

RANCANGAN SISTEM PENYALIRAN TAMBANG PADA TAMBANG BIJIH NIKEL PIT HILL ANYER

DESIGN OF MINE WATERING SYSTEM AT ANYER PIT HILL NICKEL ORE MINE

Zulfikar Aulia Alisaputra¹, Peter Eka Rosadi²

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta,
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia

email: zulfikarali140101@gmail.com

email: peterekarosadi@upnyk.ac.id

Cara Sitasi : Z. A. Alisaputra dan P. E. Rosadi, "Rancangan Sistem Penyaliran Tambang pada Tambang Bijih Nikel Pit Hill Anyer", *Kurvatek*, vol. 10, no. 1, pp. 29-38, April 2025. doi: <https://doi.org/10.33579/krvtk.v10i1.5529> [Online].

Abstrak — Penelitian ini bertujuan merancang sistem penyaliran tambang untuk mengatasi masalah genangan pada lantai pit akibat curah hujan tinggi. Berdasarkan analisis hidrologi menggunakan data curah hujan 15 tahun (2009-2023), metode distribusi Gumbel dipilih dengan curah hujan rencana 75 mm, intensitas curah hujan 16,38 mm/jam, dan periode ulang hujan 2 tahun. Terdapat empat daerah tangkapan hujan (DTH) di area pit, dan desain sistem penyaliran tambang meliputi saluran terbuka, gorong-gorong, dan kolam pengendapan. Dimensi saluran dan gorong-gorong dirancang berdasarkan debit air limpasan masing-masing DTH. Kolam pengendapan terdiri dari tiga kompartemen dengan waktu pemeliharaan 100-1292 hari. Desain ini diharapkan efektif dalam mengelola air limpasan untuk mendukung operasional tambang.

Kata kunci: Goodness of Fit, Sistem Penyaliran Tambang, Kolam Pengendapan

Abstract — This study aims to design a mine drainage system to overcome the problem of inundation on the pit floor due to high rainfall. Based on hydrological analysis using 15 years of rainfall data (2009-2023), the Gumbel distribution method was selected with a planned rainfall of 75 mm, Precipitation intensity of 16.38 mm/hour, and rainfall return period of 2 years. There are four rainfall catchments in the pit area, and the mine drainage system design includes open channels, culverts and settling ponds. The dimensions of the channels and culverts are designed based on the runoff water discharge of each DTH. The settling pond consists of three compartments with a maintenance time of 100-1292 days. This design is expected to be effective in managing runoff water to support mine operations

Keywords: Goodness of Fit, Mine Conveyance System, Settling Ponds

I. PENDAHULUAN

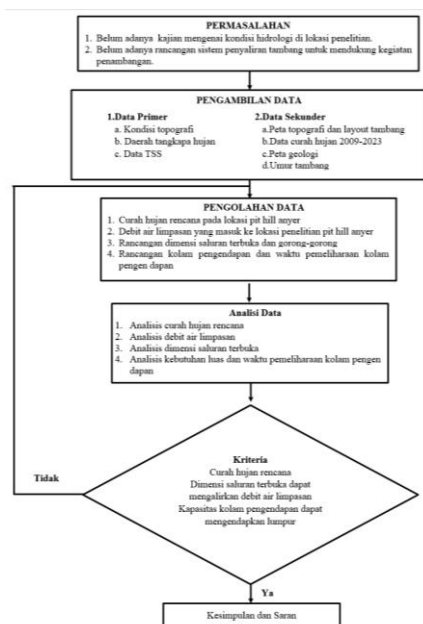
PT Mineral Alam Abadi merupakan salah satu perusahaan kontraktor pertambangan bijih nikel. PT Mineral Alam Abadi dalam melakukan penambangan menerapkan sistem tambang terbuka (*surface mining*), dimana untuk penambangan dengan sistem tambang terbuka dilakukan diatas permukaan bumi dan berhubungan langsung dengan udara luar sehingga semua rangkaian kerja yang dilakukan akan sangat dipengaruhi oleh iklim maupun cuaca. Pada kondisi cuaca yang ekstrim serta curah hujan yang tinggi, maka air limpasan yang bersumber dari air hujan dapat menggenang pada bukaan tambang dan memicu adanya genangan air pada *pit* penambangan yang berakibat terhentinya proses produksi.

PT Mineral Alam Abadi sebagai salah satu perusahaan tambang yang beroperasi di wilayah Kabupaten Halmahera Selatan menghadapi permasalahan dalam pengelolaan sistem penyaliran tambang. Sitem penyaliran tambang dibutuhkan dari awal mulai penambangan hingga ke ahir penambangan (*final pit*). Meskipun telah dilakukan upaya-upaya untuk mengimplementasikan sistem penyaliran tambang, namun belum ada rancangan sistem penyaliran yang sesuai dengan kebutuhan operasional perusahaan.

Berdasarkan permasalahan yang ada pada PT Mineral Alam Abadi inilah yang melatarbelakangi penelitian ini tentang rancangan sistem penyaliran tambang pada pit penambangan. Agar nantinya proses penambangan bijih nikel yang dilakukan tidak terhambat dan target produksi yang ditetapkan perusahaan tetap terpenuhi.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara pengambilan data dilokasi pit hil anyer dan data sekunder. Metode penelitian dijelaskan pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Bagan Alir Metode Penelitian

A. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan Curah Hujan Rencana dilakukan dengan menggunakan metode distribusi gumbel. Untuk perhitungan metode distribusi gumbel dapat dihitung dengan rumus [1] :

$$X_t = \bar{X} + \frac{S_n}{S_x} (Y_t - Y_n) \quad [1]$$

Keterangan :

- $\bar{X}_{max}$: Curah hujan harian maksimum (mm)
- S_x : Standar deviasi nilai curah hujan dari data yang diperoleh
- S_n : Standar deviasi reduksi variat, tergantung dari jumlah data
- Y_r : Nilai reduksi variat dari variable yang terjadi pada periode ulang hujan
- Y_n' : Nilai rata-rata reduksi variat, tergantung dari jumlah data

untuk menghitung nilai standar deviasi, nilai reduksi variat, dan nilai rata-rata menggunakan data curah hujan harian maksimum pada lokasi.

B. Perhitungan Debit Air Limpasan

Perhitungan debit air limpasan dilakukan dengan menggunakan metode rasional. Untuk perhitungan metode rasional dapat dihitung dengan rumus [2] :

$$Q_{max} = 0,278 \times C \times I \times A \quad [2]$$

Keterangan :

- Q_{max} : Debit air limpasan maksimum (m³/s)
- C : Koefisien air limpasan
- I : Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A : Luas daerah tangkapan hujan (km²)

untuk menghitung nilai koefisien limpasan menggunakan kondisi di lokasi penelitian dan dikategorikan berdasarkan tabel koefisien limpasan J.Hassing, nilai intensitas curah hujan didapatkan dari hasil curah hujan rencana dibagi dengan nilai rata-rata jam hujan pada lokasi penelitian, nilai luas daerah tangkapan hujan didapatkan menggunakan software surfer untuk mengetahui potensi arah aliran dilanjutkan digitasi untuk memperoleh luas daerah tangkapan hujan pada lokasi penelitian.

C. Rancangan Dimensi Saluran Terbuka dan Gorong-gorong

Rancangan dimensi saluran terbuka menggunakan perhitungan dimensi saluran terbuka dan gorong-gorong dilakukan dengan menggunakan rumus persamaan manning. Untuk perhitungan dengan rumus persamaan manning dapat dihitung dengan rumus [3] :

$$Q = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A. \quad [3]$$

Keterangan :

- Q : Debit air limpasan (m^3/s)
 R : Jari – jari hidrolis (m)
 S : Kemiringan dasar saluran (%)
 A : Luas Penampang Basah (m^2)
 n : Koefisien kekerasan dinding menurut Manning

untuk menghitung nilai koefisien limpasan menggunakan kondisi di lokasi penelitian dan dikategorikan berdasarkan tabel koefisien limpasan J.Hassing, nilai intensitas curah hujan didapatkan dari hasil curah hujan rancana dibagi dengan nilai rata-rata jam hujan pada lokasi penelitian, nilai luas daerah tangkapan hujan didapatkan menggunakan software surfer untuk mengetahui potensi arah aliran dilanjutkan digitasi untuk memperoleh luas daerah tangkapan hujan pada lokasi penelitian.

D. Rancangan Kolam Pengendapan dan waktu pemeliharaan kolam pengendapan

Rancangan dimensi kolam pengendapan dilakukan dengan menggunakan debit air yang masuk dan kecepatan pengendapan partikel untuk didapatkan luas minimum kolam pengendapan dan dapat dihitung dengan rumus [4] :

$$A = \frac{Q_{total}}{V_t} \quad [4]$$

Keterangan :

- A : Luas kolam pengendapan (m^2)
 Q_{total} : Debit air yang masuk kolam pengendapan (m^3/s)
 V_t : Kecepatan pengendapan (m/s)

waktu pemeliharaan kolam pengendapan dilakukan dengan menghitung debit padatan, waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap, kecepatan air dalam kolam, waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar kolam pengendapan dengan kecepatan aliran, presentase pengendapan, volume padatan dan waktu pengerukan.

1. Debit padatan terkandung dalam lumpur kolam pengendapan dapat dihitung dengan rumus [5]

$$Q_{solid} = Q_{air} \times \%TSS \quad [5]$$

Keterangan :

- Q_{solid} : debit padatan (m^3/s)
 Q_{air} : debit air (m^3/s)
 $\%TSS$: nilai Total Suspended Solid (%)

2. Waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap dapat dihitung dengan rumus [6]

$$tv = \frac{h}{vt} \quad [6]$$

Keterangan :

- tv : waktu pengendapan partikel (menit)
 vt : kecepatan pengendapan partikel (m/s)
 h : kedalaman saluran (m)

3. Kecepatan air dalam kolam dapat dihitung dengan rumus [7]

$$vh = \frac{Q_{total}}{A} \quad [7]$$

Keterangan :

- vh : kecepatan mendatar partikel (m/s)
 Q_{total} : debit aliran yang masuk ke kolam pengendapan (m^3/s)
 A : luas permukaan saluran (m^2)

4. Waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar kolam pengendapan dengan kecepatan aliran dapat dihitung dengan rumus [8]

$$th = \frac{P}{vh} \quad [8]$$

Keterangan :

- th : waktu yang dibutuhkan partikel keluar kolam pengendapan (s)
 P : panjang kolam pengendapan (m)
 Vh : kecepatan mendatar partikel (m/s)

5. Perhitungan presentase pengendapan dapat dihitung dengan rumus [9]

$$\%Pengendapan = \frac{th}{th+tv} \times 100\% \quad [9]$$

Keterangan :

- th : Waktu yang dibutuhkan air keluar (s)
 tv : waktu pengendapan (s)

6. Perhitungan volume padatan dapat dihitung dengan rumus [10]

$$V_{padatan} = \frac{debit}{hari} \times persentase\ pengendapan \quad [10]$$

Keterangan :

$V_{padatan}$: Volume padatan (m^3)

7. Perhitungan waktu pengerukan dapat dihitung dengan rumus [11]

$$T = \frac{V_{kolam\ pengendapan}}{V_{padatan}} \quad [11]$$

Keterangan :

T : Waktu pengerukan (hari)

III. HASIL DAN ANALISIS

Pada tahap awal penelitian ini dilakukan observasi dan ditemukan permasalahan yaitu ketika kondisi cuaca dengan curah hujan yang tinggi maka air hujan yang jatuh menggenang di area penambangan dan mengalir ke jalan tambang. Selain itu belum adanya rancangan sistem penyaliran tambang untuk final pit sehingga diperlukan rancangan sistem penyaliran tambang yang memadai sesuai kondisi daerah penelitian.

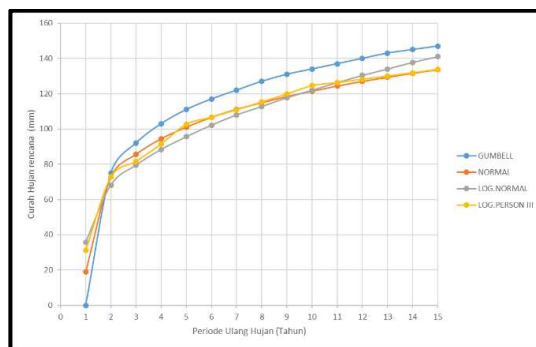
A. Hidrologi dan Hidrogeologi

1. Curah Hujan

Pada kegiatan penambangan terdapat beberapa sumber air yang masuk ke lokasi kegiatan diantaranya adalah air hujan, sehingga besar kecilnya curah hujan yang terjadi di lokasi penambangan akan mempengaruhi banyak sedikitnya air tambang yang harus dikendalikan^[10]. Hujan merupakan sebuah proses dari presipitasi, yaitu turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang bisa berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es^[13]. Pada kegiatan penambangan terdapat beberapa sumber air yang masuk ke lokasi kegiatan diantaranya adalah air hujan, sehingga besar kecilnya curah hujan yang terjadi di lokasi penambangan akan mempengaruhi banyak sedikitnya air tambang yang harus dikendalikan^[12]. Satu milimeter (mm) curah hujan berarti dalam 1 m^2 jumlah air yang masuk sebanyak 1 liter air^[3]. Data curah hujan yang digunakan menggunakan data curah hujan harian maksimum 15 tahun terakhir 2009 – 2023. Data curah hujan didapatkan dari pengukuran menggunakan alat penakar hujan oleh PT Mineral Alam Abadi. Data Curah hujan, yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum pada lokasi penelitian Pit Hill Anyer. Nilai curah hujan harian maksimal terbesar terdapat pada tahun 2021 sebesar 149 mm.

2. Curah Hujan Rencana

Analisis data curah hujan menggunakan beberapa metode untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam perancangan sistem penyaliran, salah satunya adalah metode Gumbell. Metode Gumbell adalah suatu metode yang didasarkan atas distribusi normal (distribusi harga ekstrim). Gumbell beranggapan bahwa distribusi variabel hidrologis tidak terbatas, sehingga harus digunakan distribusi dari harga-harga terbesar^[14]. Curah hujan rencana merupakan cara untuk menghitung debit air tambang yang akan masuk kedalam bukaan tambang. Dalam perhitungan curah hujan rencana menggunakan metode distribusi Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III.



Gambar 2. Grafik Hubungan PUH dengan Curah hujan Rencana

Setelah dilakukan analisis curah hujan rencana dengan beberapa distribusi, kemudian dilakukan goodness of fit menggunakan uji chi kuadrat, smirnov-kolmogorov, dan koefisien skewness-kurtosis. Berdasarkan hasil analisis menggunakan uji chi-Square, smirnov-kolmogorov, dan koefisien skewness, variansi, dan kurtosis, metode gumbel terbukti menjadi pendekatan yang paling cocok untuk memodelkan distribusi curah hujan dalam 15 tahun terakhir dan dapat digunakan sebagai curah hujan rencana untuk dijadikan data dalam perhitungan intensitas hujan. (Tabel 1.). Distribusi Gumbell paling tepat digunakan dengan curah hujan tahunan maksimum untuk berbagai variasi jangka waktu dan periode ulang hujan. Analisis tersebut mengindikasikan bahwa curah hujan berbagai jangka waktu dan periode ulang mewakili presentase tertentu dari rata-rata curah hujan tahunan^[7].

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Penentuan Distribusi Data

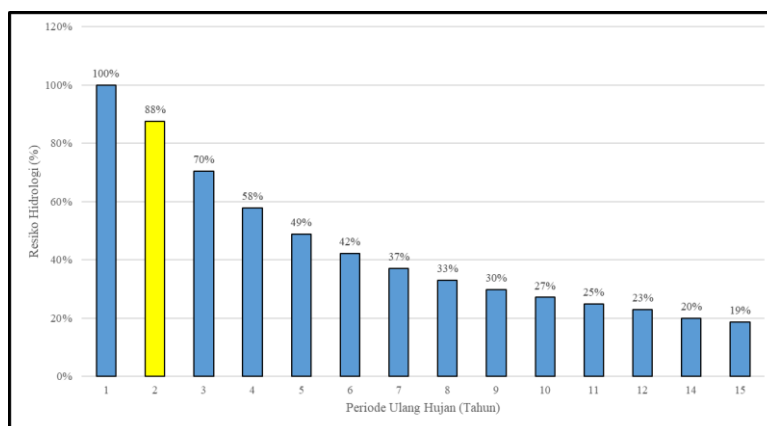
No	Distribusi	Koefisien Skewness, Variansi, dan Kurtosis	Chi-Square	Smirnov-Kolmogorov	Kesimpulan
1	Gumbel	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
2	Normal	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi	Memenuhi	Tidak
3	Log Normal	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
4	Log Person III	Memenuhi	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi	

Analisis debit air limpasan, dibutuhkan analisis distribusi curah hujan secara statistik yakni gumbel, normal, log normal, dan log pearson III. Selanjutnya, dilakukan penilaian terhadap probabilitas terbaik untuk aplikasi dilokasi penelitian menggunakan beberapa pengujian yang nantinya dibandingkan yaitu uji chi kuadrat, koefisien skewness, kurtosis, variansi, dan smirnov-kolmogorov. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan gumbel direkomendasikan lebih tinggi dibandingkan dengan tiga pendekatan lainnya dikarenakan distribusi gumbel memenuhi ketiga pengujian yang dilakukan.

Berdasarkan perhitungan curah hujan, didapat bahwa risiko hidrologi paling tinggi terjadi pada periode ulang 1, sementara yang terendah terjadi pada periode ulang 15. Meskipun untuk kegiatan pertambangan, saluran terbuka umumnya direncanakan dengan mempertimbangkan periode ulang 25, namun dalam kasus PT Mineral Alam Abadi dengan umur tambang 3 tahun, dilihat berdasarkan analisis data curah hujan didapat periode ulang hujan setiap 2 tahun. Oleh karena itu, alternatif yang lebih cocok adalah memilih periode ulang 2, dengan risiko hidrologi sebesar 88%.

3. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relatif singkat, dinyatakan dalam mm/jam. Besarnya curah hujan 1 (satu) jam dihitung dengan cara partial series, yaitu data curah hujan dalam satu jam. Perhitungan intensitas curah hujan satu jam dilakukan dengan menggunakan rumus Mononobe^[9]. Perhitungan Intensitas curah hujan menggunakan data dari distribusi Gumbel lalu dikalkulasi menggunakan persamaan Mononobe dengan periode ulang hujan 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 dan 15. Untuk durasi hujan digunakan durasi hujan 1 jam konstan. Tiap periode ulang memiliki resiko hidrologi yang berbeda menyesuaikan umur tambang (Gambar 3). Lokasi penelitian memiliki umur tambang 3 tahun. Lalu didapatkan intensitas curah hujan 16,38 mm/jam dengan resiko hidrologi 88%.



Gambar 3. Grafik Hubungan Periode Ulang Hujan dengan Resiko Hidrologi

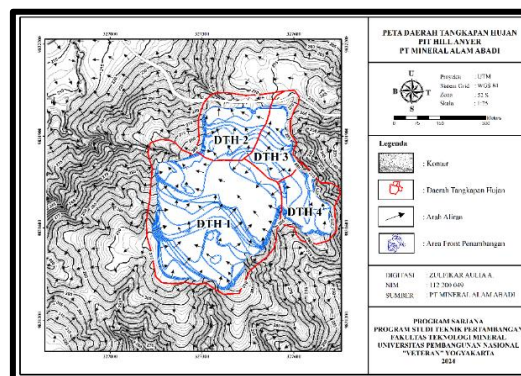
Intensitas hujan memengaruhi desain sistem penyaliran tambang. Pengukuran intensitas hujan dilakukan dengan menggunakan metode Mononobe, yang mengubah curah hujan harian menjadi curah hujan per jam. Hasil perhitungan dengan metode Mononobe ini menunjukkan. Nilai intensitas curah hujan sebesar 16,38 mm/jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas curah hujan di lokasi studi diklasifikasikan sebagai daerah dengan hujan lebat, dengan intensitas yang berada diantara 10-20 mm/jam^[4].

4. Daerah Tangkapan Hujan

Ukuran daerah tangkapan hujan ditetapkan melalui pengamatan langsung di lapangan dapat dilihat pada Gambar 4. dan pemeriksaan terhadap peta perencanaan penambangan pada *final design pit*. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi wilayah dengan elevasi yang lebih tinggi dan arah aliran air yang menuju lokasi penambangan. Digunakan perangkat lunak AutoCAD dengan cara membuat garis polygon yang menghubungkan titik-titik tertinggi di area tambang untuk membentuk poligon tertutup. Berdasarkan pengolahan data didapatkan tiga daerah tangkapan hujan dapat dilihat pada Tabel 2. dan Gambar 5.

Tabel 2. Luas Daerah Tangkapan Hujan

Lokasi	Luas DTH (Km ²)
DTH 1 (<i>Pit Anyer 1</i>)	0.14
DTH 2 (<i>Pit Anyer 2</i>)	0.04
DTH 3 (<i>Pit Anyer 3</i>)	0.03
DTH 4 (<i>Pit Anyer 4</i>)	0.03

**Gambar 4.** Kondisi daerah pengamatan dilapangan**Gambar 5.** Peta Daerah Tangkapan Hujan dan Arah Aliran

Penentuan daerah tangkapan hujan digunakan sebagai parameter untuk memperkirakan debit air limpasan yang masuk ke area penambangan. Dalam penentuan daerah tangkapan hujan melihat dari peta topografi dengan elevasi yang lebih tinggi dijadikan sebagai dasar.

Daerah tangkapan hujan yang ditentukan berdasarkan *final design pit*. Dalam penentuan daerah tangkapan hujan area yang ditentukan adalah area air hujan yang masuk kedalam pit. Dilihat pada peta daerah tangkapan hujan pada daerah pit terbagi menjadi empat dikarenakan desain penambangan dengan metode *side hill*. Berdasarkan hasil analisis didapatkan empat daerah tangkapan hujan. Luas daerah tangkapan hujan di lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel 2 bahwa daerah tangkapan hujan terbagi menjadi empat (Gambar 5).

5. Koefisien Limpasan

Dilakukan pengamatan langsung untuk mengetahui kondisi vegetasi dan topografi pada PT Mineral Alam Abadi untuk mengetahui koefisien limpasan. Dalam penentuan koefisien limpasan faktor yang mempengaruhi yaitu keadaan topografi, tanah, dan vegetasi^[5]. Koefisien limpasan untuk masing-masing daerah tangkapan hujan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Limpasan

Lokasi	Koefisien Limpasan (C)
DTH 1 (<i>Pit Anyer 1</i>)	0,37
DTH 2 (<i>Pit Anyer 2</i>)	0,37
DTH 3 (<i>Pit Anyer 3</i>)	0,37
DTH 4 (<i>Pit Anyer 4</i>)	0,37

koefisien air limpasan (disimbolkan C) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air limpasan terhadap besarnya curah hujan. Misalnya C untuk hutan adalah 0,10 artinya 10 persen dari total curah hujan akan menjadi air limpasan^[1]. Koefisien limpasan pada setiap daerah tangkapan hujan ditentukan berdasarkan karakteristik permukaan, seperti kemiringan, penggunaan lahan, dan jenis vegetasi

yang ada. Nilai koefisien limpasan semakin besar maka debit air yang masuk semakin besar. Nilai koefisien limpasan bisa dilihat pada dalam penentuannya berdasarkan pada j.hassing yaitu dengan kemiringan topografi pada daerah pit bergelombang dengan nilai 1-10%, dengan kondisi tanah lempung berpasir dan pada daerah tersebut vegetasi berupa padang rumput oleh karena itu nilai koefisien limpasan menjadi 0,37. Koefisien limpasan daerah tangkapan hujan di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

6. Debit Air Limpasan

Air limpasan adalah air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan yang kemudian masuk ke saluran terbuka ataupun paritan yang selanjutnya mengalir ke sungai. Aliran limpasan terjadi akibat curah hujan yang mencapai permukaan sudah tidak dapat terinfiltrasi/terserap. Perhitungan debit air limpasan permukaan dari suatu daerah dapat dihitung dengan menggunakan rumus Rasional^[6]. Perhitungan debit air limpasan bergantung pada beberapa parameter, seperti intensitas curah hujan, luas area tangkapan hujan, dan nilai koefisien limpasan. Debit air limpasan dihitung menggunakan persamaan rasional. Berdasarkan perhitungan besarnya debit air limpasan pada masing-masing daerah tangkapan hujan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Debit Air Limpasan Berdasarkan Daerah Tangkapan Hujan

Lokasi	Koefisien Limpasan (C)	Intensitas Curah Hujan (I) (mm/jam)	Luas Daerah Tangkapan Hujan (A) (Km ²)	Debit Air Limpasan (m ³ /detik)
DTH 1	0.37	16.38	0.14	0.24
DTH 2	0.37	16.38	0.04	0.07
DTH 3	0.37	16.38	0.03	0.05
DTH 4	0.37	16.38	0.03	0.05

Sumber air yang masuk kedalam tambang sebagian besar berasal dari air limpasan akibat air hujan. Perhitungan debit air limpasan menggunakan persamaan rasional yang besarnya dipengaruhi oleh intensitas curah hujan, luas daerah tangkapan hujan, dan besar dari nilai koefisien limpasan. Semakin tinggi nilai intensitas curah hujan, koefisien limpasan dan daerah tangkapan hujan maka debit air limpasan akan semakin besar. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, didapatkan debit air limpasan yang berbeda-beda berdasarkan daerah tangkapan hujannya dapat dilihat pada Tabel 4.

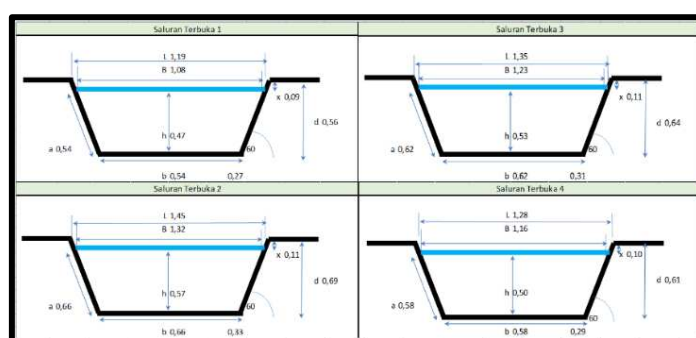
B. Rancangan Sistem Penyaliran Tambang

1. Saluran terbuka

Penentuan saluran terbuka pada keempat saluran dirancang dengan bentuk trapesium karena memiliki kapasitas debit air limpasan yang paling, dinding saluran yang relatif lebih stabil dibandingkan bentuk lainnya, serta proses pembuatan saluran terbuka yang relatif mudah^[2]. Saluran terbuka dibuat untuk mengalirkan air yang masuk ke area penambangan. Air yang masuk ke area penambangan perlu untuk di alirkan ke kolam pengendapan melalui saluran terbuka. Penentuan dimensi saluran terbuka ditentukan dengan mempertimbangkan debit air limpasan menggunakan persamaan manning^[11]. Hasil dimensi rancangan saluran terbuka bisa dilihat pada Tabel 5. dan sketsa dimensi saluran terbuka pada Gambar 6.

Tabel 5. Dimensi Saluran Terbuka

No	Saluran Terbuka	Kedalaman Saluran (m)	Sudut Saluran (°)	Dimensi Saluran Terbuka		Panjang Luar Saluran (m)
				Lebar Dasar Saluran (m)	Lebar Permukaan Saluran (m)	
1	Saluran Terbuka 1	0,56	60	0,54	1,19	0,54
2	Saluran Terbuka 2	0,69	60	0,66	1,45	0,66
3	Saluran Terbuka 3	0,64	60	0,62	1,35	0,62
4	Saluran Terbuka 4	0,61	60	0,58	1,28	0,58



Gambar 6. Sketsa Dimensi Saluran Terbuka

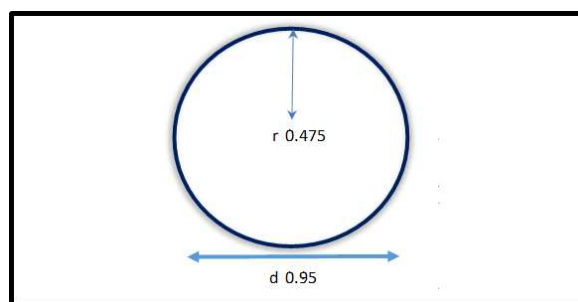
Pada lokasi studi, direncanakan empat saluran terbuka (Gambar 8.) dengan dimensi yang telah ditentukan sebelumnya. Saluran terbuka pertama berada di selatan luar area penambangan berfungsi sebagai pengumpul debit air limpasan dari luar DTH I dan juga sebagai pengumpul dan jalur pengarah bagi air limpasan menuju kolam pengendapan dari DTH I. Sedangkan saluran terbuka kedua, ketiga, dan keempat terletak di sisi utara dan timur luar daerah pit penambangan, digunakan untuk pengumpul debit air limpasan dari luar DTH II, DTH III, dan DTH IV dan juga sebagai pengumpul dan jalur pengarah bagi air limpasan menuju kolam pengendapan dari DTH II, DTH III, dan DTH IV.

2. Gorong-gorong

Gorong-gorong dibuat untuk menyambung aliran air dari saluran terbuka yang melewati jalan angkut. Gorong-gorong dipasang dibawah jalan angkut dan ditimbun agar operasional pengangkutan tidak terganggu aliran air. Rancangan gorong-gorong berada di bawah jalan angkut yang masuk ke dalam DTH 2 yang membantu menyalirkan air menuju ke kolam pengendapan. Hasil rancangan dimensi Gorong-gorong dapat dilihat pada Tabel 6. dan sketsa dimensi Gorong-gorong pada Gambar 7. untuk lokasi rancangan gorong-gorong dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 6. Dimensi Gorong-gorong

Dimensi Gorong-gorong	
Panjang Gorong-gorong (m)	10
Diameter Gorong-Gorong (m)	0,95
Jari-jari Gorong-Gorong(m)	0,475



Gambar 7. Sketsa Dimensi Gorong-gorong

Gorong-gorong, direncanakan untuk penghubung saluran terbuka yang melewati jalan angkut (Gambar 9.). Dimensi gorong-gorong dalam rancangan sistem penyaliran tambang ini dihitung dengan menggunakan rumus manning dan debit yang di hitung berdasarkan debit saluran yang akan dipasang gorong-gorong. Dari hasil perhitungan dimensi gorong-gorong yang didapatkan gorong –gorong dengan diameter 0,95 m dan panjang 10 m.

3. Kolam Pengendapan

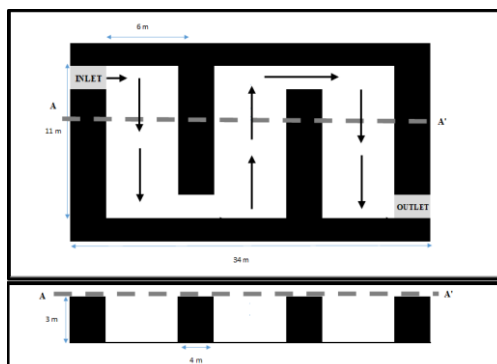
Dengan adanya Sediment trap diharapkan semua air yang keluar dari daerah penambangan benar-benar air yang sudah memenuhi ambang batas yang diizinkan oleh perusahaan sehingga dapat mencegah terjadinya pencemaran lingkungan^[8]. Perhitungan dimensi kolam pengendapan dilakukan berdasarkan beberapa ketentuan diantaranya diameter partikel padatan yang keluar dari kolam pengendapan tidak boleh lebih dari 9×10^{-6} m, karena akan menyebabkan sedimentasi pada alur sungai dan kekeruhan air sungai. Kolam pengendapan menampung air yang masuk ke area penambangan dan masuk ke area disposol, Kekentalan air $1,31 \times 10^{-6} \text{ kg/m.s}^{[15]}$, partikel dalam lumpur adalah material yang sejenis, kecepatan pengendapan material, perbandingan cairan dan padatan diketahui, batasan ukuran partikel yang diperbolehkan keluar dari kolam pengendapan diketahui. Dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan dimensi kolam pengendapan untuk mengendapkan partikel-partikel. TSS maksimal yang didapatkan yakni 210 mg/l. Dimensi rancangan bisa dilihat pada Tabel 7 dengan sketsa kolam pengendapan dapat dilihat pada Gambar 8. , waktu pemeliharaan kolam pengendapan dapat dilihat pada Tabel 8 lokasi rancangan kolam pengendapan dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 7. Dimensi Kolam Pengendapan

Kompartemen	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)
1	11	6	3	66	198
2	11	6	3	66	198
3	11	6	3	66	198
Total	33	6	3	198	594

Tabel 8. Waktu Pemeliharaan Kolam Pengendapan

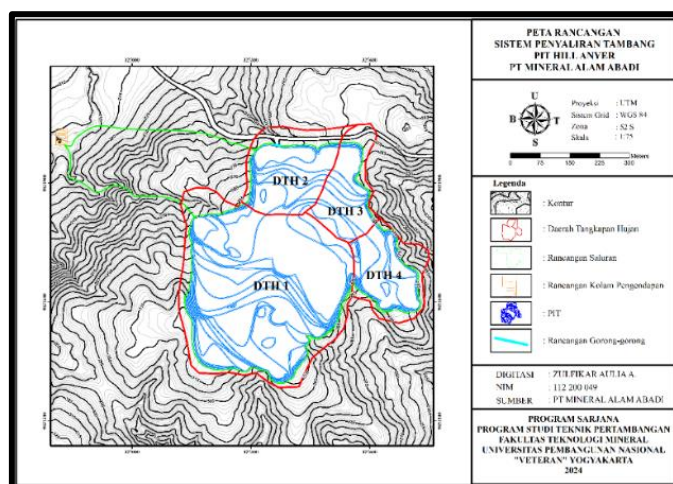
Kompartemen	Waktu Pemeliharaan
1	100
2	156
3	1.292

**Gambar 8.** Sketsa Dimensi Kolam Pengendapan

Kolam pengendapan, diposisikan di bagian barat lokasi bukaan tambang (Gambar 9.). Fungsinya adalah sebagai tempat penampungan partikel padatan yang terbawa oleh aliran air dari area penambangan. Dalam perancangannya, kolam ini dirancang dengan mempertimbangkan volume debit air yang masuk, serta didesain dengan pola zig-zag untuk mengurangi kecepatan aliran air. Hal ini bertujuan untuk memperlambat laju aliran air, sehingga memperpanjang waktu tinggal air di dalam kolam pengendapan. Dengan demikian, terdapat cukup waktu bagi partikel-padatan untuk mengendap sebelum air dipompa keluar dari kolam.

Persentase padatan didapatkan 0,008%. Sehingga perhitungan kecepatan pengendapan dapat menggunakan Hukum Stokes karena persen padatan kurang dari 40%. Hukum Stokes digunakan untuk mendapatkan kecepatan pengendapan sebesar 0,00274 m/detik. Kolam pengendapan yang dirancang memiliki 3 kompartemen. Kolam pengendapan dapat berjalan optimal apabila luas kolam memenuhi luas pengendapan minimal yang dihitung dengan perbandingan debit air yang masuk dan kecepatan pengendapan partikel padatan.

Waktu yang dibutuhkan untuk sedimentasi material (t_v) adalah 18,215 menit, sedangkan material menghabiskan waktu 71 menit untuk meninggalkan kolam pengendapan. Berdasarkan perhitungan, luas minimal yang diperlukan untuk kolam pengendapan adalah 187 m². Dengan demikian, persentase material yang berhasil mengendap mencapai 80%, dan volume padatan yang berhasil ditangkap dalam sehari adalah 2,8 m³.

**Gambar 8.** Peta Rancangan Sistem Penyaliran Tambang

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan perhitungan menunjukkan kondisi hidrologi di daerah penelitian, termasuk curah hujan harian maksimum sebesar 149 mm dengan

periode ulang hujan 2 tahun. Selain itu, nilai curah hujan harian rencana sebesar 75 mm juga diidentifikasi. Koefisien limpasan sebesar 0,37 lalu Intensitas curah hujan mencapai 16,38 mm/jam, dengan rata-rata durasi hujan harian sebesar 2 jam/hari terdapat 4 daerah tangkapan hujan dengan luas DTH 1 0,14 km²; DTH 2 0,4 km²; DTH 3 0,3 km² dan DTH 4 0,3 km² dengan koefisien limpasan 0,37. Lalu debit air limpasan yang masuk dari tiap DTH ini memiliki nilai yang berbeda yakni 0,24 m³/s, 0,07 m³/s, 0,05 m³/s dan 0,05 m³/s.

Rancangan sistem penyaliran tambang pada penelitian ini adalah Tersedia empat saluran terbuka, yaitu Saluran terbuka I berada di selatan *pit* yang menangani air dari luar *pit* dan menangani air dari dalam *pit* penghubung menuju kolam pengendapan, saluran terbuka III dan IV berada di timur dan utara *pit* yang menangani air dari luar yang akan masuk ke dalam *pit*, dan saluran terbuka II yang berada di utara yang menangani air yang masuk kedalam *pit* dari luar dan menangani air dari dalam *pit* penghubung menuju kolam pengendapan terdapat gorong-gorong dengan diameter 0,95 m dan panjang 10 m digunakan sebagai penghubung saluran terbuka yang melewati jalan angkut. Kolam pengendapan memiliki 3 kompartemen dengan masing-masing kompartemen memiliki dimensi yang sama panjang kompartemen 11 m. lebar 6 m, dan kedalaman 3 m. kecepatan pengendapan material 0,00274 m²/detik dan waktu perawatan 100 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat berjalan dengan baik karena dukungan penuh dari Fakultas Teknologi Mineral dan Energi UPN Veteran Yogyakarta dan PT Mineral Alam Abadi jobsite PT Trimegah Bangun Persada yang telah menyediakan lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Asdak, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2007.
- [2] V. T. Chow, *Open-Channel Hydraulics*, New York: McGraw-Hill, 1959.
- [3] R. S. Gautama, *Diklat Kuliah Sistem Penyaliran Tambang*, Bandung: FIKTM ITB, 1999.
- [4] R. S. Gautama, *Sistem Penyaliran Tambang*, Bandung: ITB, 2019.
- [5] J. Hassing, *Hidrologi in Highway and Trafic Engineering Developing Countries*, London: E & FN Spon, 1996.
- [6] N. N. Naharuddin, S. M. M. Sadeghi, A. Malik, A. Rosyid, and A. Ahyauddin, "Peak discharge estimation to evaluate and monitor the Gumbasa Watershed performance, Central Sulawesi, Indonesia", *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, vol. 23, no. 3, pp. 31-41, September 2021.
- [7] R. Nigam, S. Nigam, and S. K. Mittal, "Stochastic Modelling of Rainfall and Runoff Phenomenon: A Time Series Approach Review", *International Journal of Hydrology Science and Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 81-109, January 2014. doi:10.1504/IJHST.2014.066437
- [8] P. Prodjosumarto, *Rancangan Kolam Pengendapan Sebagai Perlengkapan Sistem Penirisan Tambang*. Bandung. 1994.
- [9] S. Sosrodarsono dan K. Takeda, *Hidrologi untuk Pengairan*, Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2003.
- [10] F. A. D. Suparno dan Z. Febianti, "Kajian Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka Granit Pit Barat, PT. XYZ, Kabupaten Karimun, Kepulauan Riau", *Jurnal Teknologi Sumberdaya Mineral*, vol. 2, no. 2, pp. 51-60, 2021. doi: <https://doi.org/10.19184/jeneral.v2i2.28501>
- [11] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: Andi Offset, 2004.
- [12] Suroso, "Analisis Curah Hujan untuk Membuat Kurva Intensity Duration Frequency (IDF) di Kawasan Rawan Banjir Kabupaten Banyumas", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 37-40, Januari 2006.
- [13] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2008.
- [14] T. C. Upomo dan R. Kusumawardani, "Pemilihan Distribusi Probabilitas pada Analisa Hujan dengan Metode Goodnes of Fit Test", *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, vol. 18, no. 2, pp. 139-148, Oktober 2016. doi: 10.15294/jtsp.v18i2.7480
- [15] L. C. Van Rijn, "Mathematical Modelling of Morphological Processes in the Case of Suspended Sediment Transport", Doctoral thesis, Faculty Civil Engineering and Geosciences, Delft Hydraulics Communication, 1987.



©2025. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).