

## Rancangan Sistem Penyaliran pada Lokasi Disposal Tambang Nikel

Tedy Agung Cahyadi<sup>1</sup>, Jeragustivia Butungan<sup>1</sup>, Anton Sudyanto<sup>1</sup>, Dedy Amrin<sup>2</sup>, Hasywir Thaib Siri<sup>2</sup>,  
Gunawan Nusanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

<sup>2</sup>PT. Vale Indonesia Tbk

[tedyagungc@upnyk.ac.id](mailto:tedyagungc@upnyk.ac.id)

### Abstrak

Penanganan air permukaan pada lokasi *disposal* tambang nikel merupakan hal yang pokok agar air tidak menjadi penghambat dari produksi dan lingkungan sekitar tambang. Tujuan dari penelitian ini ialah merancang sistem penyaliran pada disposal, sehingga air limpasan yang berasal dari daerah tangkapan hujan tidak langsung mengalir menuju sungai atau danau yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Metode penelitian yang dipakai ialah curah hujan diolah dengan beberapa pendekatan alternatif yang bertujuan untuk merancang dimensi dari saluran terbuka dan kolam pengendapan. Hasil yang didapatkan rancangan dimensi saluran terbuka dan kolam pengendapan dengan menggunakan curah hujan rata-rata dengan nilai curah hujan rencana sebesar 112,4 mm/hari dan debit air yang mengalir sebesar 4,61 m<sup>3</sup>/detik.

Kata kunci: Rancangan penyaliran, disposal, saluran terbuka, kolam pengendapan

### Abstract

*The handling of surface water at the nickel mine disposal is essential so that the water will not be a problem for the production and environment at the site. The aim of this research is to design the channeling system at the disposal in order to prevent the runoff water from the rain catchment area flowing into the river or lake which will pollute the environment. The research method used is rainfall processed with several alternative approaches aimed at designing dimensions of open channels and settling ponds. The results obtained are used to design open channel dimensions and settling ponds by using average rainfall with planned rainfall values of 112.4 mm / day and flowing water flow of 4.61 m<sup>3</sup> / second.*

*Keyword: Channeling design, disposal, open channel, settling pond*

### 1. Pendahuluan

Sistem penyaliran tambang adalah suatu upaya yang diterapkan pada kegiatan penambangan untuk mencegah, mengeringkan, atau mengalirkan air yang masuk ke bukaan tambang. Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada musim hujan (Syarifuddin, dkk. 2017). Pada tambang terbuka air dapat menyebabkan beberapa permasalahan diantaranya ialah pertama, air yang cenderung menghambat pergerakan dan kontrol alat sehingga dapat menimbulkan penurunan tingkat produksi. Kedua, masalah kestabilan lereng yang dalam hal ini air dapat mengurangi efektifitas kekuatan material pada lereng sehingga menyebabkan berkurangnya faktor keamanan (Seegmiller.2003). Faktor kendala dalam kegiatan penambangan salah satunya ialah tingginya curah hujan, yang disebabkan oleh garis khatulistiwa yang mengakibatkan terjadinya musim penghujan serta kemarau (Cahyadi, dkk. 2016) Sumber air tambang antara lain air hujan, air limpasan, dan air tanah. Menurut penelitian yang telah dilakukan sebelumnya air limpasan yang masuk ke area tambang merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Jika tidak memperoleh perlakuan yang tepat, air limpasan dapat menjadi masalah dalam aktivitas produksi, terlebih lagi masalah lingkungan (Manggau.2016).

Pemilihan metode pengeringan yang tepat sangat penting untuk keberhasilan operasi dan tergantung pada beberapa faktor yaitu kondisi geologi dan hidrogeologi, lokasi tambang, lingkup pengurusan, metode penambangan dan biaya yang dibutuhkan (Straskraba, dkk. 2014). Sistem penyaliran tambang dapat dilakukan untuk mengatasi air yang masuk ke dalam lubang bukaan sebagai kegiatan pendukung, namun bila ada masalah air permukaan dalam area penambangan, maka sistem penyaliran tambang menjadi kegiatan yang diutamakan (Cahyadi, dkk. 2018; Widodo, dkk 2018).

#### Info Makalah:

Dikirim : 03-14-2019;

Revisi 1 : 04-09-2019;

Revisi 2 : 06-30-2019;

Diterima : 07-11-2019.

#### Penulis Korespondensi:

Telp : +62-813-2816-1715

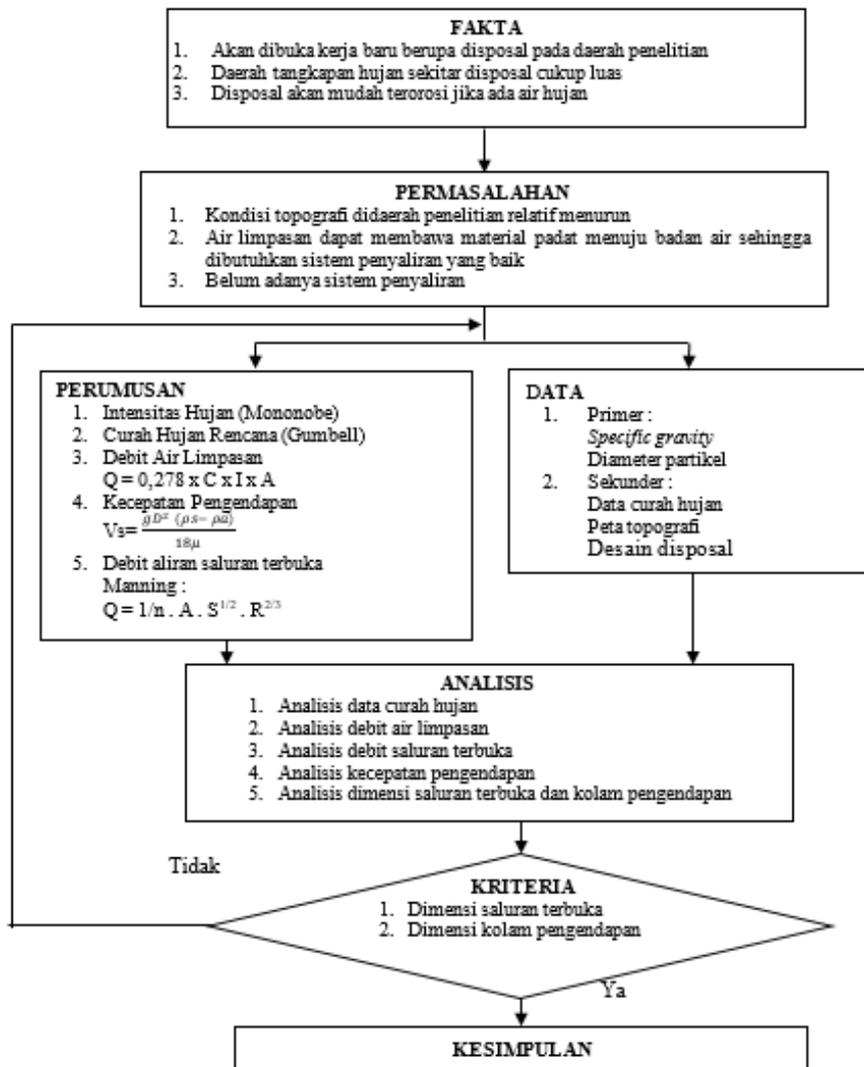
e-mail : [tedyagungc@upnyk.ac.id](mailto:tedyagungc@upnyk.ac.id)

Penelitian ini dilakukan di area PT Vale Indonesia Tbk yang mana akan membuka area *disposal* yang baru di daerah Mahalona, sehingga dibutuhkan sistem penyaliran yang baik. Air limpasan yang berasal dari daerah tangkapan hujan dapat membawa material padat di sekitar disposal menuju ke sungai/danau yang mengakibatkan kerusakan lingkungan akibat endapan material padat seperti terjadinya pendangkalan pada daerah sungai dan danau serta berkurangnya tingkat kejernihan air. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dibutuhkan rancangan sistem penyaliran yang baik dengan memperhatikan debit air limpasan, bentuk, dimensi serta letak saluran terbuka dan kolam pengendapan.

Hal ini dilakukan sebagai salah satu cara untuk mengakomodir debit air limpasan yang ada pada area *disposal* serta meminimalkan jumlah endapan padat sebelum dialirkan ke sungai dan danau.

**2. Metode**

Metode penelitian dijelaskan menggunakan bagan alir yang tercantum pada Gambar 1 yang berisi tentang fakta yang ditemukan dilapangan, permasalahan yang dihadapi dilapangan, perumusan masalah, data, analisis penelitian serta kriteria.



Gambar 1. Bagan Alir Metodologi Penelitian.

Pada penelitian ini menggunakan beberapa rumus yang mendukung metode penelitian diatas, rumus yang digunakan adalah persamaan *gumbel* (Gumbel, 1941), rumus *mononobe* (Sosrodarsono dan Takeda, 1983), rumus rasional (Kuichling, 1889), rumus *manning* (King, 1918), perhitungan persentase pengendapan, serta penentuan dimensi saluran terbuka dan kolam pengendapan.

Pengolahan data curah hujan digunakan untuk mendapatkan nilai intensitas hujan sehingga dapat dirancang sistem penyaliran berupa dimensi saluran terbuka dan kolam pengendapan. Pengolahan data curah hujan dapat dditentukan dengan beberapa metode, pada penelitian ini menggunakan metode *gumbel*. Persamaan *gumbel* digunakan untuk mengetahui besarnya nilai hujan harian maksimum dengan periode ulang tertentu. Persamaan *gumbel* adalah sebagai berikut :

$$Xr = \bar{X} + \frac{\delta x}{\delta n} (Yr - Yn) \tag{1}$$

Keterangan:  
CH ; Curah Hujan

*Sn* : *Selisih Standar Seviiasi*

$X_t$  : CH Rencana maksimum (mm/hari)       $Y_n$  : *Reduced mean*  
 $\bar{X}$  : CH rata-rata (mm/hari)                       $Y_t$  : *Reduced variety*  
 $S_d$  : Standar Deviasi

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relatif singkat, biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam. Intensitas curah hujan biasanya dinotasikan dengan huruf "P". Intensitas curah hujan ditentukan berdasarkan rumus *mononobe*, karena data curah hujan yang tersedia di daerah penelitian hanya terdapat data curah hujan harian. Rumus *mononobe* sebagai berikut :

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

Keterangan:

$R_{24}$  : Besarnya CH maksimum (CH rencana) dalam 24 jam

$t$  : Waktu lamanya hujan

Debit air limpasan maksimum dihitung dengan menggunakan rumus rasional yaitu :

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

Keterangan:

$Q$  = Debit air limpasan (m<sup>3</sup>/detik)

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

$C$  = Koefisien limpasan

$A$  = Luas daerah tangkapan hujan (km<sup>2</sup>)

Rumus *manning* digunakan untuk besar debit aliran pada saluran terbuka.

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

Keterangan:

$Q$  = Debit air (m<sup>3</sup>/detik)

$R$  = Jari-jari hidrolis (m)

$A$  = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

$n$  = nilai kekasaran dinding saluran menurut *Manning*.

$S$  = Kemiringan saluran (%)

Perhitungan kecepatan pengendapan digunakan sebagai parameter untuk menghitung luas dari kolam pengendapan. Besar nilai persentase pengendapan bertujuan untuk mengetahui fungsi dari kolam pengendapan yaitu untuk mengendapkan material padatan yang terbawa oleh air limpasan sebelum dilalirkan ke sungai, danau ataupun laut.

$$V_s = \frac{g \times D^2 (\rho_p - \rho_a)}{18 \mu} \quad (5)$$

Keterangan:

$V_s$  = Kecepatan pengendapan

$n$  = Viskositas air (kg/m.det)

$g$  = gaya gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

$\rho_p$  = Kerapatan air dan lumpur (kg/m<sup>3</sup>)

$D$  = diameter partikel padatan (m)

$\rho_a$  = Berat jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)

Debit padatan yang terkandung dalam lumpur pada kolam pengendapan:

$$Q_{solid} (Q_s) = Q_{air} \times \%TSS \quad (6)$$

Keterangan :

$Q_s$  = Debit padatan (m<sup>3</sup>/detik)

$Q_{air}$  = Debit air (m<sup>3</sup>/detik)

$\%TSS$  = Nilai *Total Suspended Solid* (%), (1% TSS=10.000 mg/liter)

Waktu yang dibutuhkan oleh partikel untuk mengendap adalah:

$$t_v = h/V_t \quad (7)$$

Keterangan:

$t_v$  = waktu partikel mengendap (menit)

$V_t$  = Kec partikel mengendap (m/detik)

$h$  = Kedalaman kolam (m)

Waktu partikel untuk keluar dari kolam pengendapan dapat diketahui berdasarkan kecepatan  $V_h$  adalah dengan rumus berikut:

$$th = \frac{l}{V_h} \tag{8}$$

Keterangan :

$th$  = Waktu yang dibutuhkan partikel keluar dari kolam pengendapan (detik)

$V_h$  = Kecepatan aliran partikel secara horisontal (m/detik)

$l$  = Panjang kolam pengendapan

Prosentase pengendapan, yaitu:

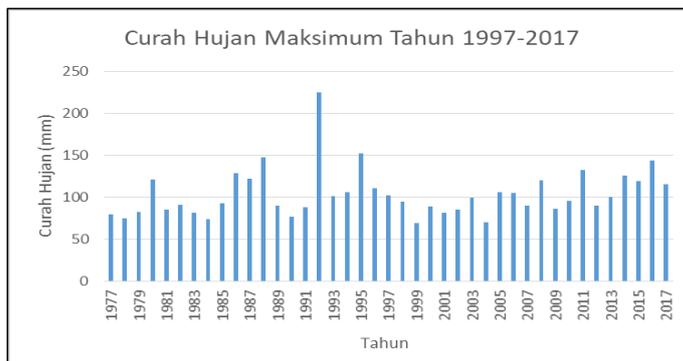
$$= \frac{\text{waktu yang dibutuhkan air keluar}}{(\text{waktu yang dibutuhkan air keluar} + \text{waktu pengendapan})} \times 100\% \tag{9}$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Kondisi Iklim dan Curah Hujan

##### 3.1.1. Kondisi Iklim dan Curah Hujan di Daerah Mahalona

Daerah penelitian tepatnya di Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan mempunyai iklim tropis, dengan dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Sistem penyaliran sangat dipengaruhi oleh curah hujan karena besar kecilnya hujan akan mempengaruhi jumlah air yang harus dialirkan oleh saluran terbuka. Untuk menentukan curah hujan pada lokasi penelitian diperlukan data curah hujan pada daerah tersebut. Data curah hujan digunakan untuk menghitung curah hujan rencana, padamana dari curah hujan rencana dapat diketahui nilai intensitas curah hujan pada daerah penelitian. Data curah hujan yang digunakan untuk dasar perhitungan diperoleh dari stasiun *plant site* dari tahun 1977 - 2017. Dari data yang telah didapatkan kemudian dilakukan perhitungan curah hujan sehingga diperoleh curah hujan maksimum sebesar 224,2 mm yang terjadi pada bulan Mei tahun 1992. Total curah hujan yang ada pada daerah penelitian sebesar 2.000-4.000 mm/tahun dengan rata-rata hari hujan sebesar 247 hari setiap tahun. Besar curah hujan maksimum pada setiap tahunnya tercantum pada Gambar 2.



Gambar 2. Curah Hujan Maksimum Tahun 1977-2017.

##### 3.1.2. Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa metode, pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode *gumbel*. *Gumbel* beranggapan bahwa distribusi variabel-variabel hidrologis tidak terbatas, sehingga digunakan data-data distribusi dengan harga yang paling besar (maksimum). Penentuan curah hujan rencana digunakan untuk menentukan besarnya intensitas hujan sehingga dapat dirancang dimensi dari saluran terbuka dan kolam pengendapan. Berdasarkan perhitungan data didapatkan nilai curah hujan 103,51 mm/tahun, nilai curah hujan rencana 112,4 mm/tahun.

Berdasarkan hasil perhitungan periode ulang hujan yang digunakan adalah 3 tahun dan resiko hidrologi 86,83%. Penentuan periode ulang hujan didasarkan pada:

- a. Rentang periode ulang hujan untuk sarana tambang 2-5 tahun.
- b. Resiko hidrologi lebih besar dari 85%.

##### 3.1.3. Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan dihitung dengan menggunakan rumus *Mononobe* karena data curah hujan yang tersedia pada daerah penelitian dalam bentuk curah hujan harian. Intensitas curah hujan dihitung dengan menggunakan data dari curah hujan rencana. Berdasarkan hasil perhitungan data didapatkan nilai intensitas hujan 38,967 mm/jam. Nilai intensitas curah hujan digunakan untuk menghitung debit air sehingga semakin besar nilai curah hujan semakin besar

nilai debit dan desain saluran terbuka serta kolam pengendapan. Desain saluran terbuka dan kolam pengendapan yang kecil dapat mengakibatkan meluapnya air yang akan dialirkan dan ditampung apabila tidak sesuai dengan kapasitasnya sedangkan desain saluran terbuka dan kolam pengendapan yang terlalu besar akan membutuhkan biaya yang besar juga.

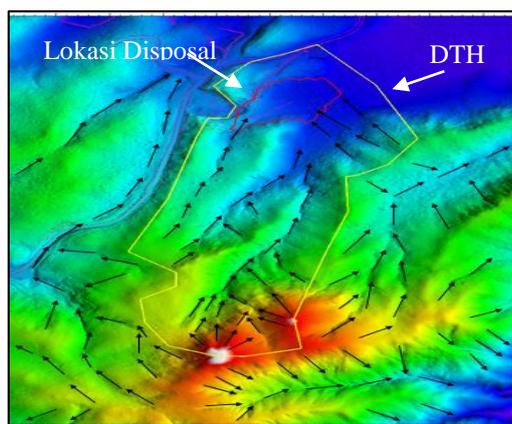
### 3.2. Sumber Air Pada Disposasi

Daerah penelitian yang dilakukan pada *disposal* Mahalona memiliki luas 13,06 ha dengan material tanah jenis lanau, pasir dan lempung. Disposasi akan digunakan untuk membuang atau menimbun material kadar rendah atau bukan bijih pada operasi penambangan. Sumber air pada daerah penelitian yaitu berasal dari air hujan dan air limpasan yang mengalir dari daerah tangkapan hujan di sekeliling disposasi yaitu dari titik tertinggi menuju titik terendah atau titik kumpul. Air yang menjadi permasalahan adalah air hujan yang langsung jatuh pada daerah disposasi dan air hujan yang menjadi air limpasan dari daerah sekitar disposasi yang mengalir menuju sungai dan danau sehingga dapat mencemari lingkungan yaitu pendangkalan pada daerah sungai dan danau serta berkurangnya tingkat kejernihan air.

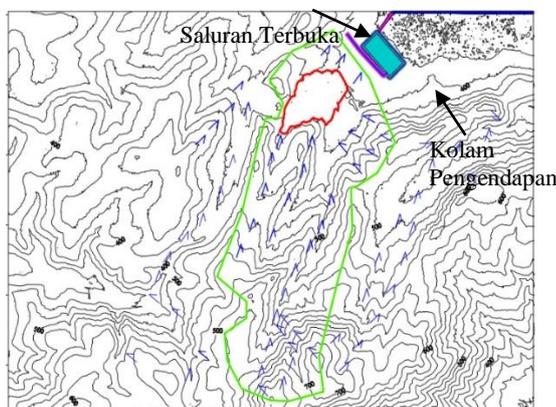
#### 3.2.1. Daerah Tangkapan Hujan

Luas daerah tangkapan hujan (DTH) pada daerah penelitian yaitu 1,99 km<sup>2</sup>. Luas daerah tangkapan hujan ditentukan berdasarkan peta topografi lokasi penelitian yang dibatasi oleh pegunungan atau perbukitan dan diperkirakan akan mengalirkan serta mengumpulkan air hujan. Cara untuk menentukan luas daerah tangkapan hujan adalah dengan menarik garis membentuk *polygon* tertutup dari titik-titik tertinggi di sekeliling disposasi yang diperkirakan dapat mengalirkan air. Luas daerah tangkapan hujan pada penelitian ini dicari dengan menggunakan program *Maptek Vulcan 9.0* (lisensi PT. Vale Indonesia Tbk).

Air limpasan yang berasal dari daerah tangkapan hujan akan mengalir dari elevasi yang paling tinggi menuju disposasi lalu mengalir ke sungai sesuai dengan arah aliran yang tercantum pada Gambar 3, sehingga dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan yang harus diatasi. Semakin luas atau besar daerah tangkapan hujan maka debit air limpasan yang masuk ke dalam disposasi juga semakin besar.



Gambar 3. Arah Aliran di Sekitar Disposasi



Gambar 4. Rancangan Penempatan Saluran Terbuka dan Kolam Pengendapan

### 3.2.2. Koefisien Limpasan

Setiap daerah memiliki nilai koefisien yang berbeda-beda tergantung pada kemiringan lahan, tata guna lahan, dan kerapatan vegetasi. Nilai koefisien limpasan dibutuhkan untuk menentukan debit air limpasan. Koefisien limpasan tiap-tiap daerah berbeda, sesuai dengan yang disebutkan Thompson pada tahun 2006 koefisien limpasan ( $C$ ) adalah rasio yang dimaksudkan untuk menunjukkan jumlah runoff yang dihasilkan oleh daerah tangkapan hujan. Pada penelitian ini koefisien limpasan didasarkan pada tiga area yaitu *open area*, hutan, dan lahan reklamasi yang memiliki luas area yang berbeda-beda. Perhitungan koefisien limpasan menggunakan tabel Perry (1967) dengan kemiringan 11,78% sehingga didapat nilai koefisien limpasan 0,213.

Tabel 1. Nilai Koefisien Limpasan

No	Tipe	Luas Daerah		Nilai Koefisien	c	C
1	Open Area	13,6	13,6	0,35	4,7	0,213
2	Hutan	179,414	179,4	0,2	35,9	
3	Reklamasi	3,1	6,46	0,3	1,9	
		2,6				
		0,7				
		0,06				
		199,46			42,5	

### 3.3. Penerapan Metode Alternatif

Pada penelitian ini penentuan curah hujan rencana menggunakan distribusi *gumbel* padamana data curah hujan yang digunakan yaitu curah hujan maksimum rata-rata sedangkan kenyataan data di lapangan terdapat unsur ketidakpastian sehingga dilakukan modifikasi rumus *gumbel*. Penelitian ini akan dicoba dengan pengolahan data curah hujan yang didasarkan pada beberapa pendekatan alternatif yaitu berdasarkan nilai curah hujan minimum yaitu 69,4 mm/hari pada tahun 1999, nilai curah hujan rata-rata yaitu 103,51 mm/hari dari tahun 1977 hingga tahun 2017, nilai curah hujan maksimum yaitu 224,2 mm/hari pada tahun 1992 dan nilai curah hujan yang paling banyak keluar yaitu 82,2 mm/hari dari tahun 1977 hingga tahun 2017. Berikut ini beberapa metode pendekatan alternatif:

#### 3.3.1. Alternatif I

Data curah hujan yang digunakan yaitu data curah hujan maksimum ditiap tahunnya kemudian diambil nilai yang paling kecil dari data tersebut. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode pendekatan curah hujan minimum didapatkan nilai curah hujan rencana sebesar 78,3 mm/hari dan nilai intensitas hujan sebesar 27,14 mm/jam.

Debit air limpasan pada alternatif I dihitung dengan menggunakan data curah hujan minimum. Pada alternatif I nilai koefisien limpasan 0,213, luas DTH 1,99 ha dan intensitas hujan 27,141 mm/jam sehingga didapatkan nilai debit air limpasan sebesar 3,21 m<sup>3</sup>/detik atau 11567,93 m<sup>3</sup>/jam. Dimensi saluran terbuka yang sudah dihitung berdasarkan nilai debit air limpasan yang akan dialirkan yaitu: Lebar dasar ( $b$ ) = 0,7 m, Lebar permukaan ( $B$ ) = 3,3 m, Kedalaman saluran ( $h$ ) = 1,3 m, Kedalaman air ( $d$ ) = 1 m, Kemiringan dinding saluran ( $\alpha$ ) = 45 °.

Hasil perhitungan kolam pengendapan pada alternatif I dengan debit air sebesar 3,213 m<sup>3</sup>/det, kecepatan pengendapan 0,0798 m/det didapatkan luas kolam pengendapan 40,24 m<sup>2</sup> sehingga didapatkan dimensi kolam pengendapan yaitu :

- Luas kolam pengendapan = 40,24 m<sup>2</sup>
- Jumlah kompartmen = 3
- Kedalaman kolam ( $H$ ) = 3 m
- Lebar kolam ( $b$ ) = 9 m
- Panjang kolam tiap kompartmen ( $l$ ) = 5 m
- Panjang total kolam = 21 m
- Lebar penyekat = 8 m
- Panjang penyekat = 3 m
- Kedalaman penyekat = 3 m

Dari dimesi kolam pengendapan tersebut didapatkan volume dari kolam pengendapan pada alternatif I sebesar 423 m<sup>3</sup>.

### 3.3.2. Alternatif II

Data curah hujan yang digunakan yaitu data curah hujan maksimum pada setiap tahunnya kemudian dirata-ratakan. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode pendekatan curah hujan rata-rata didapatkan nilai curah hujan rencana sebesar 112,4 mm/hari dan nilai intensitas curah hujan sebesar 38,967 mm/jam.

Debit air limpasan pada alternatif II dihitung dengan menggunakan data curah hujan maksimum yang dirata-ratakan. Pada alternatif II nilai koefisien limpasan 0,213, luas DTH 1,99 ha dan intensitas hujan 38,967 mm/jam sehingga didapatkan nilai debit air limpasan sebesar 4,61 m<sup>3</sup>/detik atau 16608,34 m<sup>3</sup>/jam. Saluran terbuka untuk alternatif II memiliki dimensi : Lebar dasar ( $b$ ) = 0,7 m, Lebar permukaan ( $B$ ) = 3 m, Kedalam saluran ( $h$ ) = 1,3 m, Kedalaman air ( $d$ ) = 1 m, Kemiringan dinding saluran ( $\alpha$ ) = 45 °.

Hasil perhitungan kolam pengendapan pada alternatif II dengan debit air sebesar 4,61 m<sup>3</sup>/det, kecepatan pengendapan 0,0798 m/det didapatkan luas kolam pengendapan 57,77 m<sup>2</sup> sehingga dimensi dari kolam pengendapan yaitu:

- |  |                        |
|--|------------------------|
| a. Luas kolam pengendapan                | = 57,77 m <sup>2</sup> |
| b. Jumlah kompartmen                     | = 3                    |
| c. Kedalaman kolam ( $H$ )               | = 3 m                  |
| d. Lebar kolam ( $b$ )                   | = 10 m                 |
| e. Panjang kolam tiap kompartmen ( $l$ ) | = 6 m                  |
| f. Panjang total kolam                   | = 24 m                 |
| g. Lebar penyekat                        | = 9 m                  |
| h. Panjang penyekat                      | = 3 m                  |
| i. Kedalaman penyekat                    | = 3 m                  |

Dari dimesi kolam pengendapan tersebut didapatkan volume dari kolam pengendapan pada alternatif 2 sebesar 558 m<sup>3</sup>.

### 3.3.3. Alternatif III

Data curah hujan yang digunakan yaitu data curah hujan maksimum ditiap tahunnya kemudian diambil nilai yang paling besar dari data tersebut. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode pendekatan curah hujan maksimum didapatkan nilai curah hujan rencana sebesar 233,1 mm/hari dan nilai intensitas curah hujan sebesar 80,807 mm/jam.

Debit air limpasan pada alternatif III dihitung dengan menggunakan data curah hujan maksimum. Pada alternatif III nilai koefisien limpasan 0,213, luas DTH 1,99 ha dan nilai intensitas hujan 80,807 mm/jam sehingga didapatkan debit air limpasan sebesar 9,56 m<sup>3</sup>/detik atau 34441,13 m<sup>3</sup>/jam. Saluran terbuka untuk alternatif III memiliki dimensi : Lebar dasar ( $b$ ) = 1,5 m, Lebar permukaan ( $B$ ) = 4 m, Kedalam saluran ( $h$ ) = 1,3 m, Kedalaman air ( $d$ ) = 1 m, Kemiringan dinding saluran ( $\alpha$ ) = 45 °.

Hasil perhitungan kolam pengendapan pada alternatif III dengan debit air sebesar 9,56 m<sup>3</sup>/det, kecepatan pengendapan 0,0798 m/det didapatkan luas kolam pengendapan 119,81 m<sup>2</sup> sehingga dimensi dari kolam pengendapan yaitu:

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| a. Luas kolam pengendapan               | = 119,81 m <sup>2</sup> |
| b. Jumlah kompartmen                    | = 3                     |
| c. Kedalaman kolam ( $H$ )              | = 3 m                   |
| d. Lebar kolam ( $b$ )                  | = 15 m                  |
| e. Panjang kolam tiap kompartmen( $l$ ) | = 8 m                   |
| f. Panjang total kolam                  | = 30 m                  |
| g. Lebar penyekat                       | = 3 m                   |
| h. Panjang penyekat                     | = 14 m                  |
| i. Kedalaman penyekat                   | = 3 m                   |

### 3.3.4. Alternatif IV

Data curah hujan yang digunakan yaitu data curah hujan maksimum ditiap tahunnya kemudian dianalisis data mana yang paling banyak atau sering keluar. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode pendekatan curah hujan yang paling banyak keluar didapatkan nilai curah hujan rencana sebesar 37,5 mm/hari dan nilai intensitas hujan sebesar 31,579 mm/jam.

Debit air limpasan pada alternatif IV dihitung dengan menggunakan data curah hujan yang paling banyak atau sering muncul. Pada alternatif IV nilai koefisien limpasan 0,213, luas DTH 1,99 ha dan nilai intensitas hujan 31,579 mm/jam sehingga didapatkan debit air limpasan sebesar 1,53 m<sup>3</sup>/detik atau 5538,08 m<sup>3</sup>/jam. Saluran terbuka untuk alternatif IV memiliki dimensi : Lebar dasar ( $b$ ) = 0,8 m, Lebar permukaan ( $B$ ) = 3,4 m, Kedalam saluran ( $h$ ) = 1,3 m, Kedalaman air ( $d$ ) = 1 m, Kemiringan dinding saluran ( $\alpha$ ) = 45 °.

Dari hasil perhitungan kolam pengendapan pada alternatif IV dengan debit air sebesar  $3,73 \text{ m}^3/\text{det}$ , kecepatan pengendapan  $0,0798 \text{ m/det}$  didapatkan luas kolam pengendapan  $40,62 \text{ m}^2$  sehingga dimensi dari kolam pengendapan yaitu:

- a. Luas kolam pengendapan =  $46,82 \text{ m}^2$
- b. Jumlah kompartmen = 3
- c. Kedalaman kolam ( $H$ ) = 3 m
- d. Lebar kolam ( $b$ ) = 10 m
- e. Panjang kolam tiap kompartmen ( $l$ ) = 5 m
- f. Panjang total kolam = 21 m
- g. Lebar penyekat = 9 m
- h. Panjang penyekat = 3 m
- i. Kedalaman penyekat = 3 m

Dari dimesi kolam pengendapan tersebut didapatkan volume dari kolam pengendapan pada alternatif 4 sebesar  $468 \text{ m}^3$ .

### 3.4. Debit Air Limpasan

Air limpasan yaitu bagian dari curah hujan yang jatuh serta mengalir ke permukaan tanah, sungai, danau, hingga laut. Aliran itu terjadi akibat curah hujan yang jatuh ke permukaan tidak terinfiltrasi semua karena disebabkan oleh intensitas curah hujan atau faktor bentuk lereng dan kekompakan batuan serta vegetasi yang ada didaerah tersebut. Debit air limpasan yaitu banyaknya air yang akan masuk atau mengalir ke suatu daerah. Rumus rasional digunakan untuk menghitung debit air limpasan dengan parameter koefisien limpasan, intensitas hujan dan luas daerah tangkapan hujan.

Debit air limpasan dari setiap alternatif antara  $3,21 \text{ m}^3/\text{detik}$  hingga  $9,56 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Nilai debit air limpasan digunakan untuk menghitung luas kolam pengendapan serta parameter untuk merancang dimensi saluran terbuka sehingga, semakin besar debit air maka semakin besar juga luas dari kolam pengendapan dan saluran terbuka.

Debit air limpasan yang dipilih dari setiap alternatif yaitu debit air limpasan pada alternatif II sebesar  $4,61 \text{ m}^3/\text{detik}$  yang menggunakan curah hujan rata-rata. Debit air limpasan pada alternatif II ini dipilih karena jika menggunakan debit air limpasan yang kecil, rancangan saluran terbuka dan kolam pengendapan juga lebih kecil sehingga dikhawatirkan tidak dapat mengalirkan dan menampung air yang dapat menyebabkan meluapnya air sedangkan debit air limpasan yang besar, rancangan saluran terbuka dan kolam pengendapan juga besar sehingga memerlukan biaya yang lebih besar.

### 3.5. Saluran Terbuka

Pada penelitian ini saluran terbuka bertujuan untuk mengalirkan air hujan dan air limpasan yang masuk ke disposal menuju kolam pengendapan agar tidak langsung mengalir menuju sungai atau danau yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Penentuan lokasi saluran terbuka berdasarkan letak daerah tangkapan hujan, arah aliran air, dan debit air limpasan daerah tangkapan hujan. Bentuk saluran terbuka yang digunakan adalah bentuk trapesium dengan sudut  $45^\circ$ . Pemilihan penggunaan bentuk trapesium berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Lebih mudah dalam pembuatan saluran
- b. Dinding saluran tidak mudah longsor
- c. Dapat mengalirkan debit yang besar
- d. Lebih mudah dalam perawatan

Saluran terbuka berfungsi untuk menampung air limpasan permukaan pada suatu daerah dan mengalirkannya ke kolam pengendapan. Saluran terbuka yang dibuat harus tahan terhadap gerusan aliran air, sehingga tidak menimbulkan erosi pada dinding saluran. Saluran yang digunakan dalam jangka waktu tertentu akan memberikan dampak yang mengakibatkan saluran tersebut tidak dapat berfungsi secara optimal karena adanya erosi. Dan juga dasar saluran terbuka harus dibuat miring supaya aliran air tidak menyisakan endapan di dasar saluran.

Bentuk saluran terbuka pada umumnya ada beberapa macam antara lain bentuk segiempat, bentuk segitiga, dan bentuk trapesium. Saluran terbuka yang akan dibuat berbentuk trapesium dengan pertimbangan dinding saluran yang tidak mudah mengalami keruntuhan akibat erosi, dapat mengalirkan debit yang besar, dan mudah dalam perawatannya.

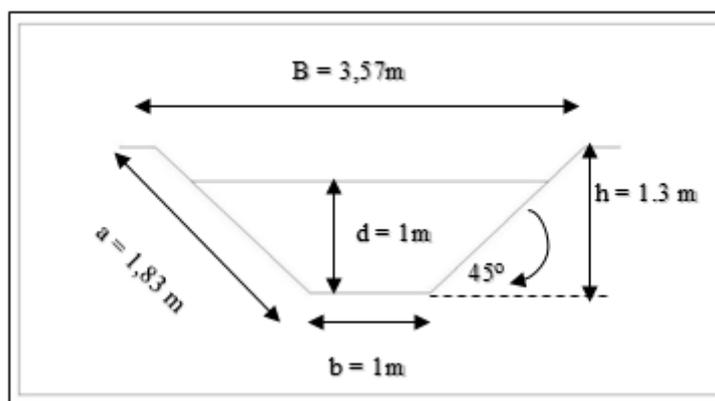
Dimensi saluran terbuka dibuat menyesuaikan dengan debit air limpasan pada daerah tangkapan hujan. Tinggi jagaan pada saluran terbuka yaitu 30% dari tinggi atau kedalaman air yang bertujuan untuk mengantisipasi meluapnya air. Pada saluran terbuka dirancang kemiringan dinding saluran  $45^\circ$  dengan alasan tingkat erosi lebih rendah serta mempermudah dalam pemasangan batu susun nantinya. Dimensi untuk saluran terbuka yang sesuai dengan empat alternatif adalah sebagai berikut:

- Dasar saluran ( $b$ ) =  $0,7 \text{ m} - 1,5 \text{ m}$
- Lebar permukaan ( $B$ ) =  $3,3 \text{ m} - 4 \text{ m}$

Tinggi saluran ( $h$ )	= 1,3 m
Kedalaman air ( $d$ )	= 1 m
Panjang sisi luar saluran ( $a$ )	= 1,8 m
Kemiringan dinding saluran ( $\alpha$ )	= $45^\circ$

Dari dimensi dari beberapa alternatif dipilih dimensi alternatif II dengan alasan dimensi ini sudah dapat menampung debit air yang akan mengalir serta biaya dan perawatan yang dibutuhkan tidak terlalu besar yang tercantum pada Gambar 4. Saluran terbuka untuk alternatif II memiliki dimensi:

Lebar dasar ( $b$ )	= 1 m
Lebar permukaan ( $B$ )	= 3,5 m
Tinggi saluran ( $h$ )	= 1,3 m
Kedalaman air ( $d$ )	= 1 m
Panjang sisi luar saluran ( $a$ )	= 1,8 m
Kemiringan dinding saluran ( $\alpha$ )	= $45^\circ$



Gambar 5. Dimensi Saluran Terbuka.

### 3.6. Kolam Pengendapan

Pada penelitian ini kolam pengendapan bertujuan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan pada sungai dan danau. Kolam pengendapan berfungsi untuk mengendapkan dan menampung air limpasan yang mengandung material padatan atau lumpur sehingga sebelum dialirkan ke sungai dan danau sudah jernih selain itu hal ini juga dimaksudkan untuk mencegah terjadinya pendangkalan sungai. Disamping tempat pengendapan, kolam pengendapan juga dapat berfungsi sebagai tempat pengontrol kualitas dari air yang akan dialirkan keluar kolam pengendapan, baik itu kandungan materialnya, tingkat keasaman ataupun kandungan material lain yang dapat membahayakan lingkungan.

Luas kolam pengendapan dapat dihitung dengan beberapa parameter yaitu debit air limpasan, kecepatan pengendapan dan luas daerah tangkapan hujan. Kecepatan pengendapan adalah waktu yang dibutuhkan suatu partikel untuk mengendap. Kecepatan pengendapan harus diketahui untuk menentukan luas dari kolam pengendapan. Nilai kecepatan pengendapan dapat diketahui dengan melakukan uji laboratorium berupa *specific gravity* dan hidrometer. Sebelum melakukan uji lab, dilakukan pengambilan sampel pada lokasi penelitian.

#### a. Pengujian Laboratorium *Specific Gravity*

Pengujian *specific gravity* dilakukan untuk mengetahui nilai densitas partikel. Pengujian dilakukan dengan menimbang piknometer yaitu berat kosong (M1) kemudian menimbang piknometer yang telah diisi dengan air sampai batas tertentu (M4) lalu memasukkan sampel kedalam piknometer dan ditimbang (M2) setelah itu ditambahkan air suling kira-kira setengah dari piknometer dan gelembung udaranya dikeluarkan menggunakan *vacum* kemudian ditambahkan air hingga penuh dan ditimbang (M3). Hasil dari pengukuran yang dilakukan diolah sehingga didapatkan nilai *specific gravity* sebesar 2,185.

#### b. Pengujian Laboratorium Hidrometer

Pengujian hidrometer dilakukan untuk mengetahui diameter partikel. Pengujian dilakukan dengan mencampur tanah kering seberat 50 gr dengan air suling secukupnya, tambahkan sodium metaphosphate secukupnya dan direndam selama  $\pm 16$  jam. Setelah direndam dituangkan ke dalam lesung porselin diaduk dengan penumbuk karet lalu dituangkan ke gelas stainless (dispersion dish) kemudian di aduk dengan mesin pengaduk (mixer) sampai partikel tanah terberai ( $\pm 10$  menit). Tuangkan campuran ke tabung silinder, lalu tambahkan air secukupnya dan tutup bagian atas yang terbuka dan bagian bawah dari tabung silinder dengan telapak tangan lalu dibalikkan berulang-ulang

(dikocok). Setelah dikocok selama 30 detik, Letakkan tabung silinder di atas meja. Masukkan hidrometer ke dalam campuran, pengukuran di mulai dengan timer. Setelah pembacaan  $\pm 8$  jam sampel dimasukkan ke ayakan yang telah disusun dari ayakan no 4 hingga no 200 kemudian di masukkan kedalam oven hingga kering dan ditimbang. Dari hasil pengujian laboratorium didapatkan nilai diameter partikel 0,0124 mm sehingga, dari data tersebut didapat nilai kecepatan pengendapan sebesar 0,079 m/detik atau 2,87 m/jam.

Kolam pengendapan perlu dilakukan perawatan dengan melakukan pengerukan partikel padatan yang mengendap. Disamping itu, penentuan lokasi pengamatan air tambang yang akan dialirkan ke badan air disekeliling kolam pengendapan sangat penting untuk menjamin kualitas air tambang yang dialirkan sesuai dengan yang telah ditetapkan. Oleh karena itu maka penentuan lokasi pemantauan kualitas air tambang (penataan) harus ditentukan berdasarkan hasil penelitian atau kajian yang akurat dan dikaitkan dengan aspek lingkungan. Sementara penentuan titik pemantauan (penataan) belum didasarkan pada ketentuan tersebut diatas.

Lokasi kolam pengendapan pada daerah penelitian terletak di sebelah timur disposal dekat dengan saluran terbuka. Penentuan lokasi dari kolam pengendapan ini didasarkan pada:

- 1) Lokasi kolam pengendapan harus diluar area disposal
- 2) Dekat dengan sarana penyaliran
- 3) Tidak mengganggu kegiatan pada daerah disposal
- 4) Terdapat pada daerah yang rendah, dengan memperhatikan keadaan topografi daerah penambangan.

Luas dan dimensi dari kolam pengendapan didasarkan pada banyaknya debit air yang akan ditampung dari kolam serta kecepatan pengendapan dari material disekitar daerah penelitian. Luas kolam pengendapan yang dibutuhkan adalah antara 40,5 m<sup>2</sup> hingga 128 m<sup>2</sup>. Kolam pengendapan terdiri dari 3 kompartmen dengan 2 zona yaitu zona masukan dan pengendapan serta penjernihan dan keluaran. Kompartmen 1 dan 2 digunakan untuk mengatur kecepatan aliran air dan untuk mengendapkan material padatan yang terbawa oleh air dan kompartmen 3 untuk mengalirkan air yang sudah jernih. Perhitungan dimensi kolam pengendapan disesuaikan dengan luas kolam yang dibutuhkan untuk menampung debit air dan material padat yang akan masuk kedalam kolam pengendapan.

Berikut adalah dimensi dari kolam pengendapan dengan empat alternatif:

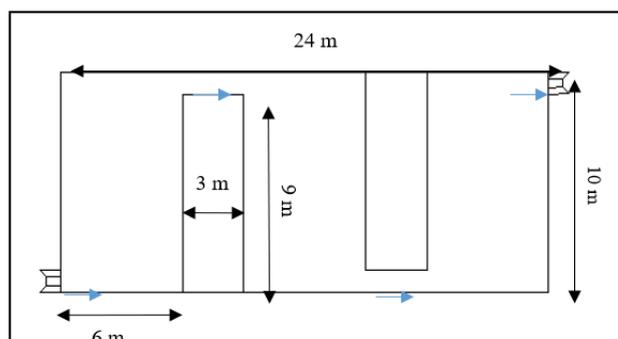
- 1) Luas kolam pengendapan = 40,5m<sup>2</sup> – 128 m<sup>2</sup>
- 2) Jumlah kompartmen = 3
- 3) Kedalaman kolam (*H*) = 3 m
- 4) Lebar kolam (*b*) = 9 m – 16 m
- 5) Panjang kolam tiap kompartmen (*l*) = 4,5 m – 8 m
- 6) Lebar penyekat = 3 m
- 7) Panjang penyekat = 9 m

Dari dimensi kolam pengendapan dipilih dimensi alternatif II dengan alasan dimensi ini sudah dianggap sudah dapat menampung air dan menjernihkan air sebelum dialirkan ke sungai atau danau yang tercantum pada Gambar 7. Kolam dengan dimensi yang besar membutuhkan biaya yang besar. Berikut ini hasil rancangan dimensi kolam pengendapan yang dipilih yaitu:

- 1) Jumlah kompartmen = 3
- 2) Kedalaman kolam (*H*) = 3 m
- 3) Lebar kolam (*b*) = 10 m
- 4) Panjang tiap kompartmen (*l*) = 6 m
- 5) Panjang total kolam = 24 m
- 6) Lebar penyekat = 3 m
- 7) Panjang penyekat = 9 m

Dari dimesi tersebut didapatkan volume kolam pengendapan pada alternatif II sebesar 558m<sup>3</sup>.

Dari hasil perhitungan persen solid pada daerah penelitian yaitu 0,01% dengan debit total yang masuk 4,613 m/det, sehingga rumus persamaan yang digunakan menghitung kecepatan pengendapan menggunakan hukum stokes.



Gambar 6. Dimensi Kolam Pengendapan.

Kecepatan pengendapan material didapatkan sebesar 0,0798 m/det, waktu yang dibutuhkan material untuk mengendap (tv) 0,626 menit sedangkan waktu yang dibutuhkan air dan material terlarut untuk keluar kolam pengendapan (th) 1,95 menit sehingga material tersuspensi yang terendapkan mencapai 75,69% dan padatan yang berhasil diendapkan selama sehari 27,38 m<sup>3</sup>/hari maka lama waktu pengerukan kolam pengendapan setiap 18 hari sekali.

### Kesimpulan

1. Debit air limpasan yang berasal dari daerah tangkapan hujan sebesar 4,61 m<sup>3</sup>/s.
2. Saluran terbuka dirancang berdasarkan debit air limpasan dari daerah tangkapan hujan dengan bentuk penampang trapesium. Hasil rancangan saluran terbuka sebagai berikut :  
b = 1 m; B = 3 m; d = 1 m; h = 1,3 m; a = 1,8 m.
3. Kolam pengendapan hasil rancangan
  - a. Memiliki dimensi panjang keseluruhan (l) = 18 m, lebar (b) = 10 m, kedalaman (H) = 3 m, panjang penyekat = 3 m, lebar penyekat = 9 m, kedalaman penyekat = 3 m.
  - b. Terdiri dari 3 kompartmen dengan 2 zona yaitu zona masukan dan pengendapan serta zona penjernihan dan keluaran.
  - c. Volume kolam pengendapan = 558 m<sup>3</sup>.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UPN "Veteran" Yogyakarta dan PT. Vale Indonesia karena telah mendukung penyelesaian penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Cahyadi, T.A., Widodo, L.E., Syihab, Z., Notosiswoyo, S. (2016). Conceptual Model of Groundwater Depressurization in Different Permeability Caused by Drain Hole Instalation, 329-341.
- Cahyadi, T.A., Widodo, L.E., Fajar, R.A., Baiqun, A. (2018). Influence of drain hole inclination on drainage effectiveness of coal open pit mine slope. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 212 (2018) 012060.
- Gumbel, E. J. (1941). The return period of flood flows. The Annals of Mathematical Statistics, 12(2), 163-190.
- Manggau, L.L. (2017). Rancangan Sistem Penyaliran Tambang Pit D2 Peteeaa, PT. Vale, Sulawesi Selatan.
- Perry. (1967). *Empirical Determination Of Rational Method Runoff Coefficients*, USA.
- PT. Vale Indonesia Tbk. (2018). Peta Konsensi Kerja, *Geotechnical and Hidrology Engineering Department* (Tidak dipublikasikan).
- PT. Vale Indonesia Tbk. (2018). Grafik Curah Hujan Tahunan Tahun 1977-207, *Geotechnical and Hidrology Engineering Department* (Tidak dipublikasikan).
- Seegmiller, B.L. (2003). *Horizontal Drains-There Use In Open Pit Mine Dewatering*, USA, diperoleh dari [http://www.imwa.info/docs/imds\\_1979/IMDS1979\\_Seegmiller\\_258.pdf](http://www.imwa.info/docs/imds_1979/IMDS1979_Seegmiller_258.pdf).
- Straskraba, V. (2014). *Some Technical Aspects Of Open Pit Mine Dewatering*, USA, diperoleh dari [https://www.imwa.info/docs/imds\\_1979/IMDS1979\\_Straskraba\\_481.pdf](https://www.imwa.info/docs/imds_1979/IMDS1979_Straskraba_481.pdf)
- Syarifuddin, S., Widodo, S., dan Nurwaskito, A. (2017). Kajian Sistem Penyaliran pada Tambang Terbuka Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. Jurnal Geomine, 5(2).
- Thompson, D. B. (2006). The Rational Method, Regional Regression Equations, and Site-Specific Flood-Frequency Relations. Texas Department of Transportation. *Research Report 0-4405-1*, Texas Technical University, USA
- Widodo L.E, Cahyadi T.A, Syihab Z, Notosiswoyo S, Iskandar I, dan Rustamaji H.C. (2018). Development of Drain Hole Design Optimisation: A Conceptual Model for Open Pit Mine Slope Drainage System With Fractured Media Using A Multi-Stage Genetic Algorithm, *Environmental Earth Sciences* (77). pp. 721.