

**SKRIPSI**

**DESAIN *SETTLING POND SITE* SAMAENRE PT CERIA  
NUGRAHA INDOTAMA, KABUPATEN KOLAKA,  
SULAWESI TENGGARA**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**YORIS BOMBA LESE KILA'  
D111 18 1304**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PETAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### DESAIN *SETTLING POND SITE* SAMAENRE PT CERIA NUGRAHA INDOTAMA, KABUPATEN KOLAKA, SULAWESI TENGGARA

Disusun dan diajukan oleh

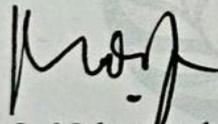
**YORIS BOMBA LESE KILA'**  
**D111 18 1304**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 10 Januari 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

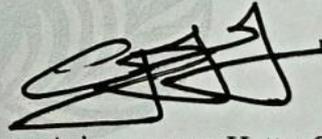
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

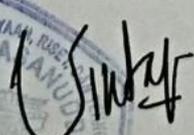
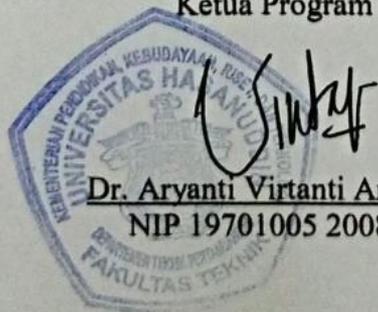


Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, MT  
NIP 19680718 199309 1 001



Asta Arjunoarwan Hatta, ST., MT  
NIP 19951126 202204 3 001

Ketua Program Studi,

Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT  
NIP 19701005 200801 2 026

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;  
Nama : Yoris Bomba Lese Kila'  
NIM : D111181304  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Desain *Settling Pond Site* Samaenre PT Ceria Nugraha Indotama, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara}

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.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 15 Januari 2024

Yang Menyatakan



Yoris Bomba Lese Kila'

## ABSTRAK

**YORIS BOMBA LESE KILA'. DESAIN SETTLING POND SITE SAMAENRE PT CERIA NUGRAHA INDOTAMA, KABUPATEN KOLAKA, SULAWESI TENGGARA** (dibimbing oleh Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, MT dan Asta Arjunoarwan Hatta, ST., MT)

PT Ceria Nugraha Indotama, sebagai perusahaan pertambangan yang bertanggung jawab secara sosial dan lingkungan, harus merencanakan desain kolam pengendapan limbah yang efisien dan efektif. Desain *settling pond* yang baik akan memastikan bahwa partikel padat terendapkan secara efektif, sehingga air limbah yang dibuang tidak mengandung konsentrasi partikel yang berbahaya bagi keberlanjutan lingkungan sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan aliran air serta titik *settling pond*, menghitung curah hujan rencana serta debit limpasan, menentukan dimensi *settling pond* serta waktu pemeliharaan, dan untuk merancang saluran terbuka pada *pit* penambangan. Penelitian ini menggunakan metode *action research* dimana bertujuan untuk menemukan metode atau cara yang paling efektif untuk memecahkan suatu masalah. Selain itu, juga menggunakan metode analisis data sekunder, dimana metode ini melibatkan penggunaan data yang sudah ada, seperti laporan industri, data statistik, literatur ilmiah, atau data pemerintah. Metode pengolahan dan analisis curah hujan rencana menggunakan metode distribusi normal, analisis *catchment area* dan titik *settling pond* serta arah aliran air menggunakan *software ArcMap 10.8*, perhitungan dimensi *settling pond* dan perhitungan waktu *maintenance* dengan data laporan kualitas air. Hasil dari penelitian, diketahui debit air limpasan maksimum yang masuk ke *settling pond pit 1* yaitu sebesar  $0,97 \text{ m}^3/\text{detik}$  dengan luas *catchment area*  $0,41 \text{ km}^2$  dan ke *settling pond pit 2* yaitu sebesar  $1,30 \text{ m}^3/\text{detik}$  dengan luas *catchment area*  $0,46 \text{ km}^2$ . Dimensi tiap kolam dengan panjang 30 m, lebar 15 m, dan kedalaman 5 meter. Waktu pengerukan yang dibutuhkan untuk pemeliharaan kolam (*maintenance*) yaitu 28 hari waktu operasional untuk *settling pond pit 1* dan 29 hari waktu operasional untuk *settling pond pit 2*.

Kata Kunci: pertambangan, lingkungan, kolam pengendapan.

## **ABSTRACT**

**YORIS BOMBA LESE KILA'. DESIGN OF SETTLING POND AT SAMAENRE SITE PT CERIA NUGRAHA INDOTAMA, KOLAKA DISTRICT, SOUTHEAST SULAWESI (supervised by Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, MT and Asta Arjunoarwan Hatta, ST., MT)**

*PT Ceria Nugraha Indotama, as a socially and environmentally responsible mining company, must plan an efficient and effective design for waste settling ponds. A well-designed settling pond ensures the effective settling of solid particles, ensuring that discharged wastewater does not contain concentrations of harmful particles for the sustainability of the surrounding environment. This research aims to plan water flow and settling pond locations, calculate planned rainfall and runoff discharge, determine settling pond dimensions and maintenance time, and design open channels in the mining pit. The study employs the action research method to find the most effective methods for problem-solving, and the secondary data analysis method, involving existing data such as industry reports, statistical data, scientific literature, or government data. Rainfall plan processing and analysis use the normal distribution method, catchment area analysis, and settling pond location with water flow direction using ArcMap 10.8 software. Settling pond dimensions and maintenance time calculations utilize water quality report data. The research reveals a maximum runoff water inflow into settling pond pit 1 at  $0.97 \text{ m}^3/\text{second}$  with a catchment area of  $0.41 \text{ km}^2$  and into settling pond pit 2 at  $1.30 \text{ m}^3/\text{second}$  with a catchment area of  $0.46 \text{ km}^2$ . The dimensions for each pond are 30 meters in length, 15 meters in width, and 5 meters in depth. The required dredging time for pond maintenance is 28 operational days for settling pond pit 1 and 29 operational days for settling pond pit 2.*

*Keywords: mining, environment, settling pond.*

## DAFTAR ISI

|                                                           |      |
|-----------------------------------------------------------|------|
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....                           | i    |
| PERNYATAAN KEASLIAN.....                                  | ii   |
| ABSTRAK .....                                             | iii  |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                     | iv   |
| DAFTAR ISI.....                                           | v    |
| DAFTAR GAMBAR .....                                       | vii  |
| DAFTAR TABEL.....                                         | viii |
| DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....                    | ix   |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                      | x    |
| KATA PENGANTAR .....                                      | xi   |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                   | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                  | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                 | 2    |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                               | 3    |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                              | 3    |
| 1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....                         | 5    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                              | 6    |
| 2.1 Sistem Penyaliran Tambang.....                        | 6    |
| 2.2 Siklus Hidrologi .....                                | 11   |
| 2.3 Daerah Tangkapan Hujan.....                           | 13   |
| 2.4 Curah Hujan .....                                     | 14   |
| 2.5 Air Limpasan ( <i>Run Off</i> ) .....                 | 17   |
| 2.6 Kolam Pengendapan.....                                | 20   |
| 2.7 Dimensi Saluran .....                                 | 24   |
| 2.7 Batas Baku Mutu Lingkungan .....                      | 26   |
| 2.8 Kondisi Geologi .....                                 | 28   |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                            | 32   |
| 3.1 Lokasi Penelitian.....                                | 32   |
| 3.2 Metode Penelitian.....                                | 33   |
| 3.3 Alur Penelitian .....                                 | 34   |
| 3.4 Instrumen Penelitian.....                             | 36   |
| 3.5 Teknik Pengambilan Data .....                         | 36   |
| 3.6 Teknik Analisis Data.....                             | 37   |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....                         | 40   |
| 4.1 Curah Hujan .....                                     | 40   |
| 4.2 Curah Hujan Rencana .....                             | 41   |
| 4.3 Intensitas Curah Hujan.....                           | 43   |
| 4.4 Daerah Tangkapan Hujan ( <i>Catchment Area</i> )..... | 45   |
| 4.5 Koefisien Limpasan .....                              | 46   |

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.6 Perhitungan Debit Limpasan.....                          | 47        |
| 4.7 Analisis Aliran Air dan Titik <i>Settling Pond</i> ..... | 48        |
| 4.8 Kolam Pengendapan.....                                   | 49        |
| 4.9 Dimensi Saluran Terbuka.....                             | 53        |
| 4.10 TSS Pada Kolam Pengendapan.....                         | 58        |
| 4.11 Kecepatan Pengendapan.....                              | 59        |
| 4.12 Presentase Pengendapan .....                            | 60        |
| 4.13 Waktu Pemeliharaan Kolam .....                          | 61        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                       | <b>64</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                         | 64        |
| 5.2 Saran.....                                               | 64        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                  | <b>66</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1 Bagan alir manajemen kontrol air tambang .....                    | 6  |
| Gambar 2 Paritan diluar <i>pit</i> dan didasar <i>pit</i> . .....          | 8  |
| Gambar 3 Pemompaan dari <i>pit</i> .....                                   | 9  |
| Gambar 4 Metode pembuangan air tanah dengan pengisian kembali.....         | 10 |
| Gambar 5 Metode sumur <i>dewatering</i> keliling .....                     | 10 |
| Gambar 6 Metode adit.....                                                  | 11 |
| Gambar 7 Siklus Hidrologi .....                                            | 11 |
| Gambar 8 Hubungan presipitasi, infiltrasi, air tanah, dan air sungai ..... | 13 |
| Gambar 9 Daerah tangkapan hujan. ....                                      | 14 |
| Gambar 10 Zona kolam pengendapan .....                                     | 24 |
| Gambar 11 Korelasi satuan lembar lasusua Kendari . ....                    | 30 |
| Gambar 12 Peta Geologi regional . ....                                     | 31 |
| Gambar 13 Peta lokasi penelitian.....                                      | 32 |
| Gambar 14 Wilayah IUP PT CNI . ....                                        | 33 |
| Gambar 15 Bagan alir penelitian.....                                       | 35 |
| Gambar 16 Dimensi <i>settling pond pit</i> 1 (tampak atas).....            | 52 |
| Gambar 17 Dimensi <i>settling pond</i> (tampak samping).....               | 53 |
| Gambar 18 Dimensi <i>settling pond pit</i> 2 (tampak atas).....            | 53 |
| Gambar 19 Dimensi saluran terbuka <i>settling pond pit</i> 1.....          | 56 |
| Gambar 20 Dimensi saluran terbuka <i>settling pond pit</i> 2.....          | 57 |

**DAFTAR TABEL**

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1 Nilai variabel reduksi gaus.....                       | 17 |
| Tabel 2 Derajat hujan .....                                    | 19 |
| Tabel 3 Beberapa harga koefisien limpasan.....                 | 19 |
| Tabel 4 Matrix pemilihan kolam pengendapan.....                | 23 |
| Tabel 5 Baku mutu air limbah tambang .....                     | 28 |
| Tabel 6 Curah hujan <i>site</i> samaenre .....                 | 40 |
| Tabel 7 Perhitungan curah hujan rencana .....                  | 41 |
| Tabel 8 Curah hujan rencana.....                               | 43 |
| Tabel 9 Luas <i>catchment area</i> .....                       | 45 |
| Tabel 10 Luas lahan terbuka dan tertutup .....                 | 46 |
| Tabel 11 Debit limpasan .....                                  | 50 |
| Tabel 12 Dimensi kolam pengendapan <i>pit</i> 1.....           | 51 |
| Tabel 13 Dimensi kolam pengendapan <i>pit</i> 2.....           | 51 |
| Tabel 14 Kolam pengendapan <i>Pit</i> 1 dan <i>Pit</i> 2 ..... | 63 |

**DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL**

| Lambang/Singkatan | Arti dan Keterangan            |
|-------------------|--------------------------------|
| R24               | Curah hujan rencana            |
| S                 | Elevasi rata-rata              |
| L                 | Panjang aliran air             |
| $t_c$             | Lama waktu konsentrasi         |
| I                 | Intensitas hujan               |
| $\bar{C}$         | Koefisien limpasan             |
| $Q_{maks}$        | Debil maksimum                 |
| $V_t$             | Kecepatan pengendapan          |
| TSS               | <i>Total suspended solid</i>   |
| $t_v$             | Waktu pengendapan partikel     |
| $v$               | Kecepatan pengendapan partikel |
| $h$               | Kedalaman saluran              |
| P                 | Panjang kolam pengendapan      |
| $V_h$             | Kecepatan mendatar partikel    |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1 Data curah hujan .....                          | 68 |
| Lampiran 2 Perhitungan jam hujan rata-rata.....            | 71 |
| Lampiran 3 Elevasi <i>catchment area</i> .....             | 72 |
| Lampiran 4 Data TSS harian <i>site</i> samaenre .....      | 75 |
| Lampiran 5 Topografi samaenre .....                        | 76 |
| Lampiran 6 Aliran air dan titik <i>settling pond</i> ..... | 78 |
| Lampiran 7 Peta <i>settling pond pit 1</i> .....           | 79 |
| Lampiran 8 Peta <i>settling pond pit 2</i> .....           | 80 |

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan penyertaan-Nya, kita diberi kemampuan dan kesempatan dalam melaksanakan segala aktivitas kita, khususnya dalam penyusunan laporan penelitian tugas akhir dengan judul “Desain *settling pond site* Samaenre PT Ceria Nugraha Indotama, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara” sehingga dapat diselesaikan dengan baik. Selain itu, penyusunan laporan ini juga menjadi salah satu persyaratan lulus dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Banyak kendala dan tantangan dalam penyusunan laporan ini. Masukan serta saran banyak penulis terima dari beberapa pihak dengan tujuan membantu menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan FT-UH yang telah membantu baik dari segi administrasi dan lain sebagainya, Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, MT selaku Pembimbing 1 Tugas Akhir yang telah membimbing dan mengarahkan agar hasil penelitian tugas akhir dapat berjalan dengan maksimal, Bapak Asta Arjunoarwan Hatta, ST., MT selaku Pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah membimbing dan mengarahkan agar hasil penelitian tugas akhir dapat berjalan dengan maksimal, seluruh Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama berkuliah di Departemen Teknik Pertambangan FT-UH, rekanan serta sahabat seperjuangan dan seluruh mahasiswa Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin yang senantiasa memberikan motivasi, dukungan, dan semangat kepada penulis. Serta teristimewa kepada kedua orang tua, saudara, dan segenap keluarga yang memberi dukungan moril maupun materil sehingga aktivitas perkuliahan saya boleh berjalan dengan baik.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini jauh dari kesempurnaan dan penuh keterbatasan, oleh karena itu segala kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis sebagai bentuk pembelajaran tersendiri dalam penyempurnaan baik terhadap laporan ini maupun laporan–laporan berikutnya. Atas perhatian dari

semua pihak terkait yang membantu dalam penyelesaian laporan ini, sekali lagi penulis mengucapkan terima kasih. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat.

Makassar, 15 Januari 2024

Yoris Bomba Lese Kila'

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, industri pertambangan nikel telah menjadi salah satu sektor ekonomi yang sangat penting di berbagai negara. Nikel digunakan dalam berbagai aplikasi industri, terutama dalam pembuatan baterai, produksi *stainless steel*, dan banyak produk elektronik lainnya. Namun saat ini pertambangan nikel juga telah menghadapi tantangan dalam pengelolaan dampak lingkungan yang signifikan. Salah satu dampak lingkungan yang perlu dikelola secara efektif dalam operasi pertambangan nikel adalah erosi tanah dan pencemaran air akibat air limbah pertambangan. Air limbah pertambangan nikel mengandung berbagai zat yang dapat merusak kualitas air dan ekosistem perairan, termasuk logam berat seperti nikel yang dapat berdampak negatif pada kesehatan lingkungan dan kesejahteraan manusia. Oleh karena itu, perencanaan dan manajemen air limbah tambang menjadi hal yang sangat penting dalam operasi pertambangan nikel.

Untuk meminimalkan dampak negatif dari kegiatan penambangan khususnya dampak bagi lingkungan, maka perencanaan kolam pengendap (*settling pond*) merupakan suatu aspek yang sangat penting. PT Ceria Nugraha Indotama (CNI) sebagai perusahaan pertambangan yang beroperasi di Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara juga perlu memperhatikan hal ini. *Settling pond* adalah fasilitas yang dirancang untuk mengendapkan partikel padat dalam air limbah pertambangan sebelum dibuang ke lingkungan sekitar. Dalam industri pertambangan, air limbah yang mengandung partikel-partikel padat seperti *tailing* dapat mengancam kualitas air dan ekosistem di sekitarnya jika tidak dikelola dengan baik.

Sebagai perusahaan pertambangan yang bertanggung jawab secara sosial dan lingkungan, PT. CNI harus merencanakan desain kolam pengendapan limbah yang efisien dan efektif. Desain *settling pond* yang tepat akan memastikan bahwa partikel padat terendapkan secara efektif, sehingga air limbah yang dibuang tidak mengandung konsentrasi partikel yang berbahaya. Kabupaten Kolaka di Sulawesi Tenggara memiliki sumber daya mineral yang melimpah.

Operasi penambangan yang dilakukan oleh PT. CNI memberikan kontribusi ekonomi bagi kawasan, namun juga berpotensi menimbulkan dampak lingkungan yang negatif.

Dalam konteks tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dan mengimplementasikan model rancangan desain serta dimensi *settling pond* di area *pit* penambangan *site* samaenre PT. CNI di Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Dengan menerapkan perencanaan desain yang tepat, diharapkan dapat mengoptimalkan pengendapan partikel padat dalam air limbah tambang dan mencegah pencemaran bagi lingkungan. Penelitian ini akan melibatkan studi literatur mengenai perencanaan *settling pond* yang ada, menentukan parameter dan kriteria desain yang relevan untuk kondisi, topografi, geografis dan geoteknik di area penelitian, sekaligus melakukan analisis lingkungan termasuk kualitas air dan ekosistem terkait.

Hasil penelitian ini akan menjadi acuan bagi PT. CNI dalam perancangan desain dan implementasi *settling pond* yang efisien dalam pengelolaan air limbah tambang. Selain itu, penelitian ini juga dapat menginformasikan kepada pemerintah daerah dan industri pertambangan lainnya di wilayah Kabupaten Kolaka tentang praktik-praktik terbaik dalam pengelolaan air limbah tambang. Dengan adanya sistem perencanaan desain yang baik, maka diharapkan operasi penambangan di PT. CNI dapat berlangsung secara berkelanjutan dengan meminimalkan dampak yang negatif terhadap lingkungan sekitar dan juga menjaga kelestarian sumber daya mineral di Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana perencanaan yang baik dilakukan untuk pengelolaan air tambang pada *site* samaenre PT CNI. Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi topografi *pit* penambangan *site* Samaenre dalam menentukan perencanaan *settling pond*?
2. Bagaimana curah hujan di *pit* penambangan *site* Samaenre?
3. Berapa besaran volume air limpasan yang akan mengalir dari area *pit* penambangan *site* Samaenre?

4. Bagaimana bentuk dan dimensi *settling pond* pada penambangan *site* Samaenre berdasarkan debit air limpasan?
5. Bagaimana perencanaan saluran terbuka pada *pit* penambangan *site* Samaenre dalam penyaliran air?
6. Bagaimana perencanaan waktu pemeliharaan *settling pond* pada *pit* penambangan *site* Samaenre?

Dengan menjawab pertanyaan rumusan masalah di atas, penelitian ini akan memberikan kajian dan rekomendasi rancangan *settling pond* yang efektif dan efisien dalam mengelola air limbah tambang.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan inti dari penelitian ini dilakukan untuk merancang dengan efektif pengelolaan air limbah tambang pada *pit* penambangan *site* Samaenre PT. CNI menggunakan kolam pengendap (*settling pond*). Berikut beberapa tujuan penelitian ini dilaksanakan, antara lain yaitu:

1. Menghitung nilai curah hujan rencana periode 5 tahun pada *pit* penambangan *Site* Samaenre.
2. Menghitung besaran volume debit air limpasan yang mengalir dari *pit* penambangan *Site* Samaenre.
3. Merencanakan arah aliran air dan titik *settling pond* pada *pit* penambangan *Site* Samaenre.
4. Menentukan bentuk dan dimensi *settling pond* pada *pit* penambangan *Site* Samaenre.
5. Merancang saluran terbuka penyaliran air pada *pit* penambangan *Site* Samaenre.
6. Menghitung waktu pemeliharaan (*maintenance*) *settling pond* pada *pit* penambangan *Site* Samaenre.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat yang dapat diperoleh baik bagi perusahaan maupun bagi lingkungan dan masyarakat sekitarnya. Berikut adalah beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini:

1. Manfaat bagi perusahaan:

- a. Mendapatkan panduan dan rekomendasi yang konkret dalam perencanaan dimensi dan desain *settling pond* yang efektif, sehingga dapat mengelola limbah pertambangan dengan lebih baik.
  - b. Meningkatkan kepatuhan terhadap peraturan dan standarisasi lingkungan yang berlaku, sehingga dapat meminimalkan risiko pelanggaran dan sanksi hukum.
  - c. Mengurangi potensi dampak negatif terhadap lingkungan dan masyarakat sekitar, sehingga memperkuat citra perusahaan sebagai entitas yang bertanggung jawab secara sosial dan lingkungan.
2. Manfaat bagi Lingkungan:
- a. Mengurangi risiko pencemaran air dan ekosistem akibat air limbah pertambangan yang tidak terkelola dengan baik.
  - b. Meningkatkan kualitas air di sekitar lokasi tambang, yang dapat berdampak positif pada kehidupan organisme air dan keseimbangan ekosistem.
3. Manfaat bagi Masyarakat Sekitar:
- a. Memperkuat keamanan dan kesehatan masyarakat setempat dengan mengurangi potensi terpapar limbah pertambangan yang berbahaya.
  - b. Memberikan rasa aman dan kepercayaan bagi masyarakat terkait upaya perusahaan dalam mengelola limbah pertambangan dengan bertanggung jawab.
  - c. Mendorong pengembangan berkelanjutan di wilayah Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara dengan meminimalkan dampak negatif pertambangan terhadap sumber daya alam dan lingkungan.

Selain itu, penelitian ini juga bermanfaat dibidang Akademik dan Penelitian sebagai berikut:

- a. Menyumbangkan pengetahuan baru dalam bidang perencanaan desain *settling pond* di industri pertambangan.
- b. Menjadi referensi dan bahan bacaan bagi peneliti, mahasiswa, atau pihak lain yang tertarik dalam studi tentang pengelolaan air limbah pertambangan.

### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun ruang lingkup atau batasan masalah dari penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak membahas proses *treatment* air limbah tambang.
2. Tidak membahas tahapan konstruksi *settling pond* dan saluran.
3. Tidak mempertimbangkan faktor geoteknik dan maupun faktor ekonomi.

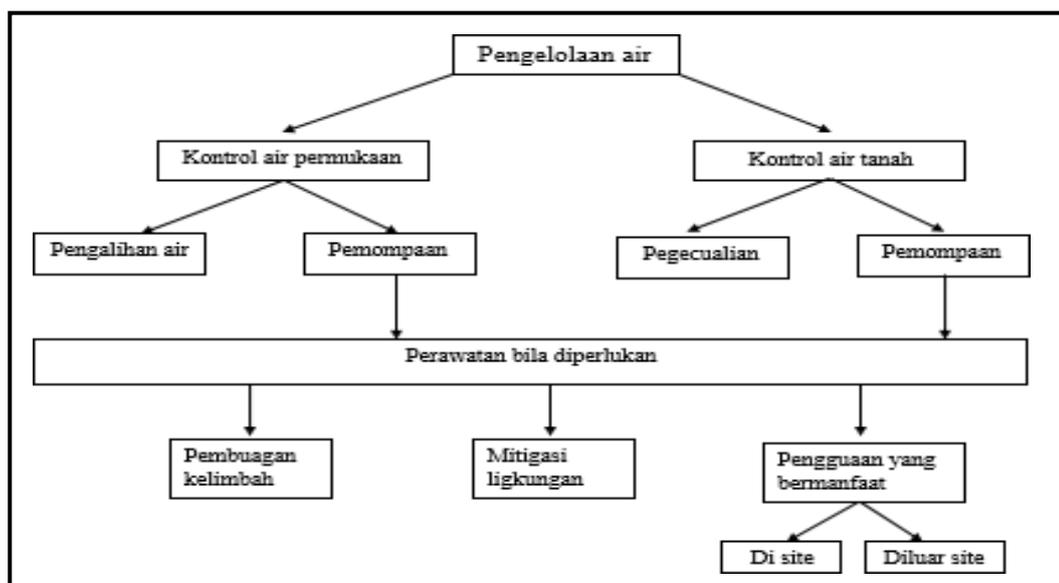
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Penyaliran Tambang

Air yang muncul di area penambangan memiliki dampak positif dan negatif. Di sisi positif, air digunakan untuk mengatasi debu, membantu dalam proses pengolahan mineral, dan mendukung operasional alat tambang, seperti alat bor. Namun, di sisi negatifnya, keberadaan air di area penambangan dapat sangat mempengaruhi baik tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Khususnya pada tambang terbuka, air dapat menyebabkan banjir yang berpotensi menimbulkan kerugian besar, baik secara materi maupun dalam bentuk kecelakaan kerja, bahkan berisiko mengakibatkan hilangnya nyawa manusia.

Keberadaan air di area penambangan yang berpotensi menimbulkan masalah mendorong perlunya sistem penyaliran yang efisien untuk mencegah dan mengatasi dampak negatifnya terhadap proses penambangan. Perencanaan dan desain yang matang dalam sistem penyaliran menjadi kunci penting dalam setiap kegiatan penambangan. Tanpa perencanaan dan desain sistem penyaliran yang baik, penambangan tidak dapat berjalan dengan lancar dan bebas dari risiko banjir serta masalah terkait kesehatan dan keselamatan kerja. Gambar 1 menunjukkan diagram alur manajemen kontrol air yang diterapkan di area penambangan.



Gambar 1 Bagan alir manajemen kontrol air tambang (Preene, (2015))

Faktor-faktor yang mempengaruhi suatu sistem penyaliran tambang sehingga memiliki sistem yang berbeda antara lain:

1. Faktor geologinya, dan tipe dari tambang itu sendiri.
2. Ukuran dan kedalaman dari sebuah tambang.
3. Metode penambangan yang digunakan (menggunakan peledakan atau tidak)

Dalam perancangan sistem penyaliran, tujuan utamanya adalah untuk memberikan keuntungan pada kegiatan penambangan itu sendiri, contoh keuntungan yang diharapkan tercapai antara lain sebagai berikut:

1. Meningkatkan kestabilan dan keamanan jenjang. Berkurangnya atau hilangnya air dalam pori tanah dan batuan, jenjang akan lebih stabil dan aman karena kemungkinan untuk longsor berkurang seiring dengan berkurangnya kadar air.
2. Kondisi kerja yang lebih efisien. Jalan yang kering tentunya akan memudahkan alat muat maupun angkut dalam bekerja. Kondisi muka kerja yang kering juga akan memudahkan para pekerja dalam menjalankan tugasnya.
3. Mengurangi biaya peledakan. Biaya peledakan untuk batuan yang kering lebih murah, karena batuan basah membutuhkan bahan peledak yang lebih banyak.
4. Mengurangi biaya pengangkutan, material kering tentunya lebih ringan dibandingkan material yang basah.
5. Mengurangi dampak lingkungan. Berkurangnya air pada area penambangan, akan mengurangi indikasi terbentuknya air asam tambang.

Selain tujuan utama, suatu sistem penyaliran juga memiliki kriteria efektif sebagai berikut:

1. Memiliki pembiayaan yang efektif, tidak melebihi biaya produksi.
2. Waktu pembuatan sistem penyaliran dapat selesai sesuai penjadwalan tambang.
3. Tidak mengganggu jalannya kegiatan penambangan.
4. Mengikuti peraturan perundangan tentang lingkungan dan tidak menimbulkandampak lingkungan.

Sistem penyaliran tambang meliputi dua sistem utama yaitu sistem *mine drainage* sebagai bentuk pencegahan dan sistem *mine dewatering* sebagai bentuk penanganan air limpasan. Adapun upaya penanganan terhadap air yang dapat dilakukan pada tambang terbuka adalah:

a. *Mine Drainage System*

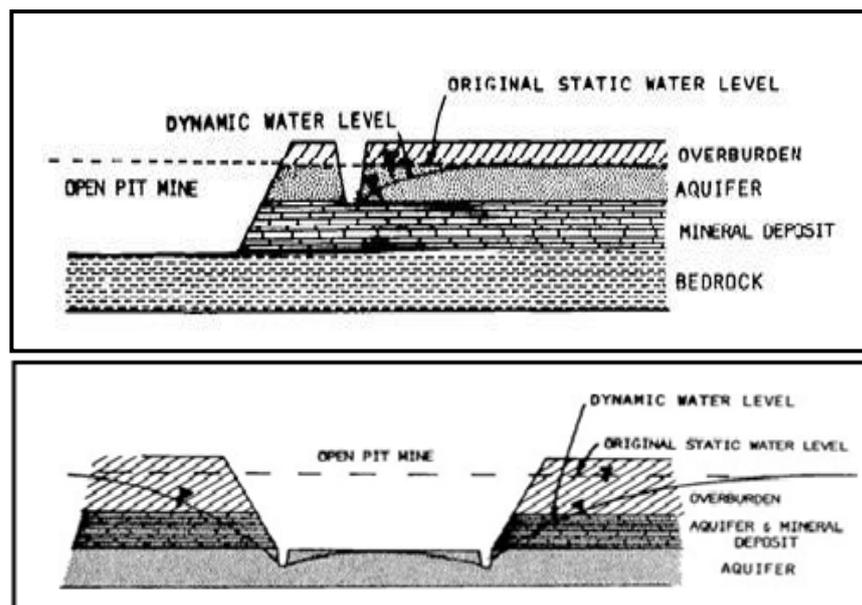
Sistem *drainage* merupakan langkah preventif untuk menghalangi air masuk ke area penambangan. Biasanya, sistem ini digunakan untuk mengatasi air tanah dan rembesan air dari permukaan. Salah satu tindakan preventif yang umum dilakukan adalah dengan membuat saluran terbuka di sekitar tambang atau lantai jenjang.

b. *Mine Dewatering System*

Sistem *dewatering* adalah usaha yang dilakukan untuk mengeliminasi air yang telah masuk ke wilayah penambangan.. ada beberapa teknik dan metode yang seringkali diterapkan antara lain :

1. Metode paritan

Metode paritan adalah pendekatan yang paling lazim dan sering diterapkan karena biayanya yang terjangkau dan perawatannya yang sederhana. Pendekatan ini melibatkan pembuatan saluran parit di sekitar *pit* penambangan atau di luar batas *pit*, bahkan kadang-kadang di bagian dasar *pit* penambangan itu sendiri. (Straskraba, 1979).



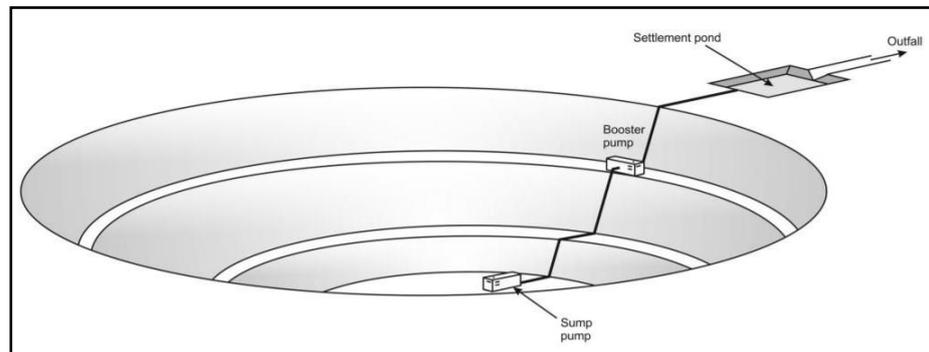
Gambar 2 Paritan diluar *pit* dan didasar *pit*.

## 2. Metode sumuran

Sistem sumuran adalah metode yang sering digunakan di tambang terbuka dan kuari, terutama di Indonesia. Dalam metode ini, dibuat kolam sementara di dasar *pit* penambangan untuk menampung air, yang nantinya akan dipompa keluar dari *pit* penambangan. (Silwamba, 2015).

## 3. Metode *in-pit pumping*

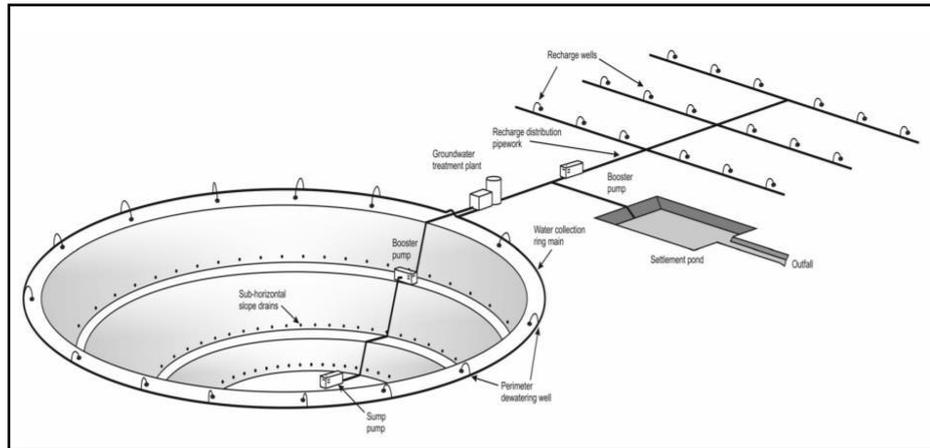
Pendekatan ini adalah metode yang paling umum diterapkan di tambang terbuka dan kuari. Metode ini sebenarnya merupakan kombinasi dari metode paritan dengan penanganan masalah air, baik air permukaan maupun air tanah. Dalam metode ini, air dibiarkan masuk ke dalam *pit* penambangan melalui saluran air dan dikumpulkan di dalam *sump* sebelum kemudian dipompa keluar. Air yang dipompa seringkali mengandung sedimen yang terbawa dari saluran air, sehingga pompa harus memiliki kemampuan untuk mengatasi air yang kotor tersebut. (Preene, 2015).



Gambar 3 Pemompaan dari pit

## 4. Metode *groundwater disposal by artificial recharge*

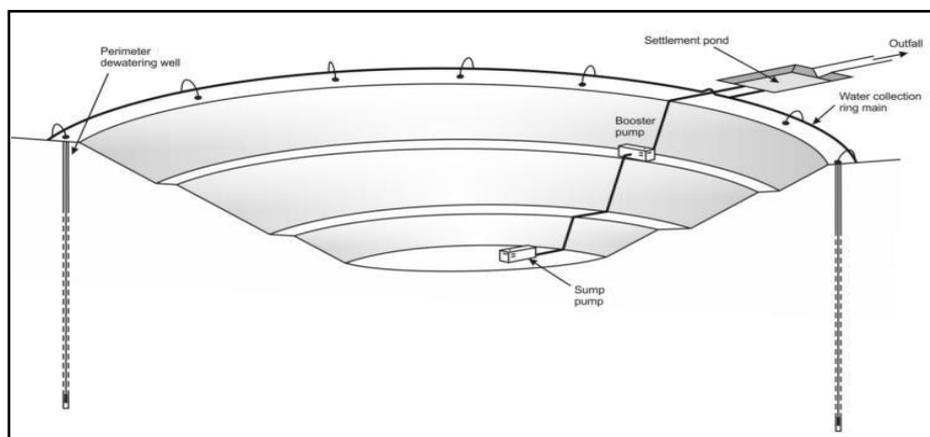
Tujuan dari metode ini adalah untuk menjaga tingkat air tanah selama proses penambangan berlangsung dan setelah penambangan selesai. Pendekatan ini melibatkan pembuatan sumur *sub-horizontal* di dalam *pit* penambangan untuk mengeluarkan air tanah dari lereng. Air dari sumur *sub-horizontal* tersebut kemudian dialirkan ke dalam *sump* di dasar *pit* dan kemudian dipompa keluar dari *pit* tersebut. Setelah proses pemompaan selesai, air tersebut dialirkan ke dalam lubang bor di luar *pit* yang sebelumnya telah dibuat, dengan tujuan mengembalikan air tanah yang keluar dari sumur *sub-horizontal* di dalam *pit*.



Gambar 4 Metode pembuangan air tanah dengan pengisian kembali

5. Metode Perimeter *dewatering wells* dan *sub-horizontal slope drains*

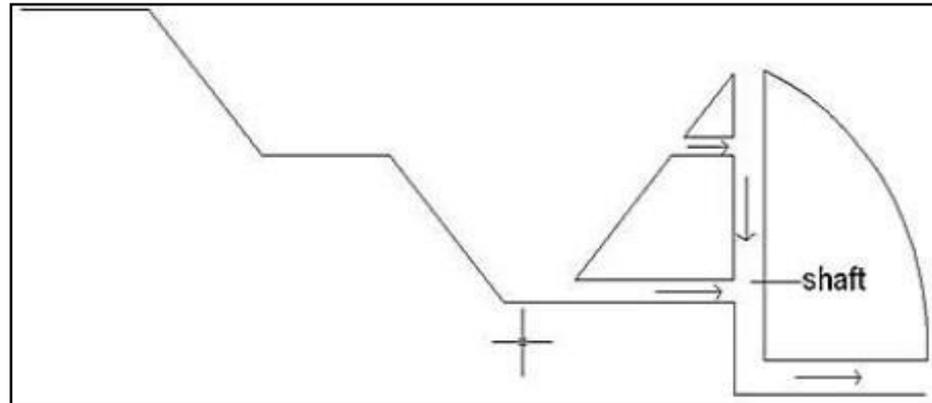
Metode ini merupakan gabungan dari sumur bor di keliling luar pit (*perimeter dewatering wells*) dan di dalam lereng (*sub-horizontal slope drains*). Sumur bor yang dibuat di lereng dibuat secara *horizontal* dengan sedikit kemiringan ke atas atau ke bawah. Air yang dikeluarkan dari sumur *sub-horizontal* tersebut kemudian dialirkan ke dalam *sump* dan dipompa keluar dari *pit* menggunakan sistem pemompaan..



Gambar 5 Metode sumur *dewatering* keliling

6. Metode adit

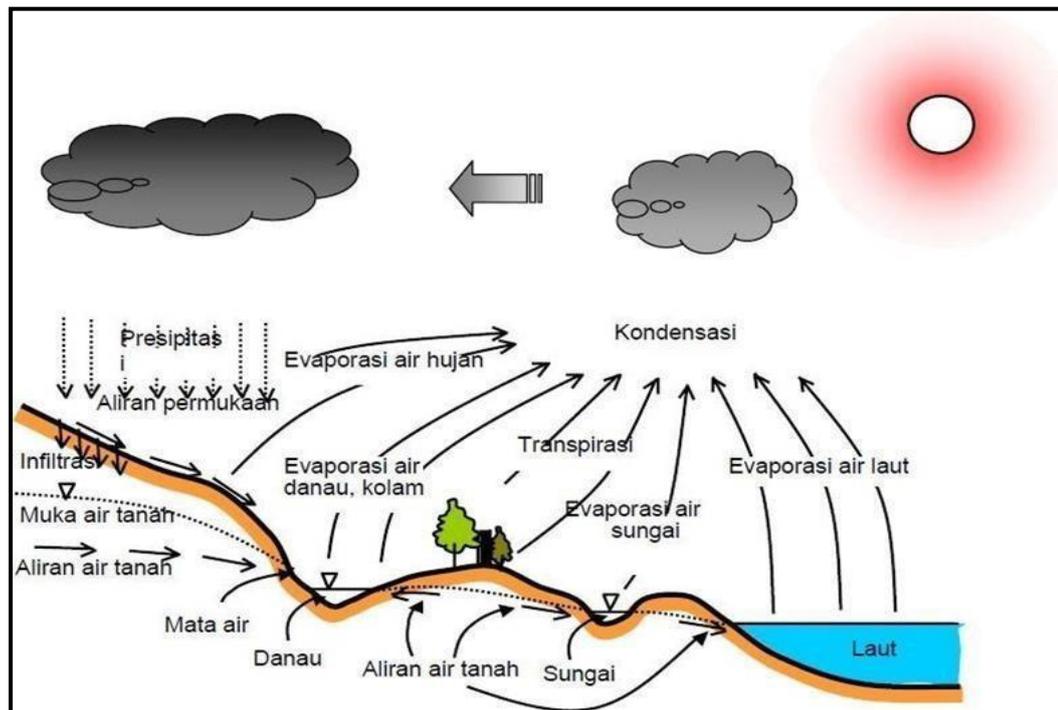
Pendekatan ini sering digunakan untuk mengalirkan air di tambang terbuka yang memiliki banyak lapisan atau jenjang. Saluran horizontal dibuat dari area kerja dan menuju ke *shaft* di sisi bukit untuk membuang air yang masuk ke dalam area kerja. Sistem pembuangan seperti ini umumnya mahal karena melibatkan biaya pembuatan saluran horizontal dan *shaft*.



Gambar 6 Metode adit

## 2.2 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses di mana air bergerak dari samudra ke daratan, kemudian ke atmosfer, dan kembali lagi ke samudra. Fase utama dari siklus hidrologi meliputi evaporasi, presipitasi, transporasi, dan infiltrasi (Zhang & Schwartz, 2003). Ilustrasi siklus hidrologi dapat dilihat secara diagramatik pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7 Siklus Hidrologi (Asdak, 2014)

Pada Gambar di atas terdapat beberapa proses dalam siklus hidrologi, diantaranya yakni:

1. Evaporasi adalah proses di mana uap air menguap dari permukaan

samudera ke atmosfer. Proses ini terjadi karena perubahan fisik dari bentuk cairan menjadi gas (Zhang dan Schwartz, 2003). Saat matahari memanaskan air, molekul-molekul air di permukaan memperoleh energi yang cukup untuk melepaskan ikatan antar molekul, sehingga air menguap dan berubah menjadi uap air (Syarifudin, 2017).

2. Kondensasi adalah proses di mana uap air yang terdapat dalam atmosfer berubah menjadi padatan (seperti es atau salju) atau cairan ketika terkondensasi pada partikel-partikel debu, membentuk awan.
3. Presipitasi (*precipitation*) adalah proses jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dalam bentuk hujan, gerimis, salju, atau hujan es.
4. Evaporasi dan transpirasi terjadi setelah presipitasi, di mana air yang telah mencapai permukaan bumi kembali menguap ke atmosfer. Evaporasi yang terjadi pada tumbuhan disebut transpirasi. Gabungan dari kedua proses ini disebut evapotranspirasi.
5. Infiltrasi (*infiltration*) adalah proses masuknya air ke dalam lapisan tanah. Kecepatan infiltrasi bergantung pada kandungan air dalam tanah. Jika kecepatan infiltrasi tinggi, maka tidak akan terjadi limpasan air di permukaan. Proses infiltrasi saat terdapat genangan air di permukaan disebut ponded infiltration (Zhang & Schwartz, 2003).

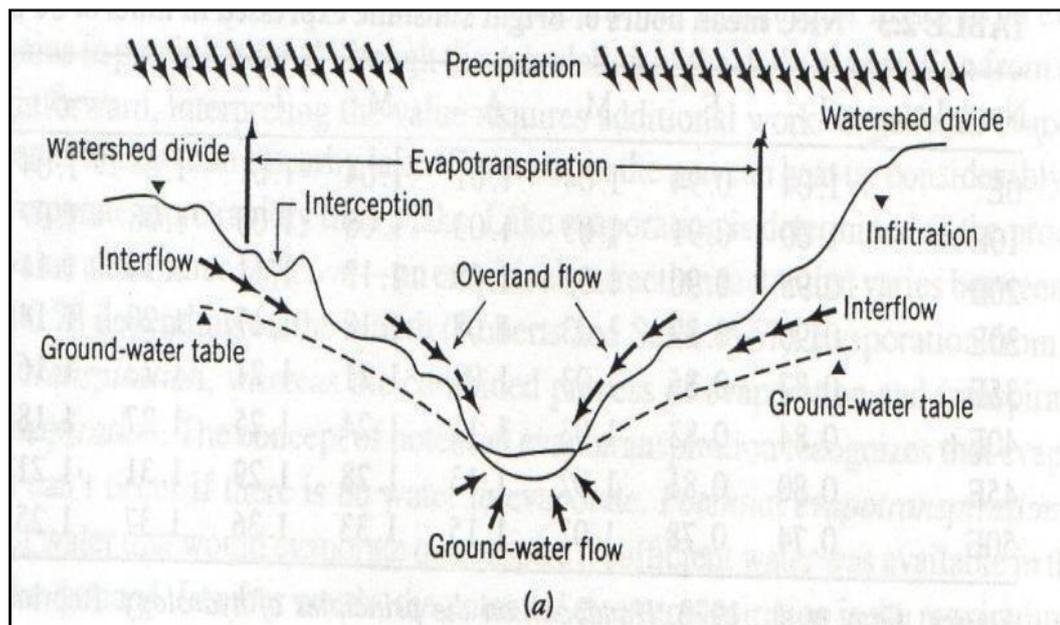
Menurut Gleick, P. H. (1993), siklus hidrologi dimulai dengan penguapan. Pada tahap ini, sinar matahari memanaskan permukaan air di lautan, sungai, dan danau, mengubahnya menjadi uap air. Uap air ini naik ke atmosfer dan membentuk awan. Ketika kondisi cuaca mengizinkan, uap air ini berubah menjadi titik-titik embun yang bergabung dan membentuk tetesan air, membentuk awan hujan. Selanjutnya, terjadi presipitasi, di mana air turun dari awan kembali ke permukaan Bumi dalam bentuk hujan, salju, hujan es, atau gerimis. Sebagian air ini akan langsung kembali ke lautan atau sungai, sementara sebagian lainnya akan diserap oleh tanah, membentuk air tanah, atau mengalir ke sungai dan akhirnya menuju ke lautan.

Air yang meresap ke dalam tanah menjadi bagian dari air tanah, yang kemudian dapat mengalir ke sungai-sungai atau muncul kembali melalui mata air. Air tanah ini juga bisa digunakan sebagai sumber air minum dan irigasi oleh

manusia. Selain itu, sejumlah air akan membeku menjadi es di daerah kutub atau pegunungan, membentuk gletser. Saat musim panas tiba, sebagian air gletser akan meleleh dan mengalir ke sungai serta lautan.

Siklus hidrologi terus berlanjut dengan air mengalir ke sungai-sungai dan akhirnya mencapai lautan. Di lautan, air dapat menguap kembali ke atmosfer melalui penguapan laut, memulai siklus kembali. Siklus hidrologi merupakan proses yang kompleks dan berulang, yang menjaga ketersediaan air di bumi. Tanpa siklus ini, sumber daya air kita akan habis dan kehidupan di Bumi akan terancam. Oleh karena itu, sangat penting bagi kita untuk menjaga ekosistem air dan menggunakan sumber daya air dengan bijak.

Menurut A. Syarifudin dalam Hidrologi Terapan (2017), air permukaan, baik yang tergenang maupun mengalir, serta sebagian air tanah akan bergabung sebagai sistem daerah aliran sungai (DAS) yang mengalir dan berakhir di laut. Hubungan antara presipitasi, infiltrasi, air tanah, dan air sungai dapat diilustrasikan dalam Gambar 8 berikut.



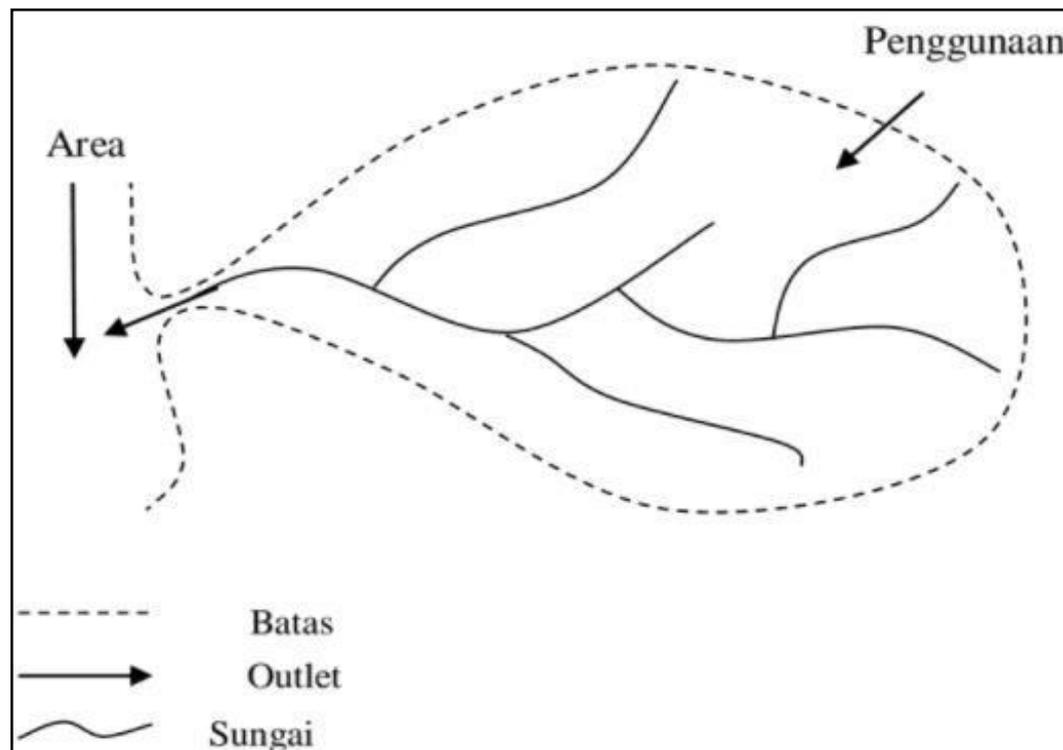
Gambar 8 Hubungan presipitasi, infiltrasi, air tanah, dan air sungai.

### 2.3 Daerah Tangkapan Hujan

Daerah tangkapan hujan merupakan salah satu elemen penting dalam sistem penyaliran tambang. Secara umum, daerah tangkapan air adalah wilayah di mana air beserta polutannya, yang telah tercampur, mengalir baik melalui permukaan tanah maupun air tanah menuju badan air (Thompson, dkk. 2007). Namun,

menurut panduan program *stream sense* yang diterbitkan oleh Pemerintah Daerah Waikato, Selandia Baru, pada tahun 2016, daerah tangkapan hujan merujuk pada area berbentuk cekungan atau lembah yang dibatasi oleh bukit atau gunung. Di dalam batas-batas tersebut, air tanah dan permukaan mengalir, dan kemudian mengarah ke titik terendah di area tersebut, seperti sungai, rawa, danau, atau kolam. Sungai, rawa, danau, dan kolam ini membentuk jaringan drainase yang membawa air, sedimen, dan material lainnya.

Daerah tangkapan hujan berfungsi sebagai penampung hasil presipitasi (hujan) dan mengalirkan air melalui sistem drainase hingga mencapai muara dan selanjutnya mengalir ke samudera (Departemen Lingkungan & Konservasi Selandia Baru, 1992). Ilustrasi daerah tangkapan hujan dapat dilihat pada Gambar 9 di mana wilayah tersebut dibatasi oleh garis-garis tertentu..



Gambar 9 Daerah tangkapan hujan.

## 2.4 Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang terkumpul di suatu tempat datar. Satu milimeter curah hujan berarti air setinggi satu milimeter tertampung di satu meter persegi tempat datar tersebut atau setara dengan satu liter air (Leslie Wolley, 2009).

Curah hujan diukur dalam satuan panjang, seperti milimeter (mm) atau inci (*inch*), dan mengacu pada ketebalan air hujan yang terkumpul di suatu tempat dalam jangka waktu tertentu. Pengukuran ini umumnya dilakukan menggunakan alat yang disebut hujan pengukur (*rain gauge*). Alat ini bisa berupa perangkat sederhana, seperti ember hujan, hingga perangkat otomatis yang terhubung ke jaringan pengamatan cuaca.

Curah hujan bervariasi secara signifikan antara satu tempat dan tempat lain, serta dari satu waktu ke waktu. Variabilitas ini dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk lokasi geografis, musim, topografi, dan pola cuaca regional. Sebagai contoh, daerah tropis cenderung memiliki curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah gurun.

Pengolahan data curah hujan sangat penting untuk menentukan curah hujan rencana dalam periode tertentu. Informasi ini kemudian dapat digunakan untuk merancang sistem penyaliran yang sesuai dengan kebutuhan tambang. Proses pengolahan data curah hujan melibatkan perhitungan periode ulang hujan dan perhitungan curah hujan rencana (*forecast rainfall*).

1. Periode ulang hujan adalah waktu hipotetis di mana curah hujan atau debit air mencapai atau melampaui nilai tertentu ( $x_t$ ) pada periode tersebut (Bambang Triatmodjo, 2008). Dari penentuan periode ulang hujan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai periode ulang hujan, maka nilai curah hujannya juga akan semakin tinggi, dan probabilitas tercapainya nilai tersebut akan semakin besar.
2. Curah Curah hujan rencana dilakukan untuk menentukan curah hujan maksimum yang mungkin terjadi dengan intensitas tertentu sesuai dengan periode ulangnya. Dalam menghitung curah hujan maksimum di suatu daerah, metode Gumbel dan metode Distribusi Normal sering digunakan berdasarkan analisis frekuensi dari data curah hujan maksimum yang ada. Metode ini membantu dalam memprediksi curah hujan ekstrem yang dapat menjadi dasar perencanaan sistem penyaliran dan infrastruktur lainnya. Berikut formula untuk menghitung curah hujan rencana:

$$X_t = X + K \cdot S \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

$X_t$  = Curah hujan rencana

$X$  = Curah hujan rata rata

$K$  = Faktor frekuensi

$S$  = Standar deviasi

Untuk nilai standar deviasi didapat berdasarkan perhitungan :

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

Keterangan :

$S$  = Standar deviasi

$X_i$  = Nilai curah hujan tahunan

$\bar{X}$  = Nilai curah hujan rata rata

$n$  = Jumlah data

Nilai  $k$  atau faktor frekuensi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

$Y_t$  = *Reduced variate*

$Y_n$  = *Reduced mean*

$S_n$  = Standar deviasi variat gumbel

Perhitungan *reduced mean* ( $Y_n$ ) didapat menggunakan persamaan berikut:

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

$$Y_n = \frac{\sum \text{reduksi variat}}{n}$$

Keterangan :

$n$  = jumlah data

$m$  = (peringkat curah hujan yang terbesar)

Untuk perhitungan *reduced variate* dapat di hitung dengan persamaan berikut:

$$Y_n = -\ln \left( -\ln \left( \frac{T-1}{T} \right) \right) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

T = waktu periode ulang hujan

Untuk perhitungan curah hujan rencana dengan metode distribusi normal, nilai faktor frekuensi (k) menggunakan persamaan reduksi gaus (Tabel 1).

Tabel 1 Nilai variabel reduksi gaus

| No | Periode Ulang (T)<br>Tahun | Peluang | K     |
|----|----------------------------|---------|-------|
| 1  | 1,001                      | 0,999   | -3,05 |
| 2  | 1,250                      | 0,800   | -0,84 |
| 3  | 1,670                      | 0,600   | -0,25 |
| 4  | 2,500                      | 0,400   | 0,25  |
| 5  | 2,000                      | 0,500   | 0     |
| 6  | 4,000                      | 0,250   | 0,67  |
| 7  | 5,000                      | 0,200   | 0,84  |
| 8  | 10,000                     | 0,100   | 1,28  |
| 9  | 20,000                     | 0,050   | 1,64  |
| 10 | 50,000                     | 0,020   | 2,05  |
| 11 | 100,000                    | 0,010   | 2,33  |

(Sumber : Soewarno,1995)

## 2.5 Air Limpasan (*Run Off*)

Air limpasan terjadi ketika air hujan atau cairan lainnya tidak dapat meresap ke dalam tanah atau diserap oleh vegetasi di permukaan. Hal ini dapat terjadi karena tanah sudah jenuh air, permukaan yang keras seperti beton atau aspal, atau curah hujan yang sangat intens dalam waktu singkat. Air limpasan merupakan salah satu komponen dalam siklus hidrologi Bumi. Setelah terbentuk, air limpasan akan mengalir ke permukaan, seperti sungai, sungai kecil, dan saluran air. Dari sana, air ini dapat mengalir ke danau, waduk, atau akhirnya mencapai laut. Selama perjalanan ini, air limpasan membawa sedimen dan bahan kimia yang terlarut atau tercuci dari permukaan tanah.

Air limpasan adalah air hujan yang mengalir dalam lapisan tipis di atas permukaan dan kemudian masuk ke saluran terbuka atau parit yang selanjutnya mengalir ke sungai. Manajemen air limpasan merupakan praktik penting dalam menjaga kualitas air dan mengurangi risiko banjir. Praktik ini melibatkan sejumlah tindakan, seperti pembuatan saluran air, penggunaan taman hujan, dan retensi air untuk mengontrol aliran air limpasan, mengurangi erosi tanah, dan memberi kesempatan pada air untuk meresap ke dalam tanah.

Perhitungan debit air limpasan permukaan dari suatu daerah dapat dihitung dengan menggunakan rumus rasional sebagai berikut :

$$Q_{maks} = 0,278 \times C \times I \times A \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan :

$Q_{maks}$  = Debit Air Limpasan ( $m^3/detik$ )

$C$  = Koefisien Limpasan

$I$  = Intensitas Curah Hujan ( $mm/jam$ )

$A$  = Luas Daerah Tangkapan Hujan ( $km^2$ )

Dalam perhitungan debit limpasan terdapat beberapa parameter yang perlu dihitung terlebih dahulu, diantaranya sebagai berikut:

a. Intensitas curah hujan

Intensitas curah hujan mengacu pada banyaknya hujan yang jatuh dalam suatu periode waktu tertentu, diukur dalam satuan tinggi hujan atau volume hujan per jam ( $mm/jam$ ). Penentuan intensitas curah hujan ini menggunakan rumus *Mononobe*, karena data yang digunakan adalah data curah hujan harian. Waktu konsentrasi dihitung menggunakan metode *kirpich*.

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

$$tc = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

Keterangan :

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

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum ( $mm$ )

$tc$  = Waktu konsentrasi ( $jam$ )

$L$  = Panjang aliran air

$S$  = Elevasi rata-rata

Intensitas curah hujan dapat dikategorikan ke dalam berbagai parameter. Hubungan antara tingkat curah hujan dan intensitas curah hujan dijelaskan dalam Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Derajat hujan

| Derajat Hujan      | Intensitas Curah Hujan (mm/menit) | Kondisi                                                            |
|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Hujan lemah        | 0,02 – 0,05                       | Tanah basah semua                                                  |
| Hujan normal       | 0,05 – 0,25                       | Bunyi hujan terdengar                                              |
| Hujan deras        | 0,25 – 1,00                       | Air tegenang diseluruh permukaan dan terdengar bunyi dari genangan |
| Hujan sangat deras | 1,00                              | Hujan seperti ditumpahkan, saluran pengairan meluap                |

(Sumber : Sayoga, Rudy, "Pengantar Penyaliran Tambang", 1993)

b. Koefisien limpasan

Koefisien air limpasan (C) adalah angka yang mencerminkan hubungan antara volume aliran permukaan dan curah hujan yang jatuh. Nilai  $C = 0$  menunjukkan bahwa semua air hujan meresap ke dalam tanah, sementara nilai  $C = 1$  menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan. Setiap daerah memiliki nilai koefisien air limpasan yang berbeda, seperti yang tercantum dalam Tabel 3. Dalam menentukan nilai koefisien air limpasan, faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan meliputi topografi dan penggunaan lahan.

Tabel 3 Beberapa harga koefisien limpasan

| Kemiringan           | Tutupan atau Jenis Lahan     | C   |
|----------------------|------------------------------|-----|
| < 3%<br>(datar)      | sawah, rawa                  | 0,2 |
|                      | Hutan, perkebunan Perumahan  | 0,3 |
| 3% - 15%<br>(sedang) | Hutan, perkebunan            | 0,4 |
|                      | Perumahan                    | 0,4 |
|                      | Semak-semak agak jarang      | 0,5 |
|                      | Lahan terbuka                | 0,6 |
| >15%<br>(curam)      | Lahan terbuka                | 0,7 |
|                      | Hutan                        | 0,6 |
|                      | Perumahan                    | 0,7 |
|                      | Semak-semak agak jarang      | 0,8 |
|                      | Lahan Terbuka daerah tambang | 0,9 |

Sumber: Sayoga, Rudi (1994) dan Fetter, C,W, (1994)

$$\bar{C} = \frac{\sum C_i A_i}{A_{total}} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

$C_i$  = Jenis lahan

$A_i$  = Luas jenis lahan

$A_{total}$  = Luasan total (*catchment area*)

c. Daerah tangkapan hujan (*catchment area*)

Daerah tangkapan hujan adalah suatu kawasan yang membentuk cekungan dan dibatasi oleh pembatas topografi seperti igir (punggungan bukit), sesuai dengan penjelasan oleh Linsley et al. (1975). Dalam kata lain, daerah tangkapan hujan adalah wilayah yang memungkinkan air mengalir ke dalam suatu area tertentu, ditentukan oleh perbedaan elevasi. Area yang akan masuk ke dalam cakupan daerah tangkapan hujan dibatasi oleh perbedaan elevasi, membentuk suatu poligon tertutup yang sesuai dengan karakteristik topografi.

## 2.6 Kolam Pengendapan

Kolam pengendapan dalam industri pertambangan adalah struktur buatan yang dirancang khusus untuk mengelola limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan pertambangan. Fungsinya adalah sebagai tempat penampungan sementara untuk memisahkan partikel-padat dari limbah cair sebelum air yang lebih bersih dibuang atau diolah lebih lanjut. Kolam pengendapan, juga dikenal dengan sebutan *sediment pond* menurut William James (1996), didesain khusus untuk mengendapkan bahan-bahan padat dari air buangan tambang yang terkontaminasi oleh tanah dan partikel padat lainnya.

Kolam pengendapan merupakan bagian integral dari sistem penyaluran air tambang yang bertugas memisahkan air tambang dari padatan (*solid*) yang terbawa bersama aliran air tambang sebelum air tersebut dialirkan ke sungai. Dalam teori, ada dua pendekatan untuk merancang kolam pengendapan, yaitu berdasarkan topografi area dan berdasarkan rencana pemeliharaan. Pilihan antara kedua metode ini bergantung pada karakteristik daerah tempat kolam akan dibangun dan jenis padatan yang terdapat dalam aliran *pulp* yang akan diendapkan.

Kolam pengendapan memanfaatkan prinsip pengendapan gravitasi untuk memisahkan partikel-padat dari air. Ketika limbah cair masuk ke dalam kolam, aliran air melambat, dan partikel-padat di dalamnya mulai mengendap ke dasar kolam karena pengaruh gaya gravitasi. Air yang tersisa di atasnya menjadi lebih jernih dan dapat dikelola lebih lanjut. Kolam pengendapan digunakan untuk mengelola berbagai jenis limbah pertambangan, termasuk limbah dari proses pemisahan mineral, pengolahan bijih, dan pengolahan tailing. Dalam kolam pengendapan, partikel-padat yang mengendap dapat dikeringkan dan dibuang secara terkontrol, sedangkan air yang bersih dapat diolah lebih lanjut atau dibuang sesuai dengan regulasi yang berlaku.

Desain dan ukuran kolam pengendapan bervariasi tergantung pada jenis limbah dan volume yang dihasilkan oleh operasi pertambangan. Kolam ini dapat memiliki berbagai bentuk dan ukuran, mulai dari yang kecil hingga sangat besar. Dalam merancang, perlu mempertimbangkan faktor-faktor seperti laju aliran limbah, jenis partikel, serta keberadaan lapisan dasar yang tahan terhadap erosi. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam merancang kolam pengendapan meliputi ukuran dan bentuk butiran padatan, kecepatan aliran, persentase padatan, dan karakteristik geologis dari area tersebut. Dalam menentukan letak kolam pengendapan yang akan dibuat harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Daerah sudah tidak berproduksi
2. Dekat dengan saluran penyaliran
3. Tidak mengganggu kegiatan penambangan
4. Bukan merupakan daerah arah kemajuan tambang

Kolam pengendapan berperan sebagai wadah penampungan sementara air sebelum menjalani proses pengolahan sebelum dilepaskan ke lingkungan. Tujuannya adalah untuk memisahkan material tambang yang terbawa oleh air, sehingga kualitas air dapat ditingkatkan dan memenuhi standar lingkungan yang telah ditetapkan, sehingga tidak melebihi batas mutu lingkungan yang telah ditentukan. Luas kolam pengendapan dapat dihitung dengan rumus:

$$A = \frac{Q_{total}}{V} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

A = Luas kolam pengendapan (m<sup>2</sup>)

Q<sub>total</sub> = Debit air yang masuk kolam pengendapan (m<sup>3</sup>/det)

V = Kecepatan pengendapan (m/det)

Prinsip Stokes berlaku saat kandungan padatan (% solid) dalam air tambang kurang dari 40%, sementara prinsip Newton berlaku jika kandungan padatan lebih besar dari 40% (Prodjosumarto, 1994) :

1. Hukum *newton*

$$V_t = \frac{4 \times g \times D \times (\rho_p - \rho_a)}{3 \times F_g \times \mu} \dots\dots\dots(10)$$

2. Hukum *stokes*

$$V_t = \frac{g \cdot D^2 \cdot (\rho_p - \rho_a)}{18 \mu} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

V<sub>t</sub> = Kecepatan pengendapan (m/det)

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

D = Diameter partikel padatan (m)

ρ<sub>p</sub> = Kerapatan partikel padatan (kg/m<sup>3</sup>)

ρ<sub>a</sub> = Kerapatan air (kg/m<sup>3</sup>)

μ = Viskositas air (kg/m.det)

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap (t<sub>v</sub>) adalah

$$t_v = h/v \text{ (detik)} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

t<sub>v</sub> = Waktu pengendapan partikel (menit)

v = Kecepatan pengendapan partikel (m/det)

h = Kedalaman Saluran (m)

$$V_h = \frac{Q_{total}}{A} \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan:

V<sub>h</sub> = Kecepatan mendatar partikel (m/det)

Q<sub>total</sub> = Debit aliran yang masuk ke kolam pengendapan (m<sup>3</sup>/det)

$A$  = Luas permukaan saluran ( $m^2$ )

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar dari kolam pengendapan dengan kecepatan  $v_h$  adalah:

$$T_h = \frac{P}{V_h} \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

$T_h$  = Waktu yang dibutuhkan partikel keluar kolam pengendapan (det)

$P$  = Panjang kolam pengendapan (m)

$V_h$  = Kecepatan mendatar partikel (m/det)

penentuan bentuk kolam pengendapan berdasarkan topografi area yang akan dibangun mengacu pada dua parameter yaitu:

1. Wilayah dengan topografi yang memiliki kontur tajam.

Dalam kasus topografi yang memiliki kontur tajam, kolam pengendapan dibangun dengan menggunakan metode membendung yang menghubungkan dua bukit. Pendekatan ini memungkinkan peningkatan kapasitas tampungan secara maksimal dengan melakukan pekerjaan konstruksi yang minimal.

2. Wilayah dengan topografi yang memiliki kontur landai.

Dalam wilayah yang memiliki topografi landai, pendekatan yang digunakan untuk pembangunan kolam pengendapan melibatkan penggalian kolam. Namun, kapasitas tampungan dalam metode ini tidak bisa mencapai maksimal, dengan rata-rata hanya mencapai 50% - 60% dari volume material yang digali.

Tabel 4 Matrix pemilihan kolam pengendapan

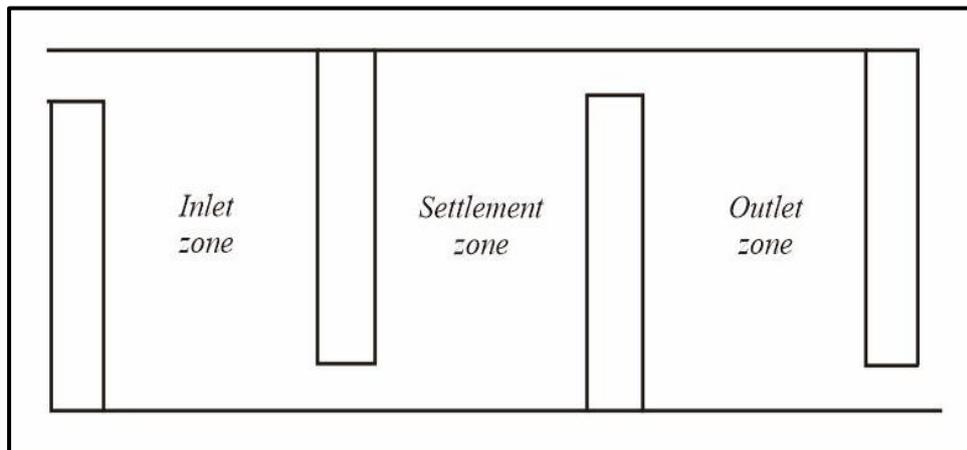
| No | Jenis kolam pengendapan     | Topografi area           |
|----|-----------------------------|--------------------------|
| 1  | kolam bendung               | kontur sedang<br>- tajam |
| 2  | kolam gali                  | kontur landai            |
| 3  | kolam meander               | kontur landai            |
| 4  | kolam dan alat penetral air | kontur sedang<br>- tajam |

Sumber : perhapi, PT. Kaltim Prima Coal

Dalam setiap kolam pengendapan, terdapat empat zona yang terbentuk akibat proses pengendapan material. Kolam pengendapan ini dibagi menjadi empat zona pengendapan yang berbeda.

1. Zona masukan (*inlet zone*)  
Zona ini adalah area di mana air limpasan masih mencampur dengan material yang terbawa oleh air saat memasuki kolam pengendapan.
2. Zona pengendapan (*settlement zone*)  
Zona ini merupakan titik lokasi dimana material-material padatan yang terbawa oleh air limpasan mengendap.
3. Zona endapan lumpur (*sediment zone*)  
Zona ini adalah area di mana material yang tercampur dengan air mengalami proses sedimentasi, dimana partikel-partikel padatan mengendap dan terpisah dari air.
4. Zona keluaran (*outlet zone*)  
Zona ini adalah area di mana air keluar dari kolam pengendapan. Pada zona ini, air sudah mencapai kondisi yang memenuhi batas baku mutu yang telah ditetapkan.

Berikut visualisasi pembagian zona kolam pengendapan.



Gambar 10 Zona kolam pengendapan

## 2.7 Dimensi Saluran

Bentuk penampang saluran yang paling sering dan umum digunakan adalah bentuk trapesium. Hal ini disebabkan oleh kemudahan pembuatannya, biaya yang lebih rendah, efisiensi, serta kemudahan dalam perawatan. Selain itu, kemiringan

saluran (z) pada bentuk trapesium dapat disesuaikan dengan kondisi topografi dan geologi di lokasi tersebut. Perhitungan kapasitas pengaliran suatu saluran air umumnya dilakukan menggunakan rumus *Manning*.

$$Q = 1/n \times S^{1/2} \times R^{2/3} \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan:

Q = Debit aliran pada saluran (m<sup>3</sup>/detik)

R = Jari-jari hidrolis =  $\frac{A}{P}$

S = Kemiringan dasar saluran (%)

P = Keliling basah

A = Luas penampang

n = Koefisien *manning*

Dalam menentukan dimensi saluran terbuka bentuk trapesium dengan luas maksimum hidrolis, terdapat beberapa variabel yang memiliki hubungan matematis. Hubungan antara variabel-variabel tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$A = (b \times d) + (m \times d^2)$$

$$R = 0,5 \times d$$

$$B = b + (2 m \times h)$$

$$b/d = 2 (1 + m^2)^{0,5} - m$$

$$a = h/\sin\alpha$$

$$x = 15\% \times d$$

$$H = d + x$$

Perumusan ini memungkinkan perhitungan dimensi saluran terbuka trapesium dengan memperhitungkan luas penampang basah (A), jari-jari hidrolis (R), kedalaman penampang aliran (d), kedalaman saluran terbuka (h), lebar dasar saluran (b), penampang sisi saluran dasar ke permukaan (a), lebar permukaan saluran (B), dan kemiringan dinding saluran (m) sesuai dengan kebutuhan hidrolika dan topografi lokasi tersebut.

1. Sudut kemiringan dinding saluran (m)

$$m = \cos\alpha$$

2. Lebar dasar saluran (b) dan kedalaman penampang aliran (d)

$$b/d = 2(1 + m^2)^{0,5} - m$$

3. Substitusikan nilai b ke dalam rumus luas penampang basah saluran (A).

$$A = (b \times d) + (m \times d^2)$$

4. Selanjutnya diperoleh nilai d dengan menggunakan rumus debit saluran terbuka.

$$Q = 1/n \times S^{1/2} \times R^{2/3}$$

$$\text{Dimna nilai } R : 0,5 \times d$$

5. Nilai d yang diperoleh disubstitusikan ke dalam persamaan b yang telah diperoleh diatas, maka akan diperoleh nilai lebar dasar saluran (b).

6. Nilai x dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$x = 15\% \times d$$

7. Nilai kedalaman saluran (h)

$$h = d + x$$

8. Nilai lebar permukaan saluran (B)

$$B = b + (2 m \times h)$$

9. Nilai penampang sisi saluran dari dasar ke permukaan (a)

$$a = h/\sin\alpha$$

jadi dalam perhitungan dimensi saluran terbuka dengan bentuk trapesium dengan luas penampang optimum dimulai dari perhitungan sudut kemiringan dinding saluran (m).

## 2.7 Batas Baku Mutu Lingkungan

Baku mutu limbah pertambangan di Indonesia merupakan serangkaian standar kualitas yang ditetapkan oleh pemerintah. Standar ini mengatur parameter dan tingkat pencemaran yang diizinkan dalam limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan oleh industri pertambangan. Tujuan standar ini adalah untuk menjaga keberlangsungan lingkungan yang sehat serta melindungi sumber daya air dan lingkungan sekitarnya.

Penetapan baku mutu limbah pertambangan di Indonesia dilakukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Standar ini mencakup parameter-parameter penting seperti

kadar logam berat (seperti timbal, merkuri, dan kadmium), pH, dan parameter kualitas air lainnya yang dapat memengaruhi kualitas lingkungan dan kesehatan manusia. Standar ini berperan penting dalam memastikan bahwa limbah pertambangan yang dibuang ke lingkungan tidak melebihi batas yang telah ditetapkan, sehingga lingkungan tetap terjaga dan manusia terlindungi dari dampak negatif limbah pertambangan.

Baku mutu limbah pertambangan nikel di Indonesia ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) berdasarkan peraturan lingkungan yang berlaku. Standar ini mencakup parameter-parameter kunci seperti kadar logam berat (seperti nikel, kobalt, dan kromium), pH, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), serta parameter kualitas air lainnya yang relevan.

Industri pertambangan nikel di Indonesia memiliki kewajiban untuk mematuhi baku mutu limbah yang telah ditetapkan. Artinya, perusahaan-perusahaan pertambangan nikel harus memantau dan mengelola limbah yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Selain itu, perusahaan juga diharuskan melaporkan hasil pemantauan dan tindakan yang diambil untuk memastikan kepatuhan terhadap standar tersebut. Hal ini penting untuk menjaga lingkungan tetap bersih dan aman serta melindungi kesehatan masyarakat yang tinggal di sekitar wilayah pertambangan nikel.

Untuk merencanakan prosedur pengelolaan limbah, perusahaan pertambangan, termasuk yang beroperasi di sektor nikel, perlu mengetahui standar baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh pemerintah. Hal ini diperlukan sebagai panduan dalam menentukan metode pengolahan yang harus diimplementasikan oleh perusahaan. Pengetahuan tentang batas-batas tersebut sangat penting agar air limbah yang berasal dari tambang tidak melebihi standar yang telah ditetapkan dalam peraturan pemerintah..

Dalam konteks ini, batas baku air limbah mengacu pada "standar jumlah atau kadar unsur pencemar yang diizinkan untuk ada dalam air limbah sebelum dibuang atau dilepaskan ke dalam sumber air, yang berlaku untuk setiap usaha atau kegiatan". Berdasarkan peraturan di atas berikut (Tabel 5) beberapa parameter yang harus diperhatikan oleh pengusaha penambangan bijih nikel.

Tabel 5 Baku mutu air limbah tambang

| No | Parameter | Satuan | Kadar Maksimum | Metode Analisis     |
|----|-----------|--------|----------------|---------------------|
| 1  | PH        | -      | 6-9            | SNI 06-6989.11-2004 |
| 2  | TSS       | Mg/L   | 200            | SNI 06-6989.3-2004  |
| 3  | Fe        | Mg/L   | 5              | SNI 06-6989.49-2005 |
| 4  | Mn        | Mg/L   | 2              | SNI 06-6989.41-2005 |

## 2.8 Kondisi Geologi

### 2.8.1 Geomorfologi

Tinjauan mengenai geomorfologi regional di Daerah Wolo dan sekitarnya didasarkan pada laporan hasil pemetaan geologi lembar Kolaka, Sulawesi Tenggara yang disusun oleh Simadjuntak dan rekan-rekannya pada tahun 1993. Daerah penelitian ini termasuk dalam geomorfologi regional lembar Kolaka, yang dapat dibagi menjadi tiga tipe utama: pegunungan, perbukitan, dan daerah dataran rendah.

Bagian selatan dan utara daerah penelitian didominasi oleh pegunungan. Di bagian selatan, terdapat pegunungan Blok Lapao-pao yang terbentuk oleh batuan granit. Sedangkan di bagian utara, terdapat pegunungan Tamborasi yang terdiri dari batuan gamping. Daerah perbukitan terletak di bagian timur daerah penelitian, dengan ketinggian berkisar antara 200-700 meter di atas permukaan laut. Perbukitan ini memiliki kemiringan yang agak landai dan berada di antara pegunungan dan dataran rendah. Pembentukan perbukitan ini dipengaruhi oleh berbagai jenis batuan, termasuk batuan vulkanik, ultramafik, dan batupasir.

### 2.8.2 Stratigrafi Regional

Pemahaman mengenai stratigrafi regional dalam penelitian ini didasarkan pada Peta Geologi Indonesia yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, khususnya Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi, yang disusun oleh Rusmana dan rekan-rekannya pada tahun 1993. Dalam Gambar 11 pada peta tersebut, terdapat korelasi satuan geologi di Lembar Lasusua-Kendari. Lokasi penelitian terdiri dari tiga formasi batuan utama,

yaitu Quarter Alluvium (Qa) yang merupakan endapan aluvial, Kompleks Ultramafik (Ku) yang terdiri dari batuan ultramafik, dan Batuan Metamorf Paleozoikum (Pzm) yang merupakan batuan metamorf yang terbentuk pada zaman Paleozoikum. Penelitian ini mengacu pada identifikasi dan karakterisasi ketiga formasi batuan ini berdasarkan informasi yang terdapat pada Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi.

#### 1. Quarter Aluvium (Qa)

Satuan Aluvium (Qa) terdiri dari kerikil, kerakal, pasir lempung, dan lumpur, seperti yang dijelaskan oleh Surono dan rekan-rekannya pada tahun 2013. Formasi ini merupakan hasil endapan dari sungai, rawa, dan pantai. Berdasarkan interpretasi Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, satuan ini memiliki usia Holosen. Endapan aluvium di sekitar lokasi kerja praktik ini merupakan hasil transportasi oleh sungai, dengan orientasi pengendapan sejajar garis pantai. Di sebelah selatan lokasi, terdapat endapan aluvium yang berasal dari sungai Tamboli, Sungai Konaweha, dan sungai-sungai kecil lainnya. Pola aliran kedua sungai ini berjalan sejajar dengan hulu sungai berada di pegunungan Mekongga dan bermuara di Teluk Pao-pao. Endapan sedimen yang dihasilkan oleh sungai-sungai ini memiliki ukuran pasir halus hingga pasir kasar. Di sebelah utara lokasi, endapan aluvium berasal dari Sungai Ulu Wolu yang berhulu di Pegunungan Mekongga dan bermuara di Teluk Lariko.

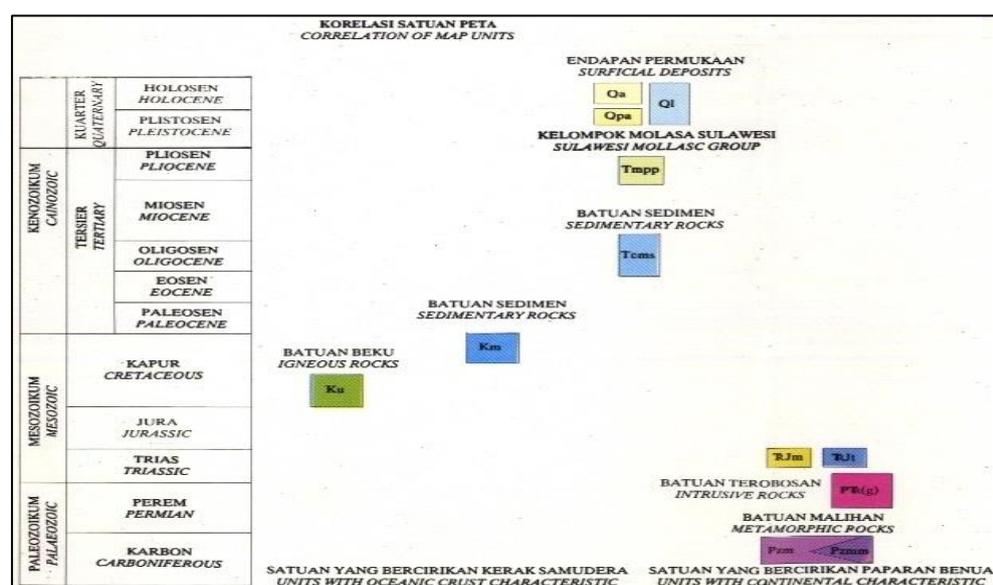
#### 2. Kompleks Ultramafik (Ku)

Kompleks Ultramafik (Ku) di lokasi ini terdiri dari tiga jenis batuan utama: peridotit, dunit, dan serpentinit. Batuan serpentinit berwarna kelabu tua hingga hitam, padat, dan keras. Teksturnya afanitik dengan mineral utama seperti antigorit, lempung, dan magnetit. Struktur kekar dan cermin sesar yang besar sering terlihat pada batuan ini. Dunit memiliki tekstur afanitik, berwarna hitam padat, dan keras. Mineral penyusunnya meliputi olivin, piroksin, plagioklas, serpentinit, dan magnetit, dengan olivin sebagai mineral utama mencapai sekitar 90%. Terdapat juga penyimpangan dan pelengkungan kembaran yang terlihat pada piroksin, menunjukkan tanda-tanda deformasi yang dialami oleh batuan ini. Beberapa lokasi dunit

mengalami serpentinisasi yang kuat, ditandai oleh struktur sisa seperti rijang dan barik-barik mineral olivin dan piroksin, serta adanya serpentin dan talkum sebagai mineral pengganti. Peridotit terdiri dari jenis harzburgit dan lherzolit. Harzburgit berwarna hijau hingga hitam, holokristalin, padat, dan keras. Mineral utama meliputi olivin (60%) dan piroksin (40%). Di lokasi penelitian, batuan ultrabasa mendominasi hampir seluruh wilayah. Pengangkatan batuan ultrabasa terjadi karena adanya sesar naik, dengan batuan metamorf dari Formasi Batuan Malihan Paleozoikum sebagai footwall dari sesar tersebut.

### 3. Batuan Malihan Paleozoikum (Pzm)

Formasi Batuan Malihan Paleozoikum (Pzm) di lokasi ini terdiri dari berbagai jenis batuan seperti sekis, gneis, filit, batusabak, dan sejumlah kecil pualam. Formasi ini diperkirakan memiliki usia dari zaman Karbon hingga Perm, dan memiliki keterkaitan dengan satuan Pualam Paleozoikum (Pzmm) yang terdiri dari pualam dan batugamping yang tersusun. Adanya beberapa struktur seperti kekar, sesar, dan lipatan telah menyebabkan deformasi fisik pada batuan ini. Oleh karena itu, beberapa bagian di sekitar lokasi eksposisi batuan ini mengalami kerusakan dan deformasi. Di lokasi penelitian ini, formasi ini berbatasan langsung dengan Kompleks Ofiolit. Keberadaan sekis mika dan filit merupakan ciri khas dari Batuan Malihan Paleozoikum disekitar Daerah Wolo.

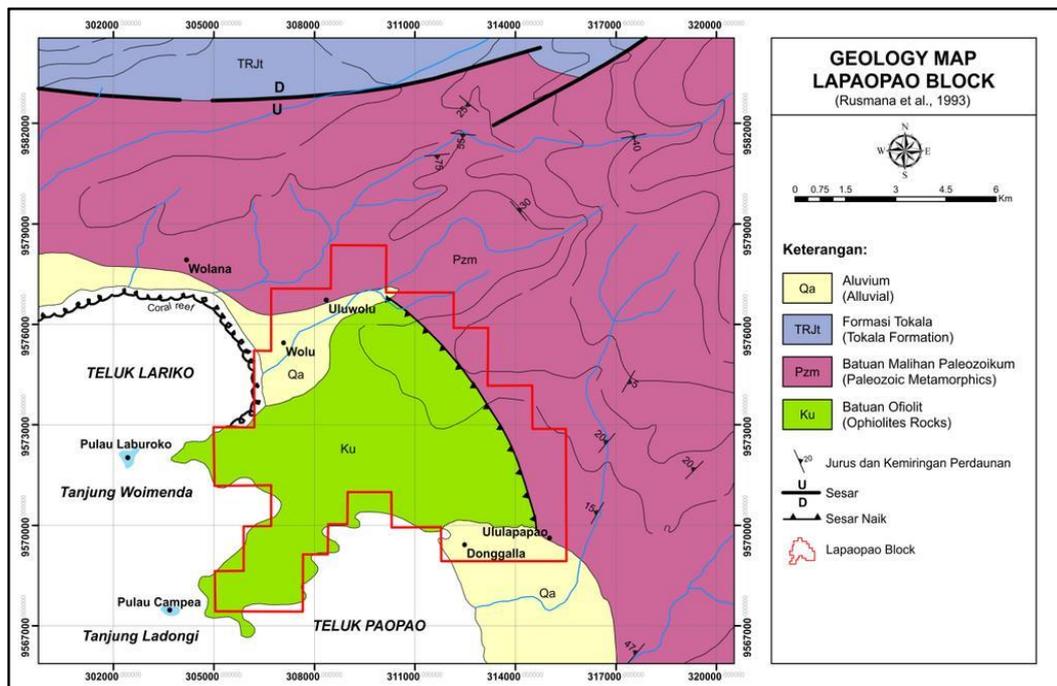


Gambar 11 Korelasi satuan lembar lasusua Kendari (Simanjuntak, dkk., 1983).

### 2.8.3 Struktur Geologi

Struktur geologi di Lembar Lasusua-Kendari menunjukkan tanda-tanda bentukan kompleks dari pinggiran benua yang sedang aktif. Berdasarkan ciri-ciri struktural, jenis batuan, analisis biostratigrafi, dan penentuan umur, daerah ini dapat diidentifikasi menjadi dua domain yang sangat berbeda, yaitu: 1) allochton: termasuk ofiolit dan sekumpulan batuan yang tergeser, dan 2) autochton: melibatkan batuan gunungapi dan pluton Tersier, serta pinggiran benua Sundaland, bersama dengan kelompok molasa Sulawesi. Lembar Lasusua, sama halnya dengan wilayah timur Sulawesi, menunjukkan kompleksitas struktural yang tinggi. Keadaan ini disebabkan oleh aktivitas pergerakan tektonik yang berulang kali terjadi di daerah tersebut.

Di Daerah Wolo, terdapat berbagai jenis struktur geologi, termasuk sesar geser mendatar, sesar turun, kekar turun, dan kekar yang dapat ditemui hampir di semua jenis batuan kompleks mafik dan ultramafik. Selain itu, terdapat juga lipatan-lipatan yang diperkirakan mulai terbentuk sejak zaman mezosoikum, menurut penelitian Simanjuntak dan rekan-rekannya pada tahun 1993. Daerah Wolo juga kaya akan kekar-kekar yang mengandung mineral-mineral sekunder, seperti garnierit, krisopras, asbes, dan kalsedon (silika).



Gambar 12 Peta Geologi regional (Rusmana dkk,1983).