan pengolahan data dengan menggabungkan kedua data tersebut. Selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel-tabel atau rangkaian perhitungan dalam penyelesaian masalah yang ada.

### 3.3.3 Analisis Hasil Pengolahan Data

Analisis data dilakukan dengan menganalisis dan membahas sesuai dengan pengolahan data yang sudah dilakukan mengacu pada literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah. Analisis data yang dilakukan mengenai curah hujan rencana ini ditentukan dari hasil analisis frekuensi data curah hujan yang tersedia dengan menggunakan metode *partial duration series*, yaitu dengan mengambil/mencatat curah hujan maksimum periode 2010–2019 dengan mengabaikan waktu kejadian hujan. Berdasarkan data curah hujan, diperoleh data curah hujan rata-rata 205,10 mm/hari.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menghitung besaran kuantitas air berdasarkan data curah hujan, menghitung debit limpasan yang akan masuk ke daerah tangkapan hujan.

### 3.3.4 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti serta pemberian saran mengenai pengukuran sudut kemiringan dinding saluran terbuka menggunakan kompas agar lebih presisi, dan perhitungan kebutuhan dimensi *drop structure* sesuai dengan kemiringan saluran terbuka dan kecepatan aliran air dan di sertai dengan sistem *maintenance* yang teratur agar tidak terjadi penumpukan sedimen yang menyumbat masuknya aliran air ke gorong-gorong.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana dihitung menggunakan metode distribusi Gumbel<sup>[4]</sup>. Berdasarkan perhitungan didapatkan curah hujan rencana 205,10 mm/hari dengan periode ulang hujan 5 tahun. Periode ulang hujan yaitu perkiraan akan ada hujan yang kembali turun dengan angka yang mirip dengan angka maksimum dalam waktu 5 tahun. Namun untuk perhitungan selanjutnya digunakan curah hujan rencana 138,26 mm/hari dengan periode ulang 5 tahun sesuai dengan standar minimal perhitungan curah hujan rencana yang telah di tetapkan PT. Tamarona Mas Internasional dan menjadi dasar setiap perancangan sistem penyaliran tambang di PT. Tamarona Mas Internasional.

### 4.2 Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan rencana dihitung berdasarkan nilai curah hujan rencana pada periode ulang 5 tahun dengan menggunakan persamaan Mononobe. Berdasarkan perhitungan, telah didapatkan nilai curah hujan rencana pada periode ulang 5 tahun sebesar 48,78 mm/jam. Untuk menentukan intensitas hujan dengan durasi tertentu digunakan rumus Mononobe<sup>[5]</sup>, yaitu :

$$I = \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} \quad (1)$$

Keterangan:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R = Curah hujan rencana (mm)

tc = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang Lintasan (m)

S = Beda ketinggian dibagi panjang lintasan

Perhitungan intensitas hujan dapat dilakukan yaitu sebagai berikut :

Curah Hujan per Hari (R)

$$R = (\text{Curah Hujan per Bulan})/30 \quad (2)$$

$$R = (205,10)/30 \text{ mm/hari}$$

$$R = 6,84 \text{ mm/hari}$$

$$tc = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (3)$$

$$tc = 0,0195 \times 89,74^{0,77} \times (6/89,74)^{0,385}$$

$$tc = 1,76 \text{ jam}$$

Maka,

$$I = \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} \quad (4)$$

$$I = \frac{205,10}{24} \times \left(\frac{24}{1,76}\right)^{2/3}$$

$$I = 48,78 \text{ mm/jam}$$

### 4.3 Perhitungan Daerah Tangkapan Hujan

Dalam pembagian daerah tangkapan curah hujan dilakukan dengan melakukan pengamatan di lapangan dan pengamatan pada peta situasi. Dimana luas *catchment area* dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

**Tabel 1.** Luas *Catchment Area* PT. Tamarona Mas Internasional

Daerah Tangkapan Hujan	Luas (ha)
PIT	248,98
C1	6,01
D1	98,1
I1	5,67
S1	13,67
X1	23,84
D2	24,68
I2	18,5
C2	53,2
S2	38,14
D3	23,84
D4	41,33
B2	10,12
B3	8,38
S3	32,83
V1	44,07
V2	24,58
W1	12,32
B1	7,92
R1	9,71
C4	4,44
PIT SS 1	22,1
C5	16,16
PIT SS 2	17,7
<i>PIT STOPPER</i>	43,65
C3	14,7
PIT X	3,92
<i>PIT CBT</i>	40,76
PIT HS	5,69
<i>PIT SUMP 1</i>	9,52
<i>PIT SUMP 2</i>	17,52
<i>PIT SUMP 3</i>	50,8
<i>PIT SUMP 4</i>	17,79
<i>PIT TANDEM LAMA</i>	19,53

### 4.3.1 Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan adalah perbandingan antara banyaknya air yang mengalir di permukaan (*run off*) dengan banyaknya air yang terinfiltrasi ke dalam tanah<sup>[6]</sup>. Koefisien limpasan tiap-tiap daerah berbeda sesuai kegunaan lahan dan kemiringannya. Pada daerah pertambangan digunakan koefisien limpasan dengan nilai 0,9 sesuai dengan tabel 2.

**Tabel 2.** Beberapa Harga Koefisien Limpasan

Kemiringan	Tutupan	Koefisien Limpasan
<3%	Sawah, rawa	0,2
	Hutan, perkebunan	0,3
	Perumahan dengan kebun	0,4
3%-15%	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

### 4.3.2 Debit Air Limpasan

Debit air limpasan dapat ditentukan setelah diketahui luas masing-masing *catchment area*, nilai intensitas hujan dan nilai koefisien limpasan<sup>[7]</sup>. Untuk mendapatkan nilai debit limpasan dapat menggunakan rumus rasional sebagai berikut:

$$Q = 0,00278 C \times I \times A \tag{5}$$

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Debit Limpasan yang masuk ke Saluran Terbuka

Catchment Area	Luas (Ha)	Koefisien Limpasan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Debit (Q) (m <sup>3</sup> /s)
WD 11 (inlet)	147.29	0.9	48,78	17.96
WD 11 (outlet)	43.18	0.9	48,78	22.09
Simpang Y (inlet) 1	91.34	0.9	48,78	11.14
Simpang Y (inlet) 2	23.84	0.9	48,78	2.9
Simpang Y (outlet)	41.33	0.9	48,78	18.27
Intersection 1 (inlet)	10.12	0.9	48,78	1.05
Intersection 1 (outlet)	8.38	0.9	48,78	2.18
Intersection 2	113.8	0.9	48,78	13.88

Simpang Pit Stop Pit B	17.63	0.9	48,78	15.17
Simpang Stopper 1	26.54	0.9	48,78	3.24
Simpang Stopper 2	33.86	0.9	48,78	4.13
Simpang Stopper (outlet)	43.65	0.9	48,78	12.24
Simpang X (inlet)	18.62	0.9	48,78	2.27
Cut Back Timur	40.76	0.9	48,78	7.11
Haul Sump	5.69	0.9	48,78	7.72
Sump RTM 1	9.52	0.9	48,78	11.65
Sump RTM 2	50.8	0.9	48,78	6.2
Sump RTM 3	17.79	0.9	48,78	2.17
Sump (outlet)	14.83	0.9	48,78	18.09
Tandem Lama	19.53	0.9	48,78	2.38

### 4.4 Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka

Berdasarkan *catchment area* yang telah dibuat, ada beberapa saluran terbuka yang akan dibuat dengan beberapa perhitungan berikut ini :

#### 4.4.1 Perhitungan kebutuhan dimensi saluran terbuka dengan Faktor Keamanan 1,1

$$\text{Faktor Keamanan (FK)} = \frac{Q \text{ Saluran}}{Q \text{ masuk}} = 1,1 \tag{6}$$

Dengan Faktor Keamanan (FK) yang diharapkan sebesar 1,1 maka debit rancangan saluran terbuka haruslah mampu mengalirkan 1,1 kali dari debit air yang masuk.

#### 4.4.2 Perhitungan Kecepatan Aliran Air Rata-rata

$$v = \frac{k}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \tag{7}$$

Keterangan :

v : kecepatan rata-rata penampang (m/s)

n : koefisien Gauckler-Manning (s/[m<sup>2/3</sup>])

Rh : radius hydraulic (m);  $Rh = \frac{A}{P}$

A : luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

P : keliling penampang basah (m)

S : kemiringan *bench drainage* (%)

k : faktor konversi

Kondisi permukaan saluran terbuka pada daerah penelitian adalah berbatu dan berkerikil sehingga berdasarkan tabel 3 Nilai koefisien Gauckler-Manning adalah 0,035.

Perhitungan kecepatan aliran air rata-rata, sebagai berikut:

#### 1. WD 11 (inlet)

$$v = \frac{k}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,035} \times 0,81^{2/3} \frac{2}{100}^{1/2}$$

$$= 3,50 \text{ m/s}$$

2. WD 11 (outlet)

$$v = \frac{k}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,035} \times 0,92^{2/3} \frac{2}{100}^{1/2}$$

$$= 3,82 \text{ m/s}$$

3. Simpangan Y (inlet) 1

$$v = \frac{k}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,035} \times 0,65^{2/3} \frac{2}{100}^{1/2}$$

$$= 3,03 \text{ m/s}$$

4. Simpangan Y (inlet) 2

$$v = \frac{k}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,035} \times 0,39^{2/3} \frac{2}{100}^{1/2}$$

$$= 2,17 \text{ m/s}$$

5. Simpangan Y (outlet)

$$v = \frac{k}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,035} \times 0,82^{2/3} \frac{2}{100}^{1/2}$$

$$= 3,55 \text{ m/s}$$

4.4.3 Perhitungan Debit Saluran Terbuka

$$Q = v \times A \tag{8}$$

Keterangan :

- v : kecepatan aliran rata-rata, rata-rata pada penampang tegak lurus terhadap arah aliran (m/s)
- A : luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

Perhitungan debit saluran terbuka, sebagai berikut:

1. WD 11 (inlet)

$$Q = v \times A$$

$$= 3,50 \times 4,81$$

$$= 16,82 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Simpangan Y (inlet 1 + inlet 2)

$$Q_1 = v \times A \text{ (inlet 1)} \quad Q_2 = v \times A \text{ (inlet 2)}$$

$$= 3,04 \times 3,46 \quad = 2,17 \times 1,26$$

$$= 10,52 \text{ m}^3/\text{s} \quad = 2,74 \text{ m}^3/\text{s}$$

Total debit saluran simpangan Y adalah:

$$\text{Simpangan Y} = (\text{inlet 1} + \text{inlet 2})$$

$$= (10,52 \text{ m}^3/\text{s} + 2,74 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$= 13,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Simpangan X

$$Q = v \times A$$

$$= 2,93 \times 0,73$$

$$= 2,14 \text{ m}^3/\text{s}$$

4. Cut Back Timur

$$Q = v \times A$$

$$= 4,65 \times 1,51$$

$$= 7,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

5. Haul Sump

$$Q = v \times A$$

$$= 4,75 \times 1,76$$

$$= 8,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

6. Simpang Stopper (inlet 1 + inlet 2)

$$Q_1 = v \times A \text{ (inlet 1)} \quad Q_2 = v \times A \text{ (inlet 2)}$$

$$= 3,29 \times 0,93 \quad = 3,53 \times 1,10$$

$$= 3,05 \text{ m}^3/\text{s} \quad = 3,88 \text{ m}^3/\text{s}$$

Total debit saluran simpang stopper adalah:

$$\text{Simpang Stopper} = (\text{inlet 1} + \text{inlet 2})$$

$$= (3,05 \text{ m}^3/\text{s} + 3,88 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$= 6,93 \text{ m}^3/\text{s}$$

7. Sump RTM (1 + 2 + 3)

$$Q_1 = v \times A \text{ (RTM 1)} \quad Q_2 = v \times A \text{ (RTM 2)}$$

$$= 4,38 \times 2,81 \quad = 3,61 \times 1,61$$

$$= 12,31 \text{ m}^3/\text{s} \quad = 5,81 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_3 = v \times A \text{ (RTM 3)}$$

$$= 2,78 \times 0,73$$

$$= 2,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

Total debit saluran sump RTM adalah:

$$\text{Sump RTM} = (\text{RTM 1} + \text{RTM 2} + \text{RTM 3})$$

$$= (12,31 \text{ m}^3/\text{s} + 5,81 \text{ m}^3/\text{s} + 2,03 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$= 20,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

8. Intersection 2

$$Q = v \times A$$

$$= 3,18 \times 4,10$$

$$= 13,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

9. Simpang Pit Stop Pit B

$$Q = v \times A$$

$$= 3,39 \times 4,83$$

$$= 16,37 \text{ m}^3/\text{s}$$

10. Intersection 1

$$Q = v \times A$$

$$= 1,69 \times 0,69$$

$$= 1,17 \text{ m}^3/\text{s}$$

11. WD 11 (outlet)

$$Q = v \times A$$

$$= 3,83 \times 6,11$$

$$= 23,40 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.3.4 Perhitungan Froude Number

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gB}} \tag{9}$$

Keterangan :

- v : kecepatan aliran rata-rata, rata-rata pada penampang tegak lurus terhadap arah aliran (m/s)
- g : percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- A : luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

Dimensi saluran terbuka dibuat agar cukup mengalirkan debit yang seharusnya dialirkan dan nilai Fr mendekati 1. Dalam pembuatan saluran terbuka juga dipertimbangkan adanya tinggi jagaan (*freeboard*) yaitu

jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi debit rencana yang berfungsi untuk mencegah gelombang atau kenaikan muka air yang melimpah ke tepi saluran<sup>[8]</sup>. Hasil perhitungan dimensi dan nilai Fr dapat dilihat pada tabel 45.

Keterangan :

b : Lebar bawah saluran terbuka

B : Lebar permukaan air

y : Kedalaman air

$\alpha$  : Kemiringan dinding saluran terbuka

A : Luas Basah

p : Keliling Basah

Rh : Radius Hidrolik

Nilai percepatan gravitasi yang digunakan adalah 9,81 m/s<sup>2</sup>

Perhitungan *Froude Number*, sebagai berikut:

1. WD 11 (*inlet*)

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{v}{\sqrt{g \frac{A}{B}}} \\ &= \frac{3,50}{\sqrt{9,8x \frac{4,81}{4,48}}} \\ &= 1,08 \end{aligned}$$

2. WD 11 (*oulet*)

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{v}{\sqrt{g \frac{A}{B}}} \\ &= \frac{3,82}{\sqrt{9,8x \frac{6,11}{4,81}}} \\ &= 1,08 \end{aligned}$$

3. Simpangan Y (*inlet*) 1

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{v}{\sqrt{g \frac{A}{B}}} \\ &= \frac{3,03}{\sqrt{9,8x \frac{3,46}{4,48}}} \\ &= 1,03 \end{aligned}$$

4. Simpangan Y (*inlet*) 2

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{v}{\sqrt{g \frac{A}{B}}} \\ &= \frac{2,17}{\sqrt{9,8x \frac{1,26}{2,70}}} \\ &= 1,02 \end{aligned}$$

5. Simpangan Y (*inlet*) 2

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{v}{\sqrt{g \frac{A}{B}}} \\ &= \frac{2,17}{\sqrt{9,8x \frac{1,26}{2,70}}} \\ &= 1,02 \end{aligned}$$

6. Simpangan Y (*oulet*)

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{v}{\sqrt{g \frac{A}{B}}} \\ &= \frac{3,55}{\sqrt{9,8x \frac{5,42}{5,54}}} \\ &= 1,14 \end{aligned}$$

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka

Nama Saluran Terbuka	b (m)	B (m)	y (m)	Alpha (°)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	Rh (m)	S	v (m/s)	Q Saluran (m <sup>3</sup> /s)	c (m/s)	Fr	Q masuk (m <sup>3</sup> /s)	Freeboard (m)	Tinggi Parit (m)
WD 11 (inlet)	3	4.48	1.29	60	4.81	5.97	0.81	2.0%	3.50	16.82	3.24	1.08	15.32	0.72	2.00
WD 11 (outlet)	3	4.81	1.57	60	6.11	6.61	0.92	2.0%	3.83	23.40	3.53	1.09	21.31	0.94	2.50
Simpang Y (inlet) 1	2.5	4.48	0.99	45	3.46	5.30	0.65	2.0%	3.04	10.50	2.75	1.10	9.50	1.01	2.00
Simpang Y (inlet) 2	1.5	2.70	0.60	45	1.26	3.20	0.39	2.0%	2.17	2.74	2.14	1.02	2.48	0.90	1.50
Simpang Y (outlet)	3	5.54	1.27	45	5.42	6.59	0.82	2.0%	3.55	19.21	3.10	1.14	17.53	0.73	2.00
Simpang X (inlet)	1	1.64	0.55	60	0.73	2.28	0.32	4.8%	2.93	2.14	2.09	1.40	1.94	0.95	1.50
Cut Back Timur	1.5	2.39	0.78	60	1.51	3.29	0.46	7.5%	4.65	7.02	2.49	1.87	6.38	0.73	1.50
Haul Sump	1.5	2.51	0.88	60	1.76	3.52	0.50	7.0%	4.75	8.35	2.62	1.81	7.62	0.62	1.50
Simpang Stopper 1	1.5	2.09	0.52	60	0.93	2.69	0.34	5.5%	3.29	3.05	2.08	1.58	2.76	0.99	1.50
Simpang Stopper 2	1.5	2.19	0.60	60	1.10	2.87	0.38	5.5%	3.53	3.87	2.22	1.59	3.52	0.91	1.50
Simpang Stopper (outlet)	1.5	2.87	1.19	60	2.60	4.25	0.61	5.5%	4.83	12.58	2.98	1.62	11.45	0.81	2.00
Intersection 2	3	5.04	1.02	45	4.10	5.88	0.70	2.0%	3.18	13.04	2.83	1.12	11.84	0.98	2.00
Simpang Pit Stop Pit B	3	5.32	1.16	45	4.83	6.28	0.77	2.0%	3.39	16.37	2.98	1.14	14.85	0.84	2.00
Intersection 1 (inlet)	1.5	2.23	0.37	45	0.69	2.54	0.27	2.0%	1.69	1.17	1.73	0.97	1.05	1.13	1.50
Intersection 1 (outlet)	1.5	2.57	0.54	45	1.09	3.01	0.36	2.0%	2.05	2.23	2.04	1.01	2.03	0.97	1.50
Sump RTM 1	1.5	2.95	1.26	60	2.81	4.41	0.64	4.3%	4.38	12.30	3.05	1.44	11.17	0.74	2.00
Sump RTM 2	1.5	2.44	0.82	60	1.61	3.38	0.47	4.3%	3.61	5.79	2.54	1.42	5.28	0.69	1.50
Sump RTM 3	1	1.64	0.55	60	0.73	2.28	0.32	4.3%	2.78	2.03	2.09	1.33	1.85	0.95	1.50
Sump (outlet)	1.5	4.31	1.41	45	4.08	5.47	0.75	4.3%	4.87	19.88	3.05	1.60	18.09	0.60	2.00
Tandem Lama	1	2.16	0.58	45	0.92	2.64	0.35	3.0%	2.43	2.23	2.04	1.19	2.03	0.42	1.00

**4.5 Perhitungan Kebutuhan Gorong-gorong**

Kapasitas *culvert* yang digunakan disesuaikan dengan besar debit yang dialirkan bendungan (*weir*) ketersediaan lahan di inlet *culvert* untuk menampung debit tertahan menggunakan rumus<sup>[9]</sup>, yaitu:

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw - Tw + SoL)}{1 + Ke + f \frac{L}{4D}}} \tag{10}$$

Keterangan :

- Q : Debit *culvert* maksimum (m<sup>3</sup>/s)
- Hw : Headwater (m)
- Tw : Tailwater (m)
- So : Slope (%)
- L : Panjang *culvert* (m)
- Ke : Koefisien kehilangan julang
- D : Diameter (m)
- f : Faktor gesekan
- A : Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)
- g : Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

**Tabel 5.** Nilai Kehilangan Julang (Ke)

Type of Barrel and Inlet	Ke
<b>Pipe, concrete</b>	
Projecting from fill, socket end	0,2
Projecting from fill, square cut end	0,5
Headwall or headwall and wingwalls	0,5
Socket end of pipe	0,2
Square-edge	0,5
Rounded (radius = 1/12 D)	0,2
Mitred to conform to fill slope	0,7
End-section conforming to fill slope (standard precast)	0,5
Bevelled edges, 33,7° or 45° bevels	0,2
Side-tapered or slope-tapered inlest	0,2
<b>Pipe, or pipe-arch, corrugated steel</b>	
Projecting from fill	0,9
Headwall or headwall and wingwalls, square edge	0,5
Mitred to conform to fill slope	0,7
End-section conforming to fill slope (standard prefab)	0,5

Maka perhitungan untuk kebutuhan debit gorong-gorong, sebagai berikut:

## 1. WD 11 (inlet)

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw-Tw+SoL)}{1+Ke+f\frac{L}{4D}}}$$

$$= 0,5 \sqrt{\frac{2 \times 9,8(6,2-0,64+26,7\% \times 60)}{1+0,5+0,025 \frac{60}{4 \times 0,8}}}$$

$$= 7,33 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 2. Simpang Y

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw-Tw+SoL)}{1+Ke+f\frac{L}{4D}}}$$

$$= 0,79 \sqrt{\frac{2 \times 9,8(2,2-0,8+26,7\% \times 60)}{1+0,5+0,025 \frac{60}{4 \times 1}}}$$

$$= 10,66 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 3. Simpang X

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw-Tw+SoL)}{1+Ke+f\frac{L}{4D}}}$$

$$= 0,5 \sqrt{\frac{2 \times 9,8(1,4-0,64+26,7\% \times 24)}{1+0,5+0,025 \frac{24}{4 \times 0,8}}}$$

$$= 4,56 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 4. Cut Back Timur

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw-Tw+SoL)}{1+Ke+f\frac{L}{4D}}}$$

$$= 0,79 \sqrt{\frac{2 \times 9,8(1,4-0,8+26,7\% \times 38)}{1+0,5+0,025 \frac{38}{4 \times 1}}}$$

$$= 8,93 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 5. Haul Sump

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw-Tw+SoL)}{1+Ke+f\frac{L}{4D}}}$$

$$= 0,79 \sqrt{\frac{2 \times 9,8(2,3-0,8+26,7\% \times 24)}{1+0,5+0,025 \frac{24}{4 \times 1}}}$$

$$= 7,66 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 6. Simpang Stopper

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw-Tw+SoL)}{1+Ke+f\frac{L}{4D}}}$$

$$= 0,5 \sqrt{\frac{2 \times 9,8(3,9-0,64+26,7\% \times 60)}{1+0,5+0,025 \frac{60}{4 \times 0,8}}}$$

$$= 7,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 7. Sump RTM

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw-Tw+SoL)}{1+Ke+f\frac{L}{4D}}}$$

$$= 0,79 \sqrt{\frac{2 \times 9,8(2,5-0,8+26,7\% \times 40)}{1+0,5+0,025 \frac{40}{4 \times 1}}}$$

$$= 9,58 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 8. Intersection 2

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw-Tw+SoL)}{1+Ke+f\frac{L}{4D}}}$$

$$= 0,79 \sqrt{\frac{2 \times 9,8(2-0,8+26,7\% \times 72)}{1+0,5+0,025 \frac{72}{4 \times 1}}}$$

$$= 11,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 9. Simpang Pit Stop Pit B

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw-Tw+SoL)}{1+Ke+f\frac{L}{4D}}}$$

$$= 0,79 \sqrt{\frac{2 \times 9,8(3,8-0,8+26,7\% \times 60)}{1+0,5+0,025 \frac{60}{4 \times 1}}}$$

$$= 11,14 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 10. Intersection 1

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw-Tw+SoL)}{1+Ke+f\frac{L}{4D}}}$$

$$= 0,64 \sqrt{\frac{2 \times 9,8(1,5-0,72+26,7\% \times 60)}{1+0,5+0,025 \frac{60}{4 \times 0,9}}}$$

$$= 8,39 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 11. Simpang Pit Stop Pit B

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(Hw-Tw+SoL)}{1+Ke+f\frac{L}{4D}}}$$

$$= 0,64 \sqrt{\frac{2 \times 9,8(2,8-0,72+26,7\% \times 60)}{1+0,5+0,025 \frac{60}{4 \times 0,9}}}$$

$$= 8,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kemiringan gorong-gorong ditetapkan sebesar 2,67%. Diameter dan panjang gorong-gorong menyesuaikan dengan kondisi aktual yang sudah ada di lapangan. Nilai percepatan gravitasi sebesar  $9,8 \text{ m/s}^2$  [10]. Karena gorong-gorong yang digunakan pada daerah penelitian berbentuk lingkaran maka nilai koefisien kehilangan julang (Ke) yang digunakan adalah sebesar 0,5 yaitu *headwall or headwall and wingwalls rounded* (radius =  $1/12 D$ ).

Untuk menentukan nilai koefisien gesekan (f) dilakukan dengan pembacaan diagram moody dengan nilai *Reynold Numbers* (Re) yang digunakan sebesar 3000 (aliran transisi) dan konstanta bahan (e) yang digunakan sebesar 0,045 karena bahan gorong-gorong yang digunakan pada daerah penelitian adalah *commercial steel (new)*. Hasil perhitungan kebutuhan gorong-gorong dapat dilihat pada tabel 6.



**Tabel 6.** Hasil Perhitungan Kebutuhan Gorong-gorong

Nama Gorong-gorong	HW (m)	TW (m)	So (%)	L (m)	Ke	Diameter (m)	f	A (m <sup>2</sup> )	g	Q Gorong-gorong (m <sup>3</sup> /s)
WD 11 ( <i>inlet</i> )	6.2	0.64	2.67	60	0.5	0.8	0.025	0.5	9.8	7.33
Simpang Y	2.2	0.8	2.67	60	0.5	1	0.025	0.79	9.8	10.66
Simpang X	1.4	0.64	2.67	24	0.5	0.8	0.025	0.5	9.8	4.56
Cut Back Timur	1.4	0.8	2.67	38	0.5	1	0.025	0.79	9.8	8.93
Haul Sump	2.3	0.8	2.67	24	0.5	1	0.025	0.79	9.8	7.66
Simpang Stopper	3.9	0.64	2.67	60	0.5	0.8	0.025	0.5	9.8	7.48
Sump RTM	2.5	0.8	2.67	40	0.5	1	0.025	0.79	9.8	9.58
Intersection 2	2	0.8	2.67	72	0.5	1	0.025	0.79	9.8	11.32
Simpang Pit Stop Pit B	3.8	0.8	2.67	60	0.5	1	0.025	0.79	9.8	11.14
Intersection 1	1.5	0.72	2.67	60	0.5	0.9	0.025	0.64	9.8	8.39
WD 11 ( <i>outlet</i> )	2.8	0.72	2.67	60	0.5	0.9	0.025	0.64	9.8	8.7

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

- Masih terdapat dimensi saluran terbuka dan gorong-gorong yang belum sesuai dengan daerah tangkapan hujan yang berpengaruh berdasarkan hasil perhitungan yaitu Saluran terbuka simpang stopper 1 (*inlet*), Saluran terbuka simpang stopper 2 (*inlet*), Saluran terbuka simpang stopper (*outlet*), Saluran terbuka *sump* (*outlet*), Gorong-gorong Simpang Y, Gorong-gorong *cut back* timur, Gorong-gorong *haul sump*, Gorong-gorong simpang stopper, Gorong-gorong *sump* RTM, Gorong-gorong Intersection 2, Gorong-gorong simpang pit *stop pit* B, dan Gorong-gorong *Intersection* 1.
- Sedimentasi berlebih pada *inlet* gorong-gorong terjadi akibat kondisi material di daerah penelitian yang didominasi oleh material sedimen yang mudah tererosi serta kemiringan saluran terbuka yang >3% pada bagian hulu. Longsoran pada dinding saluran terbuka terjadi karena material pada dinding saluran terbuka merupakan material lemah ditambah faktor air yang melewatinya menjadikan dinding saluran terbuka semakin mudah longsor. Selain itu dimensi dari kemiringan dinding yang terlalu curam (lebih dari 60°) juga berpengaruh terhadap longoran yang terjadi.
- Sedimentasi berlebih pada *inlet* gorong-gorong dapat diminimalkan dengan membuat rancangan *drop structure* dan struktur pemecah aliran sedangkan longsoran pada dinding saluran terbuka dapat diminimalkan dengan membuat dimensi kemiringan dinding saluran terbuka tidak lebih dari 60° serta dilakukan pemadatan (kompaksi) pada tanggul dan dinding saluran terbuka.

### 5.2 Saran

- Menggunakan kompas dalam melakukan pengukuran sudut kemiringan dinding saluran terbuka dan gorong-gorong agar mendapatkan dimensi yang sesuai dengan *catchment area*, sehingga meminimalisir terjadinya longsoran.
- Melakukan analisis pada setiap titik yang menjadi penyebab terjadinya sedimentasi yang berlebih pada inlet gorong-gorong serta longsoran pada dinding saluran terbuka.
- Melakukan perhitungan kebutuhan dimensi dan desain yang optimal pada *culvert* sesuai dengan kemiringan saluran terbuka dan kecepatan aliran air, sehingga meminimalisir terjadinya sedimentasi berlebih.

### Daftar Pustaka

- Tamrin, Kasim. Bahan Kuliah Penyaliran Tambang. Padang: Universitas Negeri Padang. 2010.
- Sugiyono. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D. Bandung: Alfabeta. 2011
- A. Muri Yusuf. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif & Penelitian Gabungan. Jakarta :Kencana. 2016
- Rudi, Sayoga. Sistem Penyaliran Tambang. Jurusan Teknik Pertambangan FTM :ITB. 1999.
- Ramadanto, M., Sudarmono, D., & Abro, A. Kajian Teknis Sistem Penyaliran Pada Phase 5 Di Pt. Bukit Asam (Persero), Tbk Unit Pelabuhan Tarahan, Bandar Lampung. Jurnal Pertambangan, 1(5), 19-25. 2017
- Asdak, Chay. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: UGM-Press. 2010
- Awang, Suwandhi. Diklat Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang. Bandung: Unisba. 2004
- Purwaningsih, Diyah Ayu. Kajian Dimensi Penyaliran pada Tambang Terbuka PT Baturona

- Adimulya Kabupaten Musi Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Geologi Pertambangan (JGP)* 2.18. 2015
- [9] Gautama Rudy Sayoga. Sistem Penyaliran Tambang. Bandung: ITB Press. 2019
- [10] Hartano, Wendha Sapta Giri & Sudaryanto. Kajian Teknis Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara Pit B PT Cakra Bumi Pertiwi Kecamatan Ulok Kupai Kabupaten Bengkulu Utara Provinsi Bengkulu. *Jurnal Teknologi Pertambangan*. 4(2), 138-143. 2018