

# **SKRIPSI**

## **EVALUASI SISTEM PENYALIRAN TAMBANG DAN RANCANGAN *SETTLING POND* PADA BLOK C PT SINAR JAYA SULTRA UTAMA**

(Studi Kasus: *Site* Waturambaha, Kec. Lasolo Kepulauan, Kab. Konawe Utara)

**Disusun dan diajukan oleh**

**MAULDY ARSY CHAIRUNISSA**

**D111181011**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**EVALUASI SISTEM PENYALIRAN TAMBANG DAN  
RANCANGAN *SETTLING POND* PADA BLOK C  
PT SINAR JAYA SULTRA UTAMA**

(Studi Kasus: *Site* Waturambaha, Kec. Lasolo Kepulauan, Kab. Konawe Utara)

**Disusun dan diajukan oleh**

**MAULDY ARSY CHAIRUNISSA**

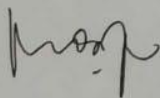
**D111181011**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 11 November 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, M.T.

NIP. 196807181993091001

Pembimbing Pendamping,



Asta Arjunoarwan Hatta, S.T., M.T.

NIP. 199511262022043001

Wakil Dekan

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan,



Dr. Aml Ahmad Ilham, S.T., M.IT.

NIP. 197310101998021001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mauldy Arsy Chairunissa  
NIM : D111181011  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Evaluasi Sistem Penyaliran Tambang dan  
Rancangan *Settling Pond* pada Blok C  
PT Sinar Jaya Sultra Utama

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 17 November 2022

Yang menyatakan



Mauldy Arsy Chairunissa

## ABSTRAK

Hujan adalah sumber air limpasan yang turun ke dalam area pertambangan dan berpotensi mengganggu kegiatan penambangan. Sistem penyaliran tambang terbuka yang diterapkan oleh PT Sinar Jaya Sultra Utama dalam mengatasi air limpasan adalah *mine dewatering* dengan menggunakan metode paritan. Metode paritan dilakukan dengan membuat saluran yang bertujuan untuk mengalirkan air limpasan menuju ke *sump* atau *settling pond* secara gravitasi. Dimensi *settling pond* dan saluran terbuka saat ini tidak sesuai dengan debit air limpasan akibat perluasan area pit penambangan. Oleh sebab itu, dilakukan evaluasi serta merancang sistem penyaliran tambang yang sesuai dengan besarnya debit air limpasan masing-masing daerah tangkapan hujan (DTH). Debit air limpasan dihitung menggunakan Metode Rasional. Debit air limpasan berdasarkan hasil analisis data curah hujan tahun 2017-2021 pada DTH 2 dan DTH 3 masing-masing sebesar 15 m<sup>3</sup>/s dan 8,09 m<sup>3</sup>/s. Hasil evaluasi sistem penyaliran pada DTH 2 yaitu dimensi saluran terbuka mempunyai lebar dasar sebesar 1,56 m, kedalaman 1,55 m, lebar atas saluran 3,35 m, dan saluran yang memotong jalan tambang diberikan gorong-gorong berdiameter 1,3 m. *Settling pond* 2 pada DTH 2 dilakukan perbaikan bentuk dan dimensi setiap kompartemen sehingga dapat menampung 27.423,24 m<sup>3</sup> volume air yang akan masuk ke dalam *settling pond*. Rancangan saluran terbuka pada DTH 3 di blok C mempunyai lebar dasar sebesar 1,77 m, kedalaman 1,77 m, lebar atas saluran 3,82 m, dan saluran yang memotong jalan tambang diberikan gorong-gorong berdiameter 1,4 m. *Settling pond* 3 pada blok C dirancang terdiri dari 3 kompartemen dan dapat menampung 12.413,28 m<sup>3</sup> volume air.

Kata kunci: Tambang terbuka, curah hujan, *mine dewatering*, *settling pond*.

## **ABSTRACT**

*Rain is a source of runoff water that falls into the mining area and has the potential to disrupt mining activities. The open pit drainage system applied by PT Sinar Jaya Sultra Utama is mine dewatering using the trench method. The trench method is a channel that drains runoff water to the sump or settling pond by gravity. The dimensions of the settling pond and open channel currently don't match the runoff water discharge due to the expansion of the mining pit area. Therefore, an evaluation and design of a mine drainage system are carried out by the amount of runoff water discharge in each rain catchment area (RCA). The runoff water discharge was calculated using the Rational Method. The runoff water discharge based on the results of the 2017-2021 rainfall data analysis in RCA 2 and RCA 3 is 15 m<sup>3</sup>/s and 8.09 m<sup>3</sup>/s. The results of the evaluation of the drainage system in RCA 2 are the dimensions of the open channel having a bottom width of 1.56 m, a depth of 1.55 m, a top width of 3.35 m, and culverts with a diameter of 1.3 m. Settling pond 2 in RCA 2 improved the shape and dimensions of each compartment so that it can accommodate 27,423.24 m<sup>3</sup> of water volume. The design of the open channel at block C in RCA 3 has a base width of 1.77 m, a depth of 1.77 m, a channel top width of 3.82 m, and culverts with a diameter of 1.4 m. Settling pond 3 at block C in RCA 3 is designed to consist of 3 compartments and can accommodate 12,413.28 m<sup>3</sup> of water volume.*

*Keywords: Open pit mining, rainfall, mine dewatering, settling pond.*

## KATA PENGANTAR

AlhamdulillahRabillalamin, tiada kata yang patut penulis ucapkan selain puja dan puji syukur terhadap Allah SWT yang telah menganugerahkan iman, islam, ilmu dan semangat kepada penulis. Selanjutnya salam dan shalawat kepada Rasulullah Muhammad SAW sebagai panutan penulis dan umat dalam menjalani kehidupan.

Penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dukungan dan kesempatan yang diberikan oleh PT Sinar Jaya Sultra Utama yang telah memberikan kesempatan dan bimbingan pada penulis untuk melakukan kegiatan penelitian. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Yoyok Arum selaku Kepala Teknik Tambang PT SJSU, Bapak Asep Kamaludin selaku Wakil Kelapa Teknik Tambang PT SJSU dan Bapak Muhrid selaku Spv. Environment PT SJSU. Ucapan banyak terimakasih juga kepada Kakak Aldio Chafid Eddy S. selaku Jr. *Mine Plan*, Kakak Jul Hasan dan Kakak Azhar selaku Spv. *Survey* sekaligus sebagai pembimbing lapangan serta seluruh karyawan PT SJSU yang telah banyak membantu penulis selama di PT SJSU.

Melalui kesempatan ini, penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr.Eng.Ir. Muhammad Ramli, M.T., selaku Pembimbing I dan Bapak Asta Arjunoarwan Hatta, S.T., M.T., selaku Pembimbing II yang tak henti-hentinya memberikan dukungan dan bimbingannya dengan penuh kesabaran. Kepada Bapak Dr. Eng. Purwanto, S.T., M.T., dan Asran Ilyas, S.T., M.T., PhD, selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis.

Teman-teman seperjuangan TUNNEL 2018 Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin, *supporting system* dari zaman maba sampai skripsi yang telah memberikan banyak bantuan dan saran-sarannya selama berada di lokasi penelitian, terima kasih atas segala bantuan, doa, dan dukungannya yang tak pernah terlupakan.

Tak lupa ucapan terima kasih untuk kedua orang tua tercinta, Bapak Srianto S.E., dan Ibu Sukmawati Rio serta Kakak dan Adik-adik tersayang atas dukungannya baik moril, materil serta doa restu yang senantiasa tiada hentinya yang menjadi sumber semangat bagi penulis sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan skripsi ini sehingga kritik dan saran sangat penulis harapkan guna menutupi kekurangan dan keterbatasan penulis dalam penyusunan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pembaca.

Makassar, 17 November 2022

Mauldy Arsy Chairunissa

# DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian.....	3
1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian.....	4
BAB II SISTEM PENYALIRAN TAMBANG .....	6
2.1 Siklus Hidrologi .....	6
2.2 Sistem Penyaliran Tambang.....	7
2.3 Metode Sistem Penyaliran Tambang Terbuka .....	8
2.4 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Sistem Penyaliran Tambang .....	11
2.5 Saluran Terbuka (Drainase).....	16
2.6 Gorong-gorong.....	21
2.7 <i>Settling Pond</i> .....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	24



3.1	Tahapan Persiapan .....	24
3.2	Tahapan Pengumpulan Data.....	25
3.3	Tahapan Pengolahan dan Analisis Data.....	26
BAB IV EVALUASI DAN RANCANGAN SISTEM PENYALIRAN <i>SITE</i> WATURAMBAHA		
	PT SINAR JAYA SULTRA UTAMA.....	39
4.1	Sistem Penyaliran Tambang <i>Site</i> Waturambaha .....	39
4.2	Analisis Data Hidrologi .....	39
4.3	Evaluasi Sistem Penyaliran pada DTH 2 .....	45
4.4	Rancangan Sistem Penyaliran pada DTH 3 .....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran .....	58
DAFTAR PUSTAKA .....		
LAMPIRAN .....		
		62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta lokasi penelitian site Waturambaha PT SJSU .....	4
1.2 Daerah tangkapan hujan <i>site</i> Waturambaha PT SJSU .....	5
2.1 Siklus hidrologi .....	6
2.2 Saluran terbuka trapesium .....	17
2.3 Sketsa <i>settling pond</i> .....	23
3.1 Bagan alir penelitian .....	38
4.1 Daerah tangkapan hujan 2 (blok D, blok E, dan blok F).....	42
4.2 Kegiatan pengupasan overburden di blok C (DTH 3) .....	42
4.3 Saluran terbuka pada DTH 2 .....	45
4.4 Dimensi penampang saluran terbuka DTH 2.....	46
4.5 Dimensi gorong-gorong DTH 2 .....	47
4.6 <i>Settling pond</i> 2 di blok D.....	48
4.7 Bentuk penampang <i>settling pond</i> 2 .....	50
4.8 Rencana lokasi saluran terbuka pada blok C.....	52
4.9 Dimensi penampang saluran terbuka DTH 3.....	53
4.10 Dimensi gorong-gorong DTH 3.....	54
4.11 Bentuk penampang <i>settling pond</i> 3 rencana.....	56

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Periode ulang hujan rencana .....	12
2.2 Nilai koefisien limpasan .....	15
2.3 Koefisien kekasaran dinding saluran Manning .....	18
2.4 Kecepatan maksimum gorong-gorong yang diizinkan .....	22
3.1 Harga koefisien kekasaran dinding saluran .....	34
4.1 Data curah hujan.....	40
4.2 Curah hujan rencana untuk periode ulang berbeda .....	41
4.3 Intensitas curah hujan .....	43
4.4 Koefisien limpasan berdasarkan persentase kemiringan lahan .....	44
4.5 Debit air limpasan.....	44
4.6 Analisis dimensi gorong-gorong pada saluran DTH 2 .....	47
4.7 Dimensi aktual settling pond 2 .....	49
4.8 Rekomendasi dimensi <i>settling pond</i> 2 .....	50
4.9 Perbandingan <i>settling pond</i> aktual dengan <i>settling pond</i> hasil estimasi .....	51
4.10 Analisis dimensi gorong-gorong pada saluran DTH 3 .....	54
4.11 Dimensi <i>settling pond</i> 3 rencana .....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Data Curah Hujan PT Sinar Jaya Sultra Utama .....	63
B. Pengolahan Data Curah Hujan .....	69
C. Perhitungan Saluran Terbuka dan Gorong-Gorong.....	80
D. Perhitungan Volume Padatan Terendapkan.....	89
E. Peta Lokasi Penelitian.....	96
F. Peta Sistem Penyaliran Tambang Terbuka .....	98
G. Dokumentasi Lapangan .....	100
H. Kartu Konsultasi Tugas Akhir.....	103

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

PT Sinar Jaya Sultra Utama (PT SJSU) merupakan perusahaan pertambangan bijih nikel yang beroperasi di Desa Waturambaha, Kecamatan Lasolo Kepulauan, Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. Operasi penambangan bijih nikel PT SJSU memiliki IUP seluas 301 ha. PT SJSU menerapkan sistem penambangan terbuka dengan metode *open cast* dan kegiatannya berhubungan langsung dengan udara luar, sehingga kegiatan penambangan tersebut sangat dipengaruhi oleh cuaca setempat.

Lokasi IUP PT SJSU terletak di daerah pegunungan dan memiliki intensitas curah hujan yang tinggi, sehingga sumber air tambang di daerah penelitian sebagian besar berasal dari air hujan yang masuk ke pit penambangan. Akumulasi air hujan akan membentuk genangan air pada saat musim penghujan. Keberadaan air pada *front* penambangan berpotensi mengganggu aktivitas penambangan sehingga memerlukan sistem penyaliran tambang yang efektif dan efisien yang sesuai dengan banyaknya air limpasan dari sekitar lokasi penambangan.

Kemajuan aktivitas penambangan yang dilakukan dan besarnya target operasi yang akan dicapai mengakibatkan semakin banyak area bukaan baru untuk ditambang. Perluasan pit penambangan membuat sistem penyaliran tambang tidak dapat berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengevaluasi sistem penyaliran tambang serta merancang desain *settling pond* pada area bukaan baru penambangan di blok C PT SJSU. Penelitian dilakukan guna mendapatkan keselarasan antara debit air dengan dimensi *settling pond* maupun saluran terbuka sehingga air tidak meluap (*overflow*).

## **1.2 Rumusan Masalah**

PT Sinar Jaya Sultra Utama menerapkan sistem penambangan terbuka dengan metode *open cast* yang berlokasi di daerah pegunungan dan memiliki intensitas curah hujan yang tinggi. Genangan air dalam pit yang terbentuk pada musim hujan dapat mengganggu kegiatan penambangan dan menghambat kegiatan produksi. Selain itu, adanya kemajuan aktivitas penambangan mengakibatkan pit penambangan semakin luas sehingga sistem penyaliran tambang yang ada saat ini tidak sesuai dengan besarnya debit air limpasan.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem penyaliran tambang yang efektif dalam mengatasi air limpasan di sekitar area penambangan dengan cara:

1. Menganalisis perubahan daerah tangkapan hujan terhadap kemajuan tambang.
2. Menentukan besar debit air limpasan yang masuk ke area pit penambangan.
3. Merencanakan dimensi saluran terbuka berdasarkan debit air yang akan masuk ke dalam pit penambangan.
4. Menentukan dimensi *settling pond* berdasarkan debit air yang masuk ke area pit penambangan.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan rekomendasi desain saluran terbuka dan *settling pond* yang sesuai dengan debit air yang akan masuk ke pit.
2. Sebagai bahan referensi akademik bagi penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan sistem penyaliran tambang terbuka.

## 1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian

Penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan yaitu:

1. Identifikasi masalah

Tahapan ini dibangun berdasarkan rumusan masalah yang didasari atas latar belakang penelitian, sehingga dapat mengambil langkah untuk mengetahui lebih lanjut mengenai penelitian.

2. Studi literatur

Studi literatur adalah tahapan mengumpulkan, mempelajari, serta memahami berbagai bahan referensi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

3. Pengambilan data

Tahapan ini dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan dan analisis data. Data-data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder.

4. Pengolahan dan analisis data

Data-data diolah secara ilmiah menggunakan rumus-rumus matematis dan menggunakan bantuan *software*. Hasil pengolahan data selanjutnya dianalisis untuk mengetahui hasil dari penelitian.

5. Penyusunan laporan

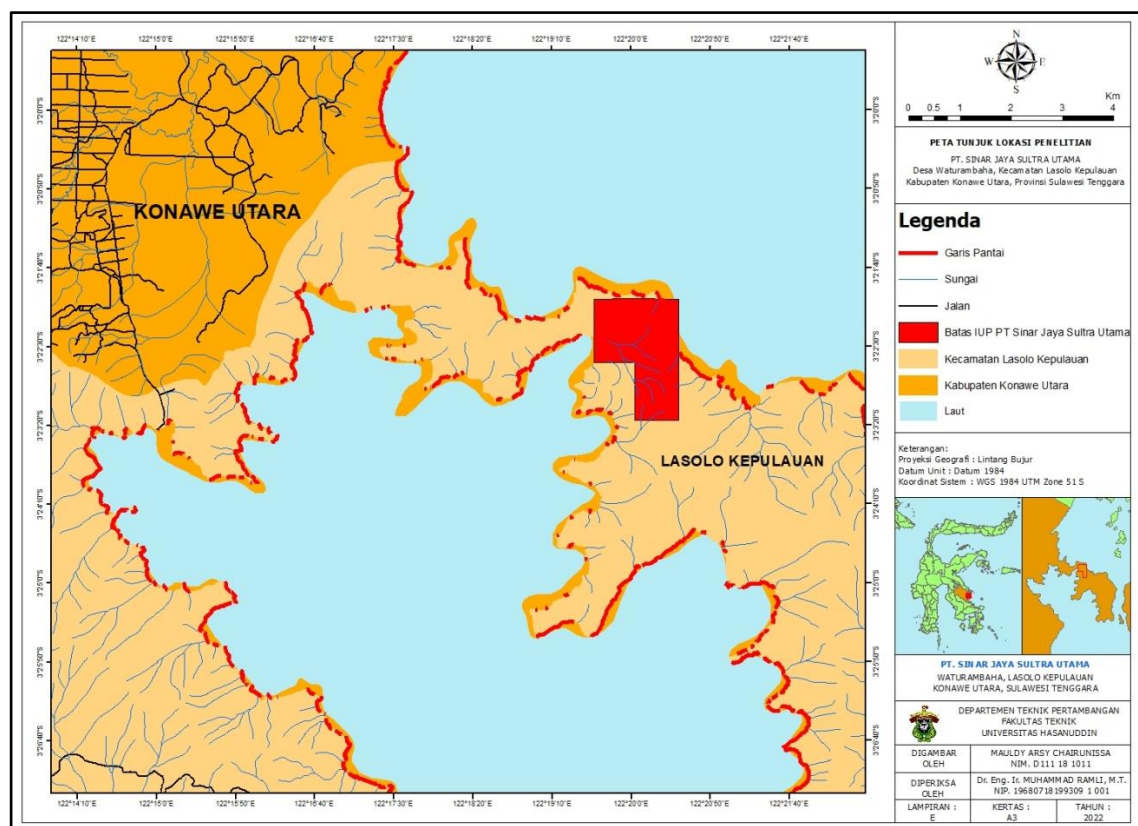
Keseluruhan data yang telah dikumpulkan, diolah, dianalisis, serta kesimpulan yang diperoleh akan disusun dalam bentuk laporan. Laporan penelitian dibuat sesuai dengan format penulisan tugas akhir yang telah ditetapkan oleh Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

6. Seminar

Laporan penelitian dipresentasikan dalam seminar hasil dan ujian tutup. Saran dan kritik dari seminar berguna untuk penyempurnaan laporan penelitian.

## 1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Lokasi PT SJSU secara administrasi berada di sebelah barat laut pemukiman Desa Waturambaha, Kecamatan Lasolo Kepulauan, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara astronomis PT SJSU terletak antara 3°22'0,00" LS hingga 3°23'16,73" LS dan 122°19'36,44" BT hingga 122°20'30,00' BT. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1.

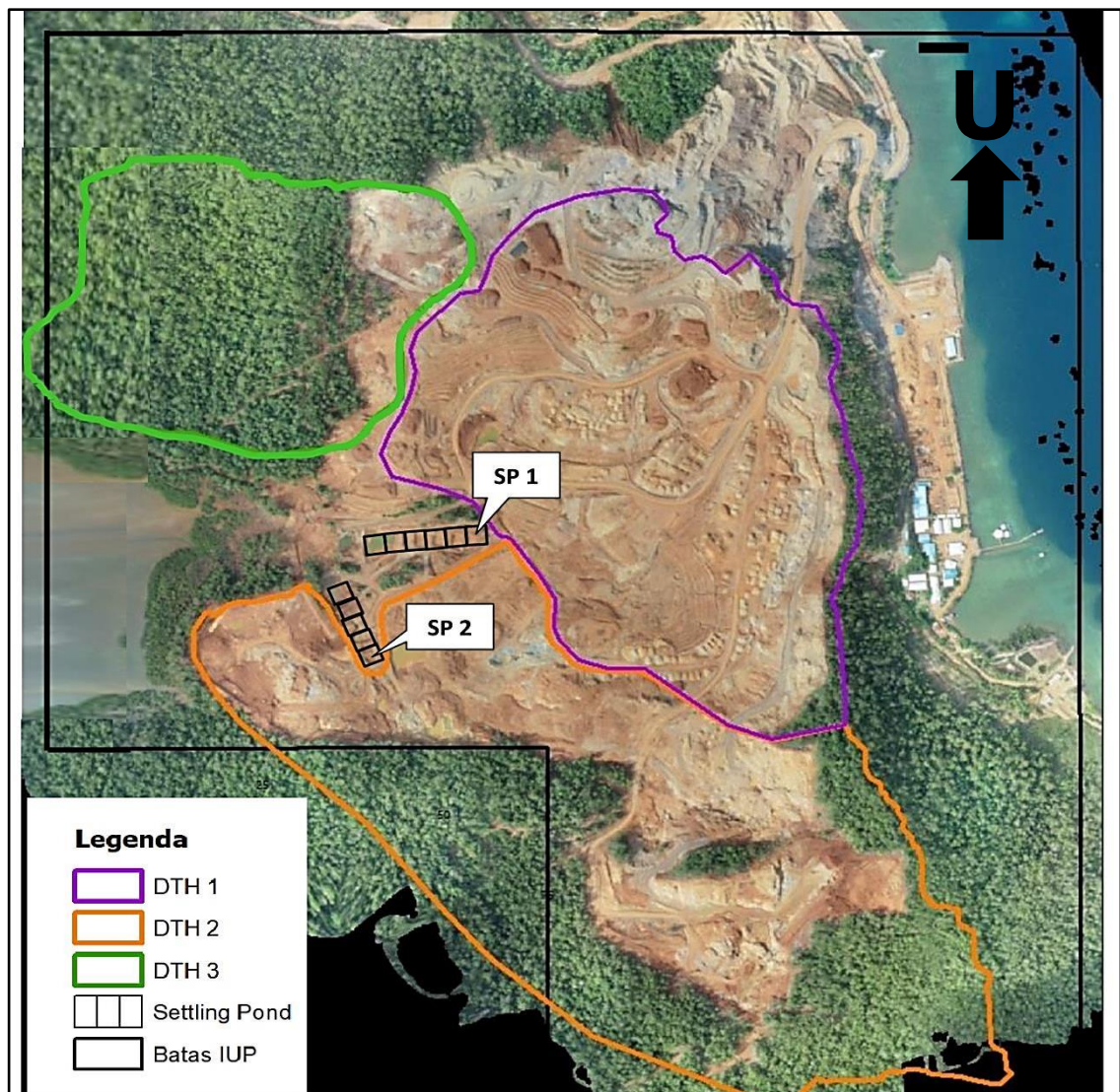


Gambar 1.1 Peta lokasi penelitian site Waturambaha PT SJSU

*Site* Waturambaha PT SJSU dapat dijangkau dengan menggunakan pesawat dari Kota Makassar menuju Kota Kendari dengan waktu perjalanan selama  $\pm 1$  jam penerbangan. Perjalanan menggunakan mobil dari Kota Kendari menuju ke Langgikima dengan perjalanan selama +4 jam. Perjalanan dilanjutkan melalui jalan pengerasan kawasan perkebunan sawit dan jalan pertambangan selama 1 jam menuju *site* Waturambaha PT SJSU yang terletak di pantai timur laut Tanjung Boenaga.



*Site* Waturambaha PT SJSU memiliki IUP seluas 301 ha yang terbagi menjadi tiga daerah tangkapan hujan. Daerah tangkapan hujan 1 (DTH 1) terdiri dari blok A, blok B, dan Blok B40. Daerah tangkapan hujan 2 (DTH 2) terdiri dari blok D, blok E, dan blok F, sedangkan daerah tangkapan hujan 3 (DTH 3) terdiri dari blok B30 dan blok C. Berdasarkan arah alirannya, air limpasan yang berasal dari DTH 1 akan mengalir menuju ke *settling pond* 1, sedangkan air limpasan yang berasal dari DTH 2 akan mengalir menuju ke *settling pond* 2. DTH 3 merupakan daerah yang belum dilakukan penambangan, sehingga air limpasannya langsung dialirkan menuju ke laut. Daerah tangkapan hujan pada *site* Waturambaha dapat dilihat pada Gambar 1.2.



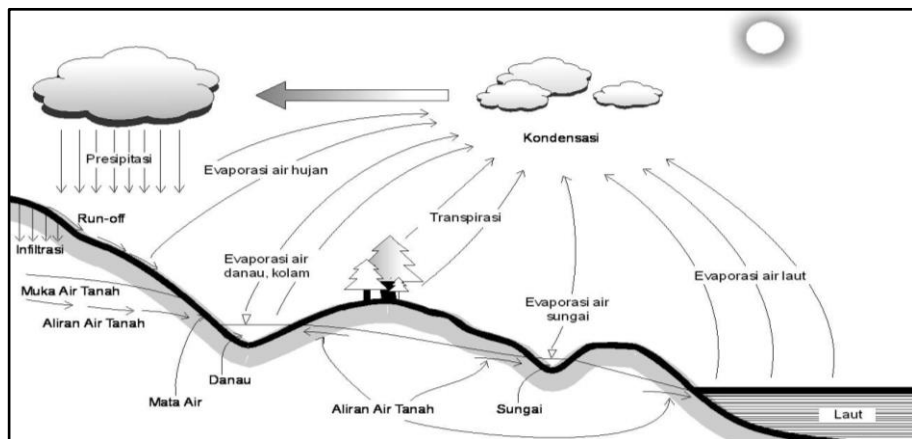
Gambar 1.2 Daerah tangkapan hujan *site* Waturambaha PT SJSU

## BAB II

# SISTEM PENYALIRAN TAMBANG

### 2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi diawali dengan peristiwa menguapnya air laut ke atmosfer sebagai akibat dari paparan sinar matahari langsung ke samudera. Uap air akan mengalami kondensasi dan membentuk awan di atmosfer. Kemudian angin mendorong awan yang berada di atas samudra menuju ke daratan. Selama perjalanan awan menuju daratan, awan akan menampung banyak uap air yang menguap dan jika sudah mencapai titik jenuhnya, awan akan menjatuhkan uap air yang tertampung ke bumi dan akan bermuara kembali ke samudera (Prabowo dan Mutiara, 2020). Berdasarkan prosesnya, hidrologi berkaitan dengan pergerakan air di bumi, kejadiannya, sirkulasi dan distribusinya, sifat kimia dan fisik air, serta reaksinya dengan lingkungan termasuk hubungannya dengan makhluk hidup (Ray, 1975). Hubungan air dengan lingkungan tersebut mempengaruhi setiap fase siklus hidrologi yang disebabkan oleh urbanisasi dan industrialisasi yang berkembang pesat termasuk penggundulan hutan, perubahan tutupan lahan, dan irigasi (Devia et al., 2015).



Gambar 2.1 Siklus hidrologi (Sosrodarsono, 1993)

## 2.2 Sistem Penyaliran Tambang

Air limpasan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kegiatan penambangan. Sumber air limpasan yang masuk ke lokasi penambangan dapat berasal dari air hujan atau air permukaan tanah maupun air di bawah tanah. Air permukaan tanah merupakan air yang terdapat dan mengalir di permukaan tanah. Jenis air permukaan tanah meliputi air limpasan permukaan, air sungai, rawa atau danau yang terdapat di daerah tersebut, air buangan (limbah), dan mata air. Air tanah merupakan air yang terdapat di bawah permukaan tanah. Air di bawah tanah secara hidrologi dapat dibedakan menjadi dua zona yaitu air pada daerah jenuh dan air pada daerah tak jenuh (Gautama, 1999).

Air yang masuk ke lokasi penambangan mengakibatkan basahnya material dan licinnya jalan sehingga dapat mengganggu aktivitas penambangan dan mengakibatkan terhambatnya produksi. Oleh karena itu, air yang menggenangi lokasi penambangan menjadi masalah yang penting untuk ditangani bagi perusahaan penambangan. Penyaliran tambang merupakan salah satu aspek penting pada perusahaan tambang terkait dengan kondisi kerja, keselamatan, produktivitas dan lingkungan dimana penyaliran tambang bertujuan meminimalkan air yang masuk ke dalam *front* penambangan serta mengeluarkan air dari *front* penambangan. Pengendalian air tambang dapat dilakukan dengan baik yaitu dengan mengetahui sumber dan perilaku air. Aspek-aspek dasar perencanaan penyaliran tambang adalah aspek hidrologi dan hidrogeologi, meliputi pengetahuan daur hidrologi, curah hujan, infiltrasi, air limpasan dan air tanah serta teknik penyaliran tambang (Prahastini dan Gautama, 2012).

Sistem penyaliran tambang pada tambang terbuka menggunakan metode *mine drainage* (penyaliran) maupun *mine dewatering* (penirisan). Sistem penyaliran tambang merupakan usaha yang dilakukan untuk mencegah air masuk ke area penambangan,

sedangkan penirisan adalah upaya untuk mengeringkan atau mengeluarkan air yang masuk ke area penambangan (Suwandhi, 2004). Sistem penyaliran tambang bertujuan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada musim hujan. Selain itu, sistem penyaliran tambang ini juga dimaksudkan untuk memperlambat kerusakan alat serta mempertahankan kondisi kerja yang aman, sehingga alat-alat mekanis dapat digunakan dalam waktu yang lama (Khusairi., dkk 2020).

### **2.3 Metode Sistem Penyaliran Tambang Terbuka**

Penanganan masalah air dalam suatu tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut:

1. *Mine drainage system*

*Mine drainage* (sistem penyaliran) merupakan upaya yang dilakukan untuk mencegah masuknya air ke dalam pit penambangan. Hal ini biasanya dilakukan untuk penanganan air tanah dan air permukaan (Chakti dan Har, 2020). Menurut Idrysy dan Conelly (2012), sistem penyaliran tambang adalah aspek penting dari sebagian besar proyek pertambangan. Hal ini dilakukan untuk mencapai dua tujuan utama, yaitu meningkatkan stabilitas lereng tambang dan mengurangi biaya penambangan serta mengurangi aliran air ke tambang untuk meningkatkan produktivitas tambang dan kesehatan serta keselamatan pekerja. *Mine drainage system* pada umumnya dilakukan dengan menyediakan saluran terbuka di lingkaran luar tambang atau lantai jenjang, adapun metode-metode dalam *mine drainage system*, yaitu (Sapan et al., 2020):

- a. *Siemens method*

Pada metode ini, jenjang dari kegiatan penambangan dibuat lubang bor dengan diameter 30 cm, ke dalam lubang bor dimasukkan pipa berukuran

20 cm. Ujung bawah pipa tersebut dibuat lubang-lubang (perporasi) dan bagian ujung pipa tadi masuk ke dalam lapisan akuifer, sehingga air yang ada pada bagian bawah pipa dapat dipompa ke atas secara seri, kemudian dibuang ke kolam pengendapan.

b. *Small pipe system with vacuum pump drainage*

Metode ini diterapkan untuk lapisan batuan yang sedikit mengandung air, caranya dengan membuat lubang bor berdiameter 15 cm. Pada lubang bor tersebut dimasukkan pipa dengan diameter 5-6 cm. Pada ujung pipa dibuat lubang-lubang (perporasi). Antara pipa dan dinding lubang bor diberikan batuan kasar dengan fungsi sebagai penyaring kotoran. Dilakukan penyumbatan pada bagian atas antara pipa dan lubang bor sehingga air dapat terhisap ke dalam lubang bor karena terdapat kondisi vacuum udara saat terjadi isapan pompa.

c. *Deep well pump method drainage*

Metode ini digunakan untuk material yang mempunyai permeabilitas rendah dan jenjang yang tinggi. Dalam metode ini dibuat lubang bor dengan diameter 15 cm, pompa dimasukkan ke dalam lubang bor (*submersible pump*), yang digerakkan dengan listrik. Jenis pompa ada yang otomatis bekerja jika pompa tercelup air. Kedalaman lubang bor 50-60 m.

d. *Electro osmosis system drainage*

Apabila lapisan tanah terdiri dari tanah lempungan, maka pekerjaan pemompaan akan sulit dilakukan karena adanya sifat kapiler yang terdapat pada jenis tanah lempungan. Untuk mengatasi keadaan ini, maka digunakan cara *electro osmosis*. Pada metode ini digunakan batang anoda dan katoda. Bila elemen-elemen dialiri arus listrik, maka air ( $H_2O$ ) akan terurai,  $H^+$

menuju ke katoda dan  $\text{OH}^-$  ke anoda.  $\text{H}^+$  pada katoda (di sumur besar) dinetralisir menjadi air dan terkumpul pada sumur lalu diisap dengan pompa.

e. Metode pemotongan air tanah

Metode ini digunakan untuk mengamati air tanah, dimana penggalian dilakukan sampai mencapai lapisan akuifer. Dengan terpotongnya air tanah maka aliran hilir akan menjadi kering. Lubang penggalian kemudian akan ditimbun dengan material kedap air atau dilapisi dengan semen.

2. *Mine dewatering system*

*Mine dewatering* (sistem penirisan) merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan. Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari air hujan. Terdapat beberapa metode penyaliran *mine dewatering* yaitu (Suwandhi, 2004):

a. Sistem kolam terbuka

Sistem ini diterapkan untuk membuang air yang telah masuk ke daerah penambangan. Air dikumpulkan pada sumur (*sump*) dan dipompa keluar.

b. Cara paritan

Penyaliran dilakukan dengan membuat paritan (saluran) pada lokasi penambangan, yang bertujuan untuk menampung air limpasan yang menuju ke lokasi penambangan dan kemudian akan dialirkan ke kolam penampungan sementara atau dialirkan langsung ke tempat pembuangan dengan memanfaatkan gaya gravitasi.

c. Sistem adit

Sistem adit digunakan untuk pembuangan air pada tambang terbuka yang mempunyai banyak jenjang. Saluran dibuat secara horisontal dari tempat kerja menembus ke *shaft* yang dibuat di sisi bukit untuk pembuangan air yang masuk ke dalam tempat kerja.

## 2.4 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Sistem Penyaliran Tambang

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam merancang sistem penyaliran pada tambang terbuka adalah:

1. Curah hujan

Sumber utama air yang masuk ke lokasi penambangan adalah air hujan, sehingga besar kecilnya curah hujan yang terjadi di sekitar lokasi penambangan akan memengaruhi banyak sedikitnya air tambang yang harus dikendalikan. Besar curah hujan dapat dinyatakan sebagai volume air hujan yang jatuh pada suatu areal tertentu, oleh karena itu besarnya curah hujan dapat dinyatakan dalam meter kubik per satuan luas, secara umum dinyatakan dalam milimeter. Pengamatan curah hujan biasanya dilakukan oleh alat penakar curah hujan.

Air hujan yang masuk ke area pertambangan dan kemudian menjadi air tambang harus segera dikeluarkan dari dalam pit atau catchmen area agar tidak mengganggu kegiatan operasional penambangan, maka perlu dilakukan analisis data curah hujan. Data curah hujan biasanya disajikan dalam data curah hujan harian, bulanan, dan tahunan yang dapat berupa grafik atau tabel. Angka-angka curah hujan yang diperoleh sebelum diterapkan dalam rencana pengendalian air permukaan, harus diolah terlebih dahulu. Data curah hujan yang akan dianalisa adalah besarnya curah hujan harian maksimum. Pengolahan data curah hujan meliputi:

- a. Periode ulang hujan.

Curah hujan biasanya terjadi menurut pola tertentu dimana curah hujan tertentu biasanya akan berulang pada periode tertentu yang dikenal dengan periode ulang hujan. Periode ulang hujan didefinisikan sebagai waktu dimana curah hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali

dalam jangka waktu tertentu (Sapan et al., 2020). Misalnya periode ulang hujan 10 tahun, maka peristiwa yang bersangkutan (hujan, banjir) akan terjadi rata-rata sekali setiap periode 10 tahun. Terjadinya peristiwa tersebut tidak harus 10 tahun, melainkan rata-rata sekali setiap periode 10 tahun, misal 10 kali dalam periode 100 tahun, 25 kali dalam 250 tahun dan seterusnya. Periode ulang ini memberikan gambaran bahwa semakin besar periode ulang semakin tinggi curah hujannya. Penetapan periode ulang hujan sebenarnya lebih ditekankan pada masalah kebijaksanaan yang perlu diambil sesuai perencanaan. Pertimbangan dalam penentuan periode ulang hujan tersebut adalah resiko yang dapat ditimbulkan bila curah hujan melebihi curah hujan rencana. Acuan untuk menentukan periode ulang hujan menurut Kite (1988) tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Periode ulang hujan rencana (Kite, 1988)

Keterangan	Periode Ulang Hujan (Tahun)
Daerah terbuka	0 – 5
Sarana tambang	2 – 5
Lereng-lereng tambang dan timbunan	5 – 10
Sumuran utama	10 – 25
Penyaliran keliling tambang	25
Pemindahan aliran sungai	100

b. Hujan rencana

Dalam perancangan sistem penyaliran untuk air permukaan pada suatu tambang, hujan rencana merupakan suatu kriteria utama. Hujan rencana adalah hujan maksimum yang mungkin terjadi selama umur dari sarana penirisan tersebut. Hujan rencana ini ditentukan dari hasil analisis frekuensi data curah hujan, dan dinyatakan dalam curah hujan dengan periode ulang tertentu. Salah satu metode dalam analisis frekuensi yang sering digunakan



dalam menganalisis data curah hujan adalah metode distribusi ekstrim, atau juga dikenal dengan Metode distribusi Gumbel (Suwandhi, 2004).

c. Intensitas Curah hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relatif singkat, dinyatakan dalam mm/jam, mm/menit, mm/detik. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf *I*, satuannya mm/jam. Artinya tinggi atau kedalaman dalam waktu satu jam adalah sekian mm (Sapan et al., 2020). Intensitas curah hujan bervariasi menurut ruang dan waktu yang bergantung pada letak geografis dan iklim, serta mempunyai hubungan erat dengan lamanya hujan. Jika durasi hujan yang sama menghasilkan kedalaman hujan yang berbeda, maka intensitas curah hujan rata-rata akan berbeda (Tunas et al., 2016). Pada prinsipnya pola distribusi curah hujan yang dinyatakan sebagai intensitas hujan dapat diperoleh dari alat pengukur curah hujan otomatis, tetapi jika data tersebut tidak tersedia, pola distribusi curah hujan dapat ditentukan dengan model distribusi hipotesis seperti *uniforms*, *triangle*, *Mononobe*, *alternating block method* (ABM), dan Tadashi Tanimoto (Chow et al., 1998).

2. Daerah tangkapan hujan

Daerah tangkapan hujan adalah luasnya permukaan yang apabila terjadinya hujan, maka air hujan yang jatuh akan mengalir ke daerah yang lebih rendah menuju titik pengaliran. Daerah ini merupakan suatu areal dimana batas wilayah tangkapannya ditentukan dari titik-titik elevasi tertinggi hingga akhirnya terbentuk suatu poligon tertutup yang pola dan bentuknya disesuaikan dengan kondisi topografi, dengan mengikuti kecenderungan arah gerak air yang mengalir karena gravitasi. Dengan pembatasan daerah tangkapan hujan maka diperkirakan setiap debit hujan yang tertangkap akan mengalir dan akan

terkonsentrasi pada elevasi terendah daerah tersebut (Fajrin et al., 2018). Air hujan yang jatuh kepermukaan sebagian meresap kedalam tanah, sebagian ditahan oleh tumbuhan dan sebagian lagi mengisi liku-liku permukaan bumi, kemudian mengalir ketempat yang lebih rendah. Semua air yang mengalir dipermukaan belum tentu menjadi sumber air dari sistem penyaliran. Kondisi ini tergantung dari daerah tangkapan hujan dan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kondisi topografi, rapat tidaknya vegetasi, dan lain-lain yang berdasarkan peta topografi daerah yang akan diteliti (Suwandhi, 2004).

Daerah tangkapan hutan (*catchment area*) dipengaruhi oleh kemajuan tambang, sehingga rencana kemajuan tambang juga merupakan faktor yang memengaruhi penyaliran tambang. Dengan adanya kemajuan penambangan akan merubah kondisi topografi dan mempengaruhi pola alir saluran yang akan dibuat. Oleh karena itu, pembuatan saluran tersebut menjadi efektif dan tidak akan menghambat sistem kerja yang ada pada lokasi penambangan (Baramsyah et al., 2019).

### 3. Air limpasan

Air limpasan merupakan air hujan yang jatuh dan mengalir dalam bentuk lapisan tipis diatas permukaan tanah yang akan masuk ke saluran terbuka untuk kemudian bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai. Air limpasan adalah semua air yang mengalir akibat hujan yang bergerak dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah tanpa memperhatikan asal atau aliran yang dilalui sebelum mencapai saluran (Fajrin et al., 2018). Aliran itu terjadi karena curah hujan yang mencapai permukaan bumi tidak dapat terinfiltrasi, baik yang disebabkan karena intensitas curah hujan atau faktor lain misalnya seperti kelerengan, bentuk dan kekompakan permukaan tanah serta vegetasi (Gumbel, 1954).

#### 4. Koefisien limpasan

Jenis material pada daerah penambangan berpengaruh terhadap kondisi penyerapan air limpasan, karena untuk setiap jenis dan kondisi material memiliki koefisien yang berbeda-beda. Nilai koefisien limpasan (C) merupakan parameter yang menggambarkan hubungan curah hujan dan limpasan, yaitu memperkirakan jumlah air hujan yang mengalir menjadi limpasan langsung di permukaan, dimana dalam penentuan nilai koefisien limpasan tersebut dilakukan dengan memperkirakan kemiringan dan tata guna lahan tutupan, sehingga didapat nilai koefisien limpasan (C) (Utamakno., dkk 2020). Air mengalir dari topografi tinggi ke topografi rendah, maka sebelum menjadi sumber air dari suatu sistem penyaliran, air tersebut akan melewati beberapa kondisi permukaan tanah seperti kerapatan vegetasi, kondisi topografi dan keadaan geologi. Kondisi tersebutlah yang mempengaruhi besar kecilnya debit air limpasan, dengan memperhatikan koefisien limpasan dari daerah tersebut, dimana nilai koefisien limpasan dapat dilihat pada Tabel 2.2 (Putri, 2020).

Tabel 2.2 Nilai koefisien limpasan (Putri, 2020)

Kemiringan	Kegunaan Lahan	Koefisien
Datar <3%	1. Sawah, rawa	0,2
	2. Hutan, perkebunan	0,3
	3. Perumahan dengan kebun	0,4
Agak miring 3% - 15%	1. Hutan, perkebunan	0,4
	2. Perumahan	0,5
	3. Tumbuhan yang jarang	0,6
	4. Tanpa tumbuhan, daerah penumbuhan	0,7
Curam >15%	1. Hutan	0,6
	2. Perumahan, kebun	0,7
	3. Tumbuhan yang jarang	0,8
	4. Tanpa tumbuhan, daerah tambang	0,9

## 5. Air tanah

Air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah dan di dalam retak-retak batuan. Beberapa istilah penting (Chay, 2002):

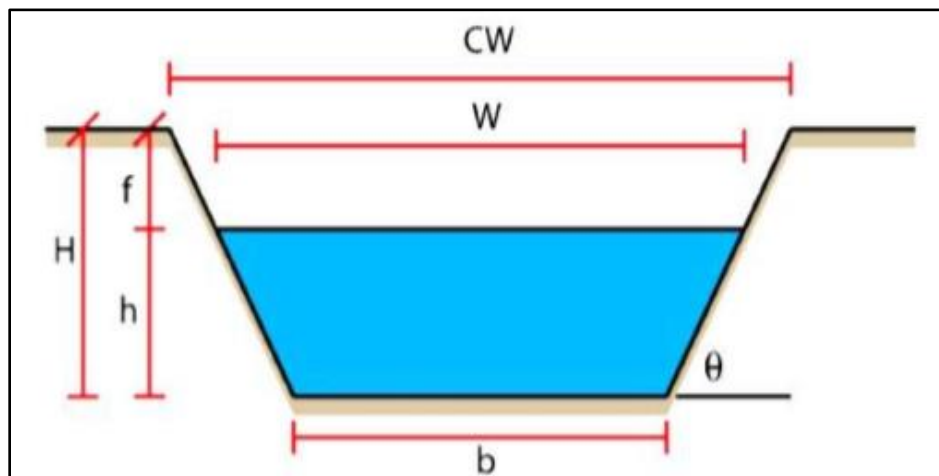
- a. *Aquifer* adalah lapisan tanah yang permeabel atau lolos, sehingga dapat meloloskan air.
- b. *Aquifuge* adalah lapisan tanah/batuan yang impermeabel / tidak lolos air sehingga tidak memiliki kemampuan untuk menyimpan dan meloloskan air.
- c. *Aquiclude* adalah lapisan tanah yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat mengalirkannya.
- d. *Aquitard* merupakan aquifer yang secara regional memengaruhi neraca air tetapi tidak cukup untuk dimanfaatkan

### **2.5 Saluran Terbuka (Drainase)**

Saluran terbuka didefinisikan sebagai rangkaian bangunan air yang berguna untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara maksimal. Perencanaan sistem saluran terbuka pada daerah penambangan sangat diperlukan, mengingat bahwa daerah tambang merupakan lahan tanah kosong yang berpotensi terbentuknya genangan air pada daerah penambangan. Sistem saluran terbuka adalah suatu usaha yang diterapkan pada lokasi penambangan terutama pada tambang terbuka untuk mencegah, mengeringkan, atau mengeluarkan air yang masuk ke lokasi kerja. Upaya tersebut dimaksudkan untuk mengurangi terganggunya aktivitas produksi akibat adanya air hujan dalam jumlah berlebihan, terutama pada musim hujan. Sistem penyaliran tambang juga bertujuan untuk memperlambat kerusakan alat serta mempertahankan kondisi kerja yang aman dan kondusif (Fajrin et al., 2018).

Saluran terbuka pada area pertambangan dibagi berdasarkan penempatan dan fungsinya. Saluran dalam areal penambangan berfungsi untuk mengeluarkan air limpasan ke luar tambang, sedangkan saluran yang berada di luar areal penambangan berfungsi untuk mencegah masuknya air limpasan kedalam areal penambangan. Dimensi saluran harus mempunyai kemampuan untuk mengalirkan debit rencana atau dengan kata lain debit yang dialirkan harus sama atau lebih besar dari debit rencana. Debit maksimum saluran diperoleh melalui perhitungan kecepatan aliran yang melalui saluran terbuka dan luas area yang dilalui oleh air limpasan (Wesli, 2008).

Ketersediaan lahan merupakan salah satu yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan bentuk dan dimensi saluran yang akan digunakan dalam rancangan saluran baru maupun dalam kegiatan evaluasi dimensi saluran terbuka yang telah ada. Ada tiga bentuk saluran terbuka yaitu bentuk segi empat, segi tiga, dan bentuk trapesium. Namun bentuk saluran terbuka yang sering digunakan adalah saluran terbuka dalam bentuk trapesium. Hal ini dikarenakan beberapa pertimbangan yaitu jika lahan yang digunakan untuk merancang saluran cukup luas, sebaiknya menggunakan bentuk penampang trapesium, agar saluran terbuka dapat mengalirkan air dalam debit air yang besar dan mudah dalam pembuatan serta perawatannya (Fajrin, et al., 2018). Saluran terbuka dengan bentuk penampang trapesium dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Saluran terbuka trapesium (Prahastini dan Gautama, 2012)

Keterangan:

- H = Kedalaman saluran
- h = Kedalaman basah/tinggi aliran (m)
- f = Tinggi jaga (m)
- W = Lebar permukaan air (m)
- CW = Lebar permukaan saluran (m)
- b = Lebar dasar saluran (m)
- $\theta$  = Sudut kemiringan dinding saluran

Perhitungan dimensi saluran terbuka dapat dilakukan menggunakan Persamaan Manning (Persamaan 3.12), dimana dalam persamaan tersebut mempertimbangkan debit air limpasan, jari-jari hidraulik, luas penampang basah, kemiringan dasar saluran, dan kekasaran dinding saluran. Kemiringan dasar saluran ditentukan dengan pertimbangan bahwa suatu aliran dapat mengalir secara alamiah tanpa terjadi pengendapan lumpur pada dasar saluran. Menurut P.fleider (1972) kemiringan antara 0,25% - 0,5% sudah cukup untuk mencegah adanya pengendapan lumpur, sehingga harga kemiringan saluran (%) merupakan syarat agar tidak terjadi pengendapan partikel padatan. Kekasaran dinding juga sangat diperhatikan dalam perhitungan dimensi, dimana nilai koefisien kekasaran dinding saluran ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Koefisien kekasaran dinding saluran Manning (Pfleider, 1972)

No	Tipe Dinding Saluran	n
1	Semen	0,010 – 0,014
2	Beton	0,011 – 0,016
3	Bata	0,012 – 0,020
4	Besi	0,013 – 0,017
5	Tanah	0,020 – 0,030
6	Gravel	0,022 – 0,035
7	Tanah yang ditanami	0,025 – 0,040

Saluran terbuka (drainase) memiliki beberapa jenis yang dapat dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis-jenis saluran drainase secara umum dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu sebagai berikut (Kusumo, 2009):

1. Drainase menurut sajarah terbentuknya

a. Drainase alamiah (*natural drainage*)

Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang, saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai. Daerah-daerah dengan drainase alamiah yang relatif bagus akan membutuhkan perlindungan yang lebih sedikit daripada daerah-daerah rendah yang tertindak sebagai kolam penampung bagi aliran dari daerah anak-anak sungai yang luas.

b. Drainase buatan

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu, gorong-gorong, dan pipa-pipa.

2. Drainase menurut letak bangunannya

a. Drainase permukaan tanah (*surface drainage*)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi untuk mengalirkan air limpasan permukaan. Analisis alirannya merupakan analisis *open channel flow* (aliran saluran terbuka).

b. Drainase bawah permukaan tanah (*subsurface drainage*)

Saluran drainase yang bertujuan untuk mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah yaitu menggunakan pipa-pipa dikarenakan alasan-alasan tertentu, seperti alasan tuntutan artistik, tuntutan

fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, dan taman.

### 3. Drainase menurut konstruksinya

#### a. Saluran terbuka

Saluran terbuka merupakan saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah luasan yang cukup luas, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan lingkungan.

#### b. Saluran tertutup

Saluran yang pada umumnya sering di pakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan atau lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

### 4. Drainase menurut sistem buangnya

Sistem pengumpulan air buangan sesuai dengan fungsinya maka pemilihan sistem buangnya dibedakan menjadi:

#### a. Sistem terpisah (*separate system*)

Sistem terpisah merupakan sistem dimana air kotor dan air hujan dilayani oleh sistem saluran masing-masing secara terpisah.

#### b. Sistem tercampur (*combined system*)

Sistem tercampur merupakan sistem dimana air kotor dan air hujan disalurkan melalui satu saluran yang sama.

#### c. Sistem kombinasi (*pseudo separate system*)

Sistem kombinasi merupakan perpaduan antara saluran air buangan dan saluran air hujan dimana pada waktu musim hujan air buangan dan air hujan tercampur dalam saluran air buangan, sedangkan air hujan berfungsi sebagai pengenceran penggelontor. kedua saluran ini tidak bersatu tetapi dihubungkan dengan sistem perpipaan interceptor.



## 2.6 Gorong-gorong

Ketentuan-ketentuan dalam perancangan dimensi gorong-gorong berdasarkan Buku Pedoman Konstruksi dan Bangunan dalam Perencanaan Sistem Drainase Jalan oleh Departemen Pekerjaan Umum (2006) diantaranya sebagai berikut:

1. Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya
2. Harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien
3. Harus dibuat dengan tipe permanen. Adapun pembangunan gorong-gorong terdiri dari tiga konstruksi utama, yaitu:
  - a. Pipa kanan air utama yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bagian hulu ke bagian hilir secara langsung
  - b. Apron (dasar) dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur
  - c. Bak penampung diperlukan pada kondisi:
    - Pertemuan antara gorong-gorong dan saluran tepi
    - Pertemuan lebih dari dua arah aliran
4. Perhitungan dimensi gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka. Perhitungan dimensi gorong-gorong harus memperkirakan debit-debit yang masuk gorong-gorong tersebut
5. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm. kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan yaitu minimum 1m – 1,5 m dari permukaan jalan
6. Kecepatan minimum dalam gorong-gorong agar tidak terjadi sedimentasi yaitu 0,7 m/detik. Kecepatan maksimum yang keluar dari gorong-gorong untuk

berbagai macam kondisi material saluran di hilir gorong-gorong agar tidak terjadi erosi pada saluran ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kecepatan maksimum gorong-gorong yang diizinkan (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

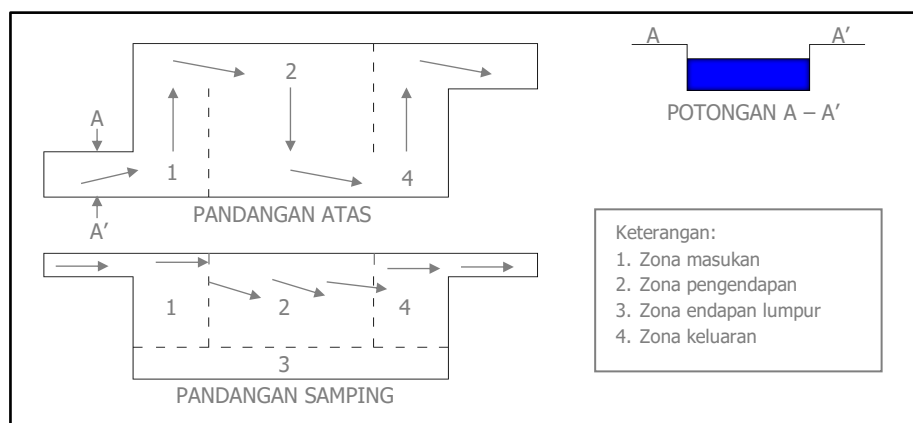
Kondisi Material Dasar Saluran	V maksimum, Vg(m/detik)
Lumpur	< 0,3
Pasir halus	< 0,3
Pasir kasar	0,4 – 0,6
Gravel	
0 > 6 mm	0,6 – 0,9
0 > 25 mm	1,3 – 1,5
0 > 100 mm	2,0 – 3,0
Lempung	
Lunak	0,3 – 0,6
Kenyal	1,0 – 1,2
Keras	1,5 – 2,0
Batu-batuan	
0 > 150 mm	2,5 – 3,0
0 > 300 mm	4,0 – 5,0

7. Kecepatan keluaran rata-rata yang melebihi kecepatan maksimum yang diizinkan seperti pada Tabel (2.4), maka harus diberikan beberapa jenis perlindungan keluaran atau dengan bangunan peredam energi ataupun pencegah erosi pada daerah hilir gorong-gorong
8. Faktor utama yang mempengaruhi kecepatan keluaran adalah kemiringan dan kekasaran gorong-gorong
9. Hidrolik gorong-gorong  
Ukuran dan jenis gorong-gorong dipilih sesudah ditentukan:
  - a. Debit yang direncanakan
  - b. Lokasi gorong-gorong.

## 2.7 *Settling Pond*

Pertambangan dapat mengakibatkan terjadinya degradasi kualitas lingkungan karena luasnya vegetasi lahan yang dibuka, meningkatnya erosi dan kandungan padatan terlarut yang tinggi pada air limbah penambangan. Aliran air limpasan yang berasal dari berbagai daerah tangkapan hujan di area pertambangan harus melalui proses pengolahan di *settling pond*. *Settling pond* merupakan pengolahan terakhir dalam penambangan sebagai kontrol erosi, sedimentasi, dan bahan pencemar lainnya seperti logam berat sebelum keluar ke badan air (Utamakno., dkk 2020).

Kolam pengendapan (*settling pond*) untuk daerah penambangan yang dibuat bertujuan untuk menampung dan mengendapkan partikel air limpasan yang berasal dari daerah penambangan maupun daerah sekitar penambangan. Menurut Endrianto (2013), bentuk kolam pengendapan dapat digambarkan dengan sederhana dan terdiri dari bentuk yang bermacam-macam yaitu berupa kolam berbentuk persegi panjang, zig zag, persegi, dapat disesuaikan dengan keperluan dan keadaan lapangan yang tersedia. Kolam pengendapan dibuat berkelok-kelok (zig-zag), agar kecepatan aliran lumpur relatif rendah karena luas permukaan yang semakin panjang, sehingga partikel padatan dapat mengendap dengan cepat (Baramsyah., dkk 2019). Sketsa *settling pond* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sketsa *settling pond*