

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KOLAM PENGENDAPAN PADA AREA TAMBANG PT. VALE, Tbk



DISUSUN OLEH:

**MUHAMMAD FIRMANSYAH ANDI NAKKO
D011171535**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PERENCANAAN KOLAM PENGENDAPAN PADA AREA TAMBANG PT. VALE INDONESIA, Tbk

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD FIRMANSYAH ANDI NAKK0
D011 17 1535

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 31 juli 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. H. M. Saleh Pallu, M.Eng
NIP 19540910 198303 1 003

Pembimbing Pendamping,



Dr.Eng. Ir. Bambang Bakri, ST., MT., IPU
NIP 19810425 200812 1 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng.
NIP 19680529 200212 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Muhammad Firmansyah Andi Nakko
NIM : D011171535
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

"Perencanaan Kolam Pengendapan Pada Area Tambang PT. Vale, Tbk"

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.

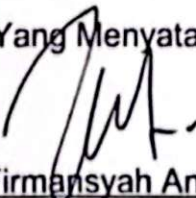
Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul 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, 3 Juni 2024

Yang Menyatakan



Muh. Firmansyah Andi Nakko
D011171535



KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

Tugas Akhir yang berjudul “**Perencanaan Kolam Pengendapan Pada Area Tambang PT. Vale, Tbk**” ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan kepada pembaca dan juga kepada penulis dalam memahami tentang pemetaan.

Penyusun Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, petunjuk dan perhatian dari dosen pembimbing. Maka dalam kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. **Bapak Irwan Andi Nakko dan Ibu Uniwati Sosang** yang telah bersedia menjadi orang tua penulis dan tiada hentinya mendoakan, memberi perhatian, dukungan, kasih sayang serta menjadi motivasi berbesar penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Bapak **Prof. Dr. Ir. Wihardi Tjaronge** dan Bapak **Dr. Eng. Ir. Bambang Bakri, ST. MT. IPU** Selaku Ketua Departemen dan Sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. M. Saleh Pallu, M.Eng** Selaku Dosen Pembimbing I dan bapak **Dr. Eng. Ir. Bambang Bakri, ST. MT. IPU** selaku Dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga dengan selesainya penulisan tugas akhir ini.



... dan beberapa dosen yang telah membantu penulis selama mengikuti penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua dosen yang telah dibagikan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

6. Seluruh staf dan karyawan di Departemen Teknik Sipil, di Fakultas Teknik, di Universitas Hasanuddin.
7. Arfan aminuddin, ody dan saudara se-Plastis 2018 atas segala momen dan motivasi yang diberikan selama perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan luput dari kekurangan, oleh karena itu diharapkan kepada pembaca agar kiranya dapat memberi masukan dan saran untuk kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya didalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, 31 Juli 2024

Muh. Firmansyah Andi Nakko

D011171535



ABSTRAK

Muhammad Firmansyah Andi Nakko. *Perencanaan Kolam Pengendapan Pada Area Tambang PT. Vale Indonesia, Tbk.* (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. M. Saleh Pallu, M.Eng. dan Dr.Eng. Ir. Bambang Bakri, ST, MT, IPU.).

Pertambangan di Indonesia sering menggunakan sistem tambang terbuka (open pit mining), yang dapat menyebabkan degradasi lingkungan seperti penurunan kualitas tanah dan air akibat pembukaan vegetasi yang luas. Penambangan terbuka meningkatkan erosi dan kandungan padatan terlarut pada air limpasan tambang, yang sering mengandung sedimen serta logam berat seperti Cu, Cd, Zn, Pb, Ni, Fe, Co, dan Cr⁶⁺. Pengelolaan lingkungan dalam industri pertambangan melibatkan pemantauan yang ketat, termasuk pembangunan sistem penyaliran yang efisien untuk mengurangi pencemaran.

PT Vale Indonesia, yang mengelola tambang nikel, mengatasi masalah ini dengan menggunakan metode flokulasi untuk mengelola air limpasan. Perusahaan ini membangun fasilitas seperti kolam pengendapan, sediment trap, dan lamella gravity settler untuk memisahkan sedimen dari air. Efektivitas kolam pengendapan bergantung pada kapasitasnya untuk menampung dan mengendapkan sedimen, yang dipengaruhi oleh volume air limpasan dan kecepatan partikel sedimen.

Penelitian ini berfokus pada perencanaan kapasitas kolam pengendapan di Blok Petea 3, salah satu area penambangan PT Vale di Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa desain kolam pengendapan dapat menangani volume sedimen yang meningkat seiring dengan pengembangan area penambangan, untuk mengurangi dampak lingkungan yang mungkin terjadi.

Kata Kunci : **Kolam Pengendapan, Sedimen, PT. Vale**



ABSTRACT

Muhammad Firmansyah Andi Nakko. *Planning of Sedimentation Ponds at PT Vale Indonesia Tbk Mining Area* (supervised by Prof. Dr. Ir. H. M. Saleh Pallu, M.Eng. dan Dr.Eng. Ir. Bambang Bakri, ST, MT, IPU.).

Mining in Indonesia often utilizes open pit mining systems, which can lead to environmental degradation such as reduced soil and water quality due to extensive vegetation removal. Open-pit mining increases erosion and the concentration of dissolved solids in mine runoff water, which frequently contains sediments and heavy metals like Cu, Cd, Zn, Pb, Ni, Fe, Co, and Cr⁶⁺. Environmental management in the mining industry involves rigorous monitoring, including the development of efficient drainage systems to mitigate pollution.

PT Vale Indonesia, which manages nickel mining operations, addresses this issue by using flocculation methods to manage runoff water. The company constructs facilities such as sedimentation ponds, sediment traps, and lamella gravity settlers to separate sediments from water. The effectiveness of a sedimentation pond depends on its capacity to retain and settle sediments, which is influenced by the volume of runoff water and sediment particle settling rates.

This research focuses on planning the capacity of sedimentation ponds at Block Petea 3, one of PT Vale's mining areas in Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, South Sulawesi. The aim of the study is to ensure that the design of the sedimentation pond can accommodate the increasing sediment volume associated with mining area expansion, thereby reducing potential environmental impacts.

Keyword : **Sedimentation Pond, Sediment, PT Vale**



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	x
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. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Rencana Penambangan	5
2.2. Curah Hujan	5
2.3. Debit Limpasan	7
2.4. Kolam Pengendapan	10
2.5. Waktu Penuh Kolam Pengendapan	12
2.5.1. Kecepatan Aliran	12
2.5.2. Persentase Pengendapan	12
2.6. Analisis Hidrologi	14
2.7. Daerah aliran sungai	14
<i>Specific Gravity</i>	16
Analisis Hidrometer	17
METODE PENELITIAN	19
Lokasi Penelitian	19



3.2.	Pengambilan Data.....	20
4.11.1.	Data Primer.....	20
4.11.2.	Data Sekunder.....	21
3.3.	Pengolahan data.....	21
4.11.3.	Penentuan <i>Catchment area</i> Petea B3	21
4.11.4.	Penentuan curah hujan rencana	24
4.11.5.	Penentuan intensitas hujan.....	24
4.11.6.	Penentuan koefisien limpasan	25
4.11.7.	Penentuan debit air limpasan	25
4.11.8.	Penentuan kecepatan pengendapan.....	25
4.11.9.	Pengujian <i>Specific Gravity</i>	26
4.11.10.	Analisis Hidrometer.....	27
3.4.	Diagram Alir Penelitian.....	30
BAB IV	32
4.1.	<i>Catchment area</i>	32
4.2.	<i>Intensitas Hujan</i>	33
4.3.	Koefisien limpasan	36
4.4.	Debit air limpasan	37
4.5.	Uji <i>Specific Gravity</i>	37
4.6.	Analisis Hidrometer.....	38
4.7.	Kecepatan pengendapan	39
4.8.	Kecepatan aliran.....	40
4.9.	Waktu tinggal, Waktu pengendapan dan Presentasi pengendapan.....	41
4.10.	Waktu penuh.....	43
4.11.	Desain Perencanaan Kolam Pengendapan	44
4.11.1.	Pond A.....	44
4.11.2.	Pond B.....	45
4.11.3.	Pond C.....	47
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1.	Kesimpulan.....	49
	Saran	50
	PUSTAKA.....	51



Daftar Tabel

Tabel 1. Derajat Hujan.....	8
Tabel 2. Koefisien Limpasan	9
Tabel 3. Matrix Pemilihan Kolam Pengendapan	11
Tabel 4. Specific Gravity	16
Tabel 5. Hasil Perhitungan Intensitas Hujan.....	35
Tabel 6. Hasil Perhitungan Koefisien Limpasan.....	36
Tabel 7. Hasil Perhitungan Debit Limpasan.....	37
Tabel 8. Kecepatan Pengendapan	40
Tabel 9. Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran	41
Tabel 10. Hasil Perhitungan Waktu Tinggal, Waktu Pengendapan dan Persentase Pengendapan	43
Tabel 11. Hasil Perhitungan Waktu Penuh Kolam Pengendapan.....	43



Daftar Gambar

Gambar 1. Pola Daerah Aliran Hujan.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian	15
Gambar 3. Hasil Pengolahan Data DEM menjadi Sungai	22
Gambar 4. Raster Basin.....	23
Gambar 5. Catchment Area Petea	23
Gambar 6. Perhitungan Luas Catchment Area	24
Gambar 7. Diagram Alir.....	31
Gambar 8. Catchment area petea B3.....	33
Gambar 9. Intensity Duration Frequency Chart.....	36
Gambar 10. Desain pond A	43
Gambar 11. Desain pond B	44
Gambar 12. Desain pond C.....	46



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertambangan di Indonesia sebagian besar dilakukan dengan sistem tambang terbuka (*open pit mining*). Penambangan menggunakan sistem tambang terbuka berpotensi mengakibatkan terjadinya degradasi kualitas lingkungan karena luasnya vegetasi lahan yang dibuka. Peningkatan erosi dan kandungan padatan terlarut yang tinggi pada air di wilayah aktivitas penambangan. Pembangunan dan lingkungan pada industri pertambangan mempunyai hubungan erat dan saling terkait. Perusahaan pertambangan melaksanakan aktivitas penambangan diwajibkan melakukan monitoring aktivitas pengelolaan lingkungan. Salah satu bentuk pengelolaan lingkungan yang dilakukan oleh industri pertambangan untuk meminimalisir pencemaran lingkungan adalah dengan membuat sistem penyaliran tambang yang baik.

Aktivitas penambangan pada umumnya menyebabkan pengikisan tanah atau erosi yang disebabkan oleh air hujan sehingga terbawa ke badan air. Air yang berasal dari aktivitas penambangan disebut dengan air limpasan tambang. Air limpasan tambang mengandung lumpur sedimen yang berasal dari proses erosi dan mengandung beberapa unsur seperti Cu, Cd, Zn, Pb, Ni, Fe Co dan Cr^{6+} .

PT Vale Indonesia merupakan perusahaan tambang nikel yang mengelola air limpasan tambang dengan cara floakulasi. Pengelolaan tersebut ditunjukkan oleh perusahaan dengan membangun sarana tambang seperti kolam pengendapan, *sediment trap* dan *lamella gravity settler*. Efektivitas sebuah kolam pengendapan bergantung pada kapasitas kolam pengendapan untuk mampu mengendapkan dan menampung

. Kapasitas kolam pengendapan dipengaruhi oleh volume kolam pengendapan yang terbawa oleh air limpasan. Faktor yang mempengaruhi volume kolam pengendapan adalah kecepatan partikel padatan



yang turun kebawah, sehingga dengan mengetahui kecepatan pengendapan dapat memperkirakan waktu pengendapan yang efektif guna merancang tempat sedimentasi (Setiyadi, 2007).

PT Vale Indonesia Tbk memiliki 4 blok area penambangan yaitu area Sorowako, Petea, Mahalona dan Bahadopi. Area penambangan pada daerah Petea terbagi menjadi 3 yaitu Blok Petea 1, Blok Petea 2 dan Blok Petea 3. Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penelitian ini berfokus pada perencanaan kapasitas kolam pengendapan di daerah Petea yaitu Blok Petea 3.

1.2. Rumusan masalah

Kegiatan penambangan yang dilakukan oleh PT Vale Indonesia Tbk pada blok Petea B3 menyebabkan terjadinya degradasi lahan (erosi). Permasalahan yang ingin dibahas dalam penelitian ini adalah Bagaimana perencanaan pengembangan area penambangan yang diprediksi dapat meningkatkan volume sedimen yang terbawa oleh air limpasan. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan perencanaan kolam pengendapan sehingga perusahaan dapat mengetahui dimensi kolam pengendapan telah sesuai dengan volume sedimen yang akan ditampung dalam menghadapi rencana pengembangan area penambangan.

1.3. Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibahas, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai yaitu bagaimana perencanaan pengembangan area penambangan yang diprediksi dapat meningkatkan volume sedimen yang terbawa oleh air limpasan.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini dapat membantu meningkatkan kepatuhan lingkungan di industri pertambangan, khususnya untuk operasi penambangan bijih besi di Blok Petea 3. Penelitian ini membantu PT Vale Indonesia Tbk memenuhi dan mempertahankan standar kepatuhan lingkungan



yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 34 Tahun 2009 dengan merancang perencanaan kapasitas kolam pengendapan yang mematuhi Standar Kualitas Air Limbah.

2. Penelitian ini dapat membantu PT Vale Indonesia Tbk menerapkan praktik penambangan yang berkelanjutan terutama di wilayah Blok Petea 3. Dengan merancang solusi yang mempertimbangkan faktor lingkungan, perusahaan dapat mengurangi dampak negatif pada ekosistem sekitar dan memastikan keberlanjutan operasional.
3. Studi ini dapat membantu meningkatkan pemahaman teknis tentang perencanaan kapasitas kolam pengendapan yang optimal. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut tentang pengelolaan air limbah pertambangan, yang dapat menghasilkan manfaat yang lebih luas secara industri dan ilmiah.

1.5. Batasan Masalah

Berikut batasan-batasan pada penelitian ini:

1. Perencanaan kapasitas kolam pengendapan di Blok Petea 3 PT Vale Indonesia Tbk, dengan mempertimbangkan aspek pengelolaan air limbah sesuai Standar Kualitas Air Limbah untuk Usaha Pertambangan Biji-bauksit, yang diatur oleh Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 34 Tahun 2009.
2. Penelitian ini terbatas pada analisis karakteristik dan kondisi air limbah di daerah Petea khususnya Blok Petea 3 serta optimasi desain kolam pengendapan untuk menangani variasi kualitas dan volume air limbah yang dihasilkan oleh aktivitas penambangan biji-bauksit.
3. Aspek penelitian hanya mencakup perencanaan kapasitas kolam pengendapan.
4. Penelitian ini tidak memasukkan analisis ekonomi terkait implementasi perencanaan dan desain kolam pengendapan. Faktor biaya dan sumber daya terkait dengan implementasi rencana tersebut dikecualikan dari ruang lingkup penelitian ini.



1.6. Sistematika Penulisan

Dalam tulisan ini dibagi menjadi lima bab yaitu pendahuluan, tinjauan pustaka, metode penelitian dan pelaksanaan, hasil dan pembahasan dan yang terakhir adalah penutup. Berikut penjelasan singkat terkait masing-masing bab.

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memberikan dasar teoritis dan kontekstual untuk studi yang akan dilakukan yaitu perencanaan kolam endap di PT Vale Indonesia TBK pada Blok Petea 3.

BAB III : METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang metode dan tahapan-tahapan yang akan digunakan selama penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan menjelaskan dari hasil penelitian yang dilakukan serta akan membahas hasil yang diperoleh dari penelitian untuk menjawab rumusan masalah pada bab pertama.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini akan dipaparkan beberapa simpulan yang didapat dari hasil dan pembahasan juga akan diberikan beberapa saran penulis untuk PT Vale Indonesia TBK dan penelitian lanjutan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rencana Penambangan

Rencana penambangan diperlukan untuk menentukan daerah tangkapan hujan (*catchment area*) dan ketinggian area buangan air. Dengan mengetahui rencana penambangan yang akan dilakukan, dapat diketahui seberapa besar bukaan lahan baru atau pergerakan tambang sehingga terjadi perubahan area dari segi luasan dan elevasi yang dapat mempengaruhi pergerakan air atau masuknya air ke area penambangan (Alviansyah, 2019).

2.2. Curah Hujan

Curah hujan adalah ketinggian air hujan di satu (satu) milimeter, yang berarti bahwa dalam luasan satu meter persegi di tempat yang datar terdapat air setinggi satu milimeter atau satu liter (Wolley, 2009 dalam Alviansyah, 2019).

Pengolahan data curah hujan ini digunakan untuk menghitung curah hujan yang direncanakan selama jangka waktu tertentu, yang dapat digunakan untuk membuat sistem penyaliran yang sesuai dengan kebutuhan tambang (Alviansyah, 2019).

Pengolahan data curah hujan akan mencakup perhitungan periode ulang hujan serta perhitungan hujan rencana (*Forecast Rainfall*):

1. Sebuah periode ulang hujan didefinisikan sebagai jangka waktu yang diproyeksikan di mana curah hujan atau debit dengan bearan tertentu (x_t) akan tercapai atau terlampaui (Bambang, 2008). Dari penentuan periode ulang hujan, diketahui bahwa nilai curah hujan akan meningkat seiring dengan kemungkinan pencapaiannya, dan nilai curah hujan akan meningkat seiring dengan penentuan periode ulang hujan.

Hujan rencana digunakan untuk menghitung curah hujan tertinggi yang akan terjadi dengan besaran tertentu sesuai dengan periode ulang tahunnya. Untuk menghitung curah hujan tertinggi pada wilayah sekitar,



metode Gumbel digunakan, yang didasarkan pada analisis frekuensi data curah hujan maksimum (Alviansyah, 2019):

$$X_t = X + k \cdot S \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

X_t = curah hujan rencana

X = curah hujan rata rata

K = faktor frekuensi

S = standar deviasi

Untuk nilai standar deviasi didapat berdasarkan perhitungan :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

S = standar deviasi

X_i = nilai curah hujan tahunan

X = nilai curah hujan rata rata

n = jumlah data

Nilai K atau faktor frekuensi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan

Y_t = *reduced variated*

Y_n = *reduced mean*

S_n = Standar deviasi variat gumbel



Perhitungan *reduced mean* (Y_n) dapat menggunakan persamaan berikut:

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

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

(2.4)

Keterangan :

n = jumlah data

m = (peringkat curah hujan yang besar)

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

$$Y_t = -\ln\left(-\ln\frac{T-1}{T}\right) \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

T = waktu periode ulang hujan

2.3. Debit Limpasan

Debit limpasan (*Surface rainoff*) adalah air hujan yang mengalir dari ketinggian tinggi ke ketinggian rendah sebelum sampai ke saluran disebut debit limpasan. Untuk mengetahui besarnya debit air limpasan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

Q = Debit air limpasan maksimum ($m^3/detik$)

C = Koefisien limpasan

= Intensitas curah hujan (mm/jam)

= Luas daerah tangkapan hujan (km^2)

alam perhitungan debit limpasan, terdapat beberapa parameter perlu dihitung terlebih dahulu yakni sebagai berikut:



1. Intensitas Curah Hujan

Intensitas akan mempengaruhi volume atau tingginya curah hujan pada waktu tertentu, sehingga kita dapat mengetahui berapa banyak air hujan yang akan terjadi setiap hari.

Perhitungan curah hujan ini dilakukan dengan menggunakan rumus mononobe. Perhitungan intensitas ini digunakan untuk menghitung jumlah curah hujan yang terjadi setiap jam, yang kemudian digunakan untuk menentukan jumlah debit limpasan yang akan terjadi.

Persamaan monobe yaitu:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lama waktu hujan

R₂₄ = curah hujan harian rencana

Berikut hubungan antara intensitas curah hujan dan derajat curah hujan yang selanjutnya akan dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 1. 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 tergenang diseluruh permukaan dan terdengar bunyi dari genangan
Hujan sangat deras	>1,00	Hujan seperti ditumpahkan, saluran pengairan meluap

Sumber: Sayoga, 1993

efisien Limpasan



Laju infiltrasi air limpasan sangat dipengaruhi oleh jenis material yang ada di aera tambang. Karena setiap materi memiliki atribut atau nilai koefisien unik. Koefisien limpasan yang lebih tinggi menunjukkan bahwa material tidak dapat menyerap air atau sulit untuk menyerap air.

Koefisien limpasan dipengaruhi oleh banyak hal, salah satunya adalah kondisi tanah. Laju infiltrasi menurun saat hujan terus-menerus, yang mengakibatkan material jenuh yang tidak dapat menginfiltrasi dan juga dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan air sebelumnya. Nilai C juga dipengaruhi oleh air tanah, derajat kepadatan, porositas, dan simpanan depresi. Beberapa parameter untuk menentukan koefisien limpasan dituliskan pada tabel berikut:

Tabel 2. Koefisien Limpasan

Kemiringan	Tutupan/jenis lahan	C
< 3% (datar)	Sawah, rawa	0,2
	Hutan, perkebunan	0,3
	Perumahan	0,4
3% - 15% (sedang)	Hutan, perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	Semak-semak agak jarang	0,6
	Lahan terbuka	0,7
>15% (curam)	Hutan	0,6
	Perumahan	0,7
	Semak-Semaka agak jarang	0,8
	Lahan terbuka daerah tambang	0,9

Sumber : Sayoga, 1994 dan Fetter, 1994

3. Daerah Tangkapan Hujan

Daerah tangkapan hujan adalah area cekungan yang dibatasi oleh punggung bukit (Linsley dkk, 1975). Area yang akan masuk ke dalam cakupan daerah tangkapan hujan adalah area di mana air akan masuk ke dalam area tertentu, sehingga membentuk polygon tertutup yang disesuaikan dengan topografi.



2.4. Kolam Pengendapan

Kolam pengendapan adalah kolam yang dimaksudkan untuk mengeluarkan zat padat dari air buangan tambang. Kolam pengendapan digunakan sebagai tempat sementara untuk menampung air untuk perawatan sebelum dilepaskan ke lingkungan. Kolam pengendapan berfungsi untuk mengendapkan material tambang yang terbawa oleh air yang menyebabkan kualitas air menurun di bawah standar lingkungan. Luas kolam pengendapan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$A = \frac{Q_{total}}{v_h} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

A = Luas kolam pengendapan (m²)

Q_{total} = Debit air yang masuk kedalam kolam pengendapan (m³/det)

V_h = Kecepatan pengendapan (m/detik)

Kecepatan pengendapan dapat dihitung dengan menggunakan hukum *stokes*:

$$V = \frac{g \cdot D^2 \cdot (\rho_p - \rho_a)}{18 \mu} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

V = Kecepatan pengendapan partikel (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det)

ρ_p = Berat jenis partikel padatan

ρ_a = Berat jenis air (kg/m³)

μ = Kekentalan dinamik (kg/mdetik)

D = diameter partikel padatan (m)

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap (t_v) adalah

$$t_v = \frac{t}{v_t} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

t = Waktu pengendapan

t_v = Kedalaman kolam



V_t = Laju pengendapan

Waktu yang dibutuhkan untuk keluar dari kolam pengendapan (t_h) adalah:

$$t_h = \frac{P}{V_h} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

t_h = Waktu keluar air

p = Panjang kolam

V_h = Laju kecepatan air

Penentuan bentuk kolam pengendapan berdasarkan topografi area yang akan dibangun memiliki dua parameter yakni:

1. Daerah yang memiliki topografi dengan kontur tajam

Dengan topografi ini, sistem membendung digunakan untuk membangun kolam pengendap dengan menghubungkan dua bukit. Hal ini akan memaksimalkan kapasitas tampungan dengan jumlah pekerjaan yang minimal.

2. Daerah yang memiliki topografi dengan kontur landai

Untuk topografi ini, penggalian kolam diperlukan karena kapasitas tampungan kolam hanya dapat mencapai 50% hingga 60% volume material yang digali.

Tabel 3. Matrix Pemilihan Kolam Pengendapan

No	Jenis kolam pengendapan	Topografi area
1	Kolam bendung	Kontur sedang – tajam
2	Kolam gali	Kontur landai
3	Kolam meander	Kontur landai
4	Kolam dan alat penetral air	Kontur sedang-tajam

Sumber : *Alviansyah, 2019*

Setiap kolam pengendapan dibagi menjadi empat zona karena pengendapan material, yaitu:
Zona masukan (*inlet zone*)



Air limpasan masih bercampur dengan bahan yang dibawa air ke kola pengendapan di area ini.

2. Zona pengendapan (*settlement zone*)

Material padat yang terbawa oleh air limpasan mengendap di area ini.

3. Zona endapan lumpur (*sediment zone*)

Material tercampur oleh air selama proses sedimentasi di area ini.

4. Zona keluaran (*outlet zone*)

Tempat air keluar dari kolam pengendapan adalah di mana kondisi air sudah memenuhi batas mutu yang ditetapkan.

2.5. Waktu Penuh Kolam Pengendapan

2.5.1. Kecepatan Aliran

Salah satu faktor yang memengaruhi efisiensi kolam pengendapan yaitu kecepatan aliran (*Surface Load*) yang ditunjukkan dengan persamaan berikut (Priambodo,2017):

$$V_h = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

V_h = Kecepatan aliran (m/s)

Q = Debit puncak (m³/s)

A = Luas Kolam Pengendapan (m²)

2.5.2. Persentase Pengendapan

Persentase Pengendapan bertujuan untuk mengetahui efektifitas kolam pengendapan dapat berfungsi dengan baik untuk mengendapkan partikel padatan yang terkandung dalam air limpasan dari saluran terbuka.

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap dengan kecepatan pengendapan dengan kedalam kolam pengendapan adalah:

$$T_s = \frac{h}{v_s} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:



T_s = Waktu Pengendapan (detik)

H = Kedalaman Kolam Pengendapan (m)

Waktu yang dibutuhkan oleh sedimen kolam pengendapan untuk keluar dari kolam pengendapan dengan kecepatan aliran adalah:

$$T_h = \frac{P}{V_h} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana:

T_h = Waktu tinggal (jam)

P = Panjang kolam pengendapan (m)

V_h = Kecepatan aliran (m/s)

Dalam proses pengendapan partikel mampu mengendap dengan baik jika waktu pengendapan lebih besar dari waktu tinggal, jika tidak maka proses pengendapan tidak terjadi dengan baik. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung persentase pengendapan:

$$\% = \frac{t_h}{t_h - t_s} \times 100 \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

$\%$ = Persentase pengendapan

t_h = Waktu tinggal (jam)

t_s = Waktu pengendapan (jam)

Persentase yang diperoleh digunakan untuk menghitung jumlah volume padatan terlarut yang berhasil diendapkan dalam satuan waktu tertentu dengan persamaan:

$$T = \frac{\text{Volume Kolam Pengendapan (m}^3\text{)}}{\text{Volume padatan terlarut (m}^3\text{)}} \quad (2.17)$$

Menghitung volume padatan terendapkan, dimana padatan yang berhasil diendapkan dalam waktu sehari dengan rata-rata jam hujan perhari dengan persamaan:

$$V_s = PSS \times Q \times 100 \times 3600 \times 3 \times \% \text{pengendapan} \quad (2.18)$$



2.6. Analisis Hidrologi

Pengetahuan tentang curah hujan periode dan harian maksimum sangat penting untuk rekayasa, terutama untuk pertambangan. Satu atau lebih faktor curah hujan, geologi, dan topografi dapat menyebabkan bahaya banjir (Septian dkk, 2020). Analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan besarnya debit banjir yang direncanakan untuk suatu wilayah. Debit banjir rencana adalah debit maksimum yang terjadi selama periode ulang tertentu, atau debit maksimum rata-rata yang terjadi satu kali selama periode ulang yang ditinjau. Pengolahan data debit dan hujan adalah dua metode yang dapat digunakan untuk merencanakan debit banjir. Data curah hujan diperoleh dari sejumlah stasiun hujan yang tersebar di seluruh wilayah pengaliran sungai. Data curah hujan harian tercatat kemudian diolah menjadi data curah hujan harian maksimum tahunan. Dalam analisis data hidrologi, konsep probabilitas digunakan untuk menafsirkan kemungkinan kejadian yang akan datang berdasarkan data hidrologi yang diperoleh dari pencatatan sebelumnya (Soewarno, 1995).

2.7. Daerah aliran sungai

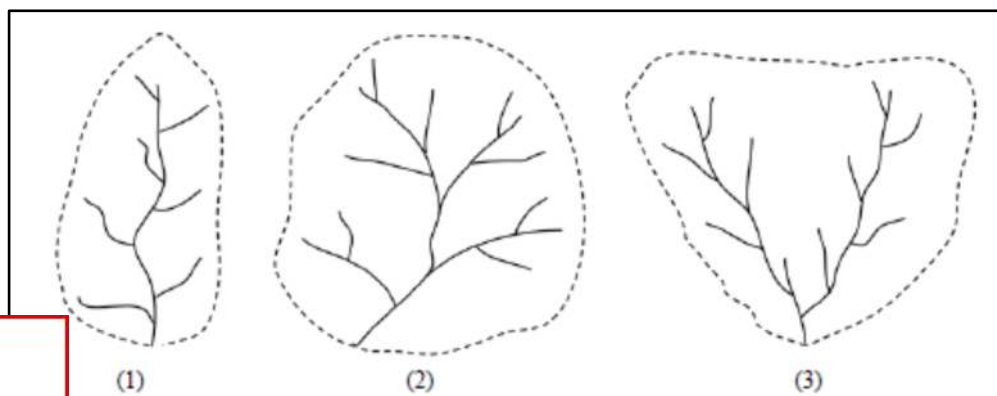
Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada titik atau stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Garis-garis kontur tersebut untuk menentukan arah limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis-garis kontur (Triatmodjo, 2008).

Pola sungai menentukan bentuk suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Bentuk DAS memengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir ke *outlet*. Menurut (Roche, 1963) sebuah DAS dapat dianggap seentasikan bentuk persegi disebut persegi ekuivalen. Titik keluaran pada sisi lebar persegi ekuivalen dan garis kontur sejajar terhadap *outlet*.



Semakin bulat bentuk DAS berarti semakin singkat waktu konsentrasi yang diperlukan, sehingga semakin tinggi fluktuasi banjir yang terjadi. Sebaliknya semakin lonjong bentuk DAS, waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir semakin rendah. Menurut Sosrodarsono dan Takeda (2003) berdasarkan perbedaan debit banjir yang terjadi, bentuk DAS dapat dibedakan menjadi tiga bentuk yaitu:

1. DAS berbentuk bulu burung memiliki bentuk yang sempit dan memanjang, dimana anak sungai (sub DAS) mengalir memanjang di sebelah kanan dan kiri sungai utama. Umumnya memiliki debit banjir yang kecil tetapi berlangsung cukup lama karena suplai air datang silih berganti dari masing-masing anak sungai.
2. DAS berbentuk radial Sebaran aliran sungai membentuk seperti kipas atau menyerupai lingkaran. Anakanak sungai mengalir dari segala penjuru DAS dan tetapi terkonsentrasi pada satu titik secara radial. Akibat dari bentuk DAS yang demikian, debit banjir yang dihasilkan umumnya akan besar, dengan catatan hujan terjadi merata dan bersamaan di seluruh DAS tersebut.
3. DAS berbentuk paralel Sebuah DAS yang tersusun dari percabangan dua sub-DAS yang cukup besar di bagian hulu, tetapi menyatu di bagian hilirnya. Masing-masing sub-DAS tersebut dapat memiliki karakteristik yang berbeda, ketika terjadi hujan di kedua sub-DAS tersebut secara bersamaan, maka akan berpotensi terjadi banjir yang relatif besar.



Gambar 1. Pola Daerah Aliran Sungai



2.8. *Spesific Gravity*

Harga berat spesifik dari butiran tanah (Bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan dalam mekanika tanah. Harga-harga itu dapat ditentukan secara akurat di laboratorium. Pengujian ini mencakup penentuan berat jenis tanah dengan menggunakan botol *picnometer*. Tanah yang diuji harus lolos saringan No. 40. Bila nilai berat jenis dan uji ini hendak digunakan dalam perhitungan untuk uji hidrometer, maka tanah harus lolos saringan No. 200 (diameter = 0.074 mm). Penentuan Nilai *Spesific gravity* pada pengujian laboratorium dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots 2.19)$$

Keterangan:

G_s = *Spesific Gravity*

W_1 = Berat Piknometer

W_2 = Berat Piknometer + Contoh kering

W_3 = Berat Piknometer + sampel contoh + air

W_4 = Berat air

Tabel 2.4 menunjukkan harga *Spesific Gravity* beberapa mineral yang sering ditemukan pada tanah.

Tabel 4. *Spesific Gravity*

Mineral	<i>Spesific Gravity</i>
<i>Quartz</i>	2.65
<i>Kaolinite</i>	2.6
<i>Illite</i>	2.8
<i>Monmorilonite</i>	2.65 – 2.80
<i>Halloysite</i>	2.0 – 2.55
<i>Potassium Fedlspar</i>	2.57
<i>Sodium and Calcium Fedlspar</i>	2.62 – 2.76
<i>Muscovite</i>	2.76 – 3.1
<i>Horn blende</i>	3,00 – 3,47



<i>Limonite</i>	3,60 – 4,00
<i>Olivine</i>	3,27 – 3,37

Sumber: Das, 1994

2.9. Analisis Hidrometer

Total padatan tersuspensi adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter lebih dari 1 μm) terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik yang tertahan pada saringan *milipore* dengan diameter pori 0,45 μm . Penyebab total padatan tersuspensi yang utama adalah erosi tanah yang terbawa ke badan air. Secara umum masukan sedimen dibagi menjadi dua komponen, yaitu masukan sedimen dan sedimen tersuspensi. Pembagian tersebut berdasarkan ukuran partikel sedimen, partikel lebih besar dari 150 μm (*Sand*) masuk kategori sedimen dasar, sedimen tersuspensi lebih kecil dari 63 μm (0,063 mm; *silt dan clay*;) (Ji 2008).

Kedalaman perairan dan kecepatan aliran juga berpengaruh pada kecepatan pengendapan. Kedalaman minimum 2 m untuk terjadinya flokulasi minimum dan perbedaan kecepatan pengendapan. Kecepatan arus yang besar menyebabkan kecepatan pengendapan dekat lapisan dasar akan menurun karena adanya gaya gesekan (gradien tekanan) pada lapisan dasar (Van Rijn, 1993).

Analisis hidrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah dalam air. Bila suatu contoh tanah dilarutkan dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada bentuk, ukuran, dan beratnya (Bandaso, 2020). Analisa hidrometer adalah cara tidak langsung yang dipakai untuk menentukan distribusi butiran tanah yang mempunyai ukuran kurang dari 0.075 mm. Metode ini didasarkan pada perumusan stokes, yang mengkorelasikan diameter butiran tanah dengan kecepatan penurunan butiran tanah di dalam cairan. Persamaan 2.18. adalah

... yang menyatakan tentang kecepatan pengendapan suatu tanah didalam suatu cairan. Apabila pada waktu T , Partikel sudah dapat sejauh H , maka diameter efektif partikel:



$$D = \sqrt{\frac{18\mu}{\gamma_s - \gamma_w} \sqrt{\frac{Z_r}{t}}} \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

- D = Diameter partikel (mm)
- μ = Viskositas air pada temperature pengujian (kg/m.detik)
- G_s = Berat jenis tanah (kg/m³)
- G_w = Berat jenis air (kg/m³)
- Zr = Pembacaan hidrometer (cm)
- T = Total waktu pembacaan (menit).

