

**ANALISIS PENANGANAN AIR LIMBAH PERTAMBANGAN
MENGUNAKAN TAWAS DAN KAPUR TOHOR DI
SETTLING POND PADA PT. FONTANA RESOURCE
INDONESIA DESA BUTONG KECAMATAN TEWEH
SELATAN KABUPATEN BARITO UTARA
PROVINSI KALIMANTAN TENGAH**

SKRIPSI



OLEH :

FREDRIK YUDI SETIAWAN

DBD 117 001

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
2023**

**ANALISIS PENANGANAN AIR LIMBAH PERTAMBANGAN
MENGUNAKAN TAWAS DAN KAPUR TOHOR DI
SETTLING POND PADA PT. FONTANA RESOURCE
INDONESIA DESA BUTONG KECAMATAN TEWEH
SELATAN KABUPATEN BARITO UTARA
PROVINSI KALIMANTAN TENGAH**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1
Pada Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya



OLEH :

FREDRIK YUDI SETIAWAN
DBD 117 001

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
2023**

RIWAYAT PENULIS

Data Diri

Nama : Fredrik Yudi Setiawan
NIM : DBD 117 001
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Pertambangan
Jenjang : Strata 1 (S-1)
Jenis Kelamin : Laki-Laki
TTL : Tewang Rangkang, 28 Juni 2000
Agama : Kristen Protestan
Status dalam Keluarga: Anak Kandung
Anak ke : 2 (Dua)
Alamat Asal : Tewang Rangkang, RT 002/RW 001 No. 39, Kec.Tewang Sangalang
Garing, Kabupaten Katingan, Provinsi Kalimantan Tengah, 74452
Alamat Domisili : Jl. B.Koetin Gang Batu Banama, Jekan Raya, Palangka Raya, 73111
No. Telepon/HP : (+62)85822373011
E-Mail : fredrikyudis06@gmail.com




Data Orang Tua

Nama Ayah : Arisen Koneddy
Pekerjaan Ayah : PNS
Nama Ibu : Gustiyanie
Pekerjaan Ibu : PNS
Alamat Orang Tua : Tewang Rangkang, RT 002/RW 001 No. 39, Kec.Tewang Sangalang
Garing, Kabupaten Katingan, Provinsi Kalimantan Tengah, 74452
No. Telepon/HP : (+62)81352798008

Riwayat Pendidikan

SD : SDN 2 Tewang Rangkang (Tahun Lulus 2011)
SMP : SMPN 2 Tewang Sangalang Garing (Tahun Lulus 2014)
SMA : SMAS Kristen Palangka Raya (Tahun Lulus 2017)

Palangka Raya, 27 Februari 2023


FREDRIK YUDI SETIAWAN
NIM. DBD 117 001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : FREDRIK YUDI SETIAWAN

Nim : DBD 117 001

Jurusan : TEKNIK PERTAMBANGAN

Menyatakan bahwa penyusunan Skripsi ini adalah hasil penelitian saya sendiri, terkecuali kutipan-kutipan yang telah saya jelaskan sumbernya di daftar pustaka. Apabila terdapat pelanggaran dalam Penulisan dan Penyusunan Skripsi ini, saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai aturan dan ketentuan yang berlaku.

Palangka Raya, 27 Februari 2023



Penulis



FREDRIK YUDI SETIAWAN

DBD 117 001

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**ANALISIS PENANGANAN AIR LIMBAH PERTAMBANGAN
MENGUNAKAN TAWAS DAN KAPUR TOHOR DI SETTLING POND
PADA PT. FONTANA RESOURCE INDONESIA DESA BUTONG
KECAMATAN TEWEH SELATAN KABUPATEN BARITO UTARA
PROVINSI KALIMANTAN TENGAH**

Oleh :

FREDRIK YUDI SETIAWAN

NIM. DBD 117 001

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Sidang Skripsi

Hari/Tanggal :

Senin, 27 Februari 2023

Telah Dinyatakan Memenuhi Syarat Untuk Diterima

Tim Dosen Sidang Skripsi

- | | | |
|--|-----------------------|---|
| 1. <u>FAHRUL INDRAJAYA, S.T., M.T.</u>
NIP. 19791215 200812 1 001 | Pembimbing Utama |  |
| 2. <u>NOVERIADY, S.T., M.T.</u>
NIP. 19861125 201903 1 007 | Pembimbing Pendamping |  |
| 3. <u>NENY SUKMAWATIE, S.Hut., M.P.</u>
NIP. 19760614 200801 2 020 | Ketua Penguji |  |
| 4. <u>NOVALISAE, S.T., M.T.</u>
NIP. 19881110 201903 2 015 | Sekretaris Penguji |  |

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



FRIEDA, S.T., M.T.
NIP. 19721223 199702 2 002

Menyetahui,
Ketua Jurusan/Prodi Teknik
Pertambangan



FAHRUL INDRAJAYA, S.T., M.T.
NIP. 19791215 200812 1 001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Pertama-tama saya bersyukur dan bertrima kasih kepada Tuhan Yesus Kristus, karena berkat Kasih Karunia dan Rahmat-Nya yang selalu memberkati, mengasihi, dan menyertai saya sampai saat ini.

Tugas Akhir Ini Saya Persembahkan Kepada :

1. Pertama dan terutama yaitu diri saya sendiri. Ini merupakan pencapaian luar biasa bagi orang yang biasa seperti saya, tetapi saya selalu memegang teguh prinsip bapak saya “Orang lain bisa kenapa kamu tidak bisa”.
2. Kedua Orang Tua, Kakak, Adik, Dan Semua Keluarga yang tiada lelah untuk mendukung, mendoakan, dan mendidik saya. terima kasih atas doa, semangat, motivasi, pengorbanan, nasihat serta kasih sayang yang tidak pernah henti sampai saat ini.
3. Teman-teman Bagapit dan Kholim Family yang selalu menghibur disaat putus asa.
4. Teman-teman kuliah saya yang selama kurang lebih 6 tahun sudah saling support dan solid dalam segala hal.
5. Semua dosen pembimbing dan dosen penguji, terima kasih telah memberikan saya bimbingan dan saran masukan sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi saya.
6. Para Dosen dan Staff/Pegawai Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
7. Perusahaan PT. Fontana Resource Indonesia yang telah memberikan kesempatan serta tempat untuk melakukan penelitian skripsi.

Filipi 4 : 13

“Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku.”

SARI

PT. Fontana Resource Indonesia memiliki masalah utama yang sering dihadapi terkait kualitas air tambang yaitu tingginya tingkat TSS disertai tingginya kandungan beberapa logam terlarut, tujuan penelitian ini untuk mengetahui penyebab terjadinya air limbah tambang di PT. Fontana Resource Indonesia dan menganalisis penanganan air limbah tambang menggunakan tawas dan kapur tohor di *settling pond*. Metode analisis data kuantitatif yang digunakan peneliti adalah dengan menghitung debit pompa dan debit air limpasan, metode deskriptif digunakan peneliti untuk memperoleh data-data yang dapat mendukung penyusunan laporan penelitian dan metode deskriptif digunakan untuk menjelaskan alur proses penanganan air limbah tambang. Air yang berada di *sump* PT. Fontana Resources Indonesia merupakan air yang berasal dari limpasan hujan, dari hasil uji laboratorium sebelum penanganan menunjukkan pH sebesar 6,47, Fe sebesar 13,360 mg/L, TSS sebesar 627 mg/L, dan Mn sebesar 0,152 mg/L. Penanganan limbah air tambang dilakukan dengan menggunakan metode *active treatment* yaitu mencampurkan bahan koagulan untuk menjernihkan air dan netralisasi pH. Penyebab air limbah tambang yang ada di PT. Fontana Resources Indonesia terjadi karena tingkat curah hujan yang tinggi yang mengakibatkan proses erosi oleh air hujan sehingga membawa partikel tanah dan batubara serta korosi terhadap alat mekanis di area pertambangan, sehingga membuat tingkat TSS dan logam Fe menjadi tinggi. Setelah dilakukan penanganan menggunakan tawas dan kapur tohor hasil uji laboratorium menunjukkan pH air sebesar 7,10, Fe 2,116 mg/L, TSS 107 mg/L, dan Mn 0,053 mg/L.

Kata kunci: Air Limbah Pertambangan, Penanganan, Tawas, Kapur Tohor

ABSTRACT

This study aims to identify the causes of mining wastewater at PT. Fontana Resource Indonesia and examine the management of mine waste water using alum and calcium oxide in the settling pond. The main issue that is frequently encountered in relation to the quality of mine water at PT. Fontana Resource Indonesia is the high level of TSS along with a high content of several dissolved metals. The researcher uses the descriptive method to collect data that can help with the creation of a research report and the quantitative data analysis method to calculate the pump discharge and runoff water discharge. The descriptive method is also used to describe the flow of the process of handling mine wastewater. Before treating it, laboratory tests revealed that the water in PT. Fontana Resources Indonesia's sump had a pH of 6.47, Fe concentrations of 13.360 mg/L, TSS concentrations of 627 mg/L, and Mn concentrations of 0.152 mg/L. The active treatment method, which involves combining coagulant ingredients to filter water and neutralize pH, is used to handle mining waste water. High rainfall causes

erosion by rainwater, which then transports soil and coal particles, as well as mechanical device corrosion in the mining region, which results in high levels of TSS and Fe metal. This is the cause of mine waste water at PT. Fontana Resources Indonesia. Laboratory test findings revealed a water pH of 7.10, Fe 2.116 mg/L, TSS 107 mg/L, and Mn 0.053 mg/L following processing with alum and calcium oxide.

Keywords: *Mining Wastewater, Handling, Alum, Calcium Oxide*

KATA PENGANTAR

Puji syukur diucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian tugas akhir dengan judul **“Analisis Penanganan Air Limbah Pertambangan Menggunakan Tawas dan Kapur Tohor di Settling Pond pada PT. Fontana Resource Indonesia Desa Butong Kecamatan Teweh Selatan Kabupaten Barito Utara Provinsi Kalimantan Tengah”** ini sebagaimana mestinya.

Penyusunan proposal tidak lepas dari dukungan serta nasihat, bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak yang telah membantu. Sehingga pada kesempatan ini izinkanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Frieda, S.T., M.T. Dekan Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Fahrul Indrajaya, S.T., M.T. Ketua Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Yossa Yonathan Hutajulu, S.T.,M.T. Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Dosen Pembimbing Skripsi dan Penguji Skripsi.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
6. Staff Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya yang turut berperan besar dalam mengurus Jurusan

Teknik Pertambangan menjadi lebih baik.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan proposal penelitian tugas akhir ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan buku literatur yang penulis miliki. Untuk itu, saran dan masukan yang bersifat membangun sangat diharapkan agar menunjang hasil yang lebih baik nantinya.

Penulis mengharapkan semoga proposal penelitian tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua, khususnya untuk Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Palangka Raya, 27 Feruari 2023



FREDRIK YUDI SETIAWAN
DBD 117 001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
SARI	v
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
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 Batasan Masalah	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Air Pada Kegiatan Pertambangan	6
2.3 Sumber Air Tambang.....	7
2.4 Dampak Lingkungan dari Air Tambang	8
2.5 Perhitungan Debit Pompa	12
2.6 Analisis Data Curah Hujan	13
2.7 Debit Air Limpasan	155
2.8 Sistem Pengelolaan Kualitas Air Tambang	17
2.5.1 Sistem Pengelolaan Terhadap Parameter TSS	18
2.5.2 Sistem Pengolahan Air Asam Tambang (AAT)	20
2.9 Syarat Baku Mutu Air	24
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitan	25
3.1.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah	25
3.1.2 Keadaan Flora dan Fauna	27
3.1.2 Keadaan Iklim dan Curah Hujan.....	27
3.2 Kondisi Geologi	277
3.2.1 Kondisi Geologi Regional.....	27
3.2.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian	33
3.3 Alat dan Bahan.....	34

3.4	Tata Laksana	35
3.4.1	Metode	355
3.5	Bagan Alir	40
3.6	Waktu Penelitian	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Hasil	42
4.1.1	Penyebab Terjadinya Air Limbah Tambang di PT. Fontana Resource Indonesia	42
4.1.2	Penanganan Limbah Air Pertambangan di <i>Settling Pond</i>	59
4.2	Pembahasan	69
4.2.1	Penyebab Terjadinya Air Limbah Tambang di PT. Fontana Resource Indonesia	69
4.2.2	Penanganan Limbah Air Pertambangan di <i>Settling Pond</i>	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Posisi Pipa Dan Alat Ukur	12
Gambar 3.1 Statigrafi Buntok	32
Gambar 4.1 Kondisi area tambang PT. Fontana Resources Indonesia	42
Gambar 4.2 Aliran pada dinding atau lereng tambang	43
Gambar 4.3 Kondisi air pada <i>sump</i> tambang PT. Fontana Resources Indonesia	43
Gambar 4.4 <i>Cathment area</i> pit	53
Gambar 4.5 Mesin pompa tipe DnD 150-4H	54
Gambar 4.6 Pipa pemompaan	55
Gambar 4.7 Pengukuran panjang pipa menggunakan <i>software GlobalMapper</i> v21.0 Trial Version	55
Gambar 4.8 Pengukuran <i>settling pond</i> menggunakan <i>GlobalMapper</i> v21.0 <i>Trial Version</i>	57
Gambar 4.9 Pengukuran kedalaman <i>settling pond</i>	57
Gambar 4.10 Sketsa <i>settling pond</i> tampak atas	58
Gambar 4.11 Sketsa <i>settling pond</i> tampak samping	59
Gambar 4.12 Pengukuran pH air limbah tambang di <i>settling pond</i>	59
Gambar 4.13 Pengambilan sampel air	60
Gambar 4.14 Jenis tawas yang diunakan	62
Gambar 4.15 Proses pemberian tawas	63
Gambar 4.16 Pengukuran pH setelah pemberian tawas	63
Gambar 4.17 Jenis kapur yang digunakan	65
Gambar 4.18 Proses pemberian kapur	65
Gambar 4.19 Pengukuran pH setelah pemberian kapur	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Derajat dan Intensitas Hujan	16
Tabel 2.2 Harga Koefisien Limpasan	16
Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Penambangan Batubara	24
Tabel 3.1 Batas Koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan PT. Fontana Resources Indonesia	25
Tabel 3.2 Waktu Penelitian	41
Tabel 4.1 Data Curah Hujan 2017-2021 (mm/hari)	44
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Rekapitulasi Curah Hujan Maksimum	51
Tabel 4.3 Rekapitulasi Distribusi.....	51
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Dimensi <i>Settling Pond</i>	58
Tabel 4.5 Hasil pengukuran pH Air Limbah Tambang di <i>Settling Pond</i>	60
Tabel 4.6 Hasil Uji Laboratorium Sebelum Penanganan	61
Tabel 4.7 Data Air Limbah Tambang Setelah Penanganan menggunakan Tawas di <i>Settling Pond</i>	64
Tabel 4.8 Data Air Limbah Tambang Setelah Penanganan menggunakan Kapur Tohor di <i>Settling Pond</i>	66
Tabel 4.9 Hasil Uji Laboratorium Sesudah Penanganan	67

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A** Peta Kesampaian Daerah
Peta Geologi Regional
Peta Izin Usaha Pertambangan
Peta Lokasi Penelitian
Peta Layout Tambang
Peta Arah Aliran Air dan Daerah Tangkapan Hujan
- Lampiran B** Tabel Hasil Perhitungan Distribusi Normal
Tabel Hasil Perhitungan Distribusi Log Normal
Tabel Hasil Perhitungan Distribusi Log Person Type III
Tabel Hasil Perhitungan Distribusi Gumbel
- Lampiran C** Hasil Uji Laboratorium

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan utama yang sering dihadapi terkait kualitas air tambang adalah tingginya kandungan padatan tersuspensi total (TSS) dan tingginya keasaman yang ditandai dengan nilai pH yang rendah (lebih kecil dari 4,5) yang seringkali disertai dengan tingginya kandungan beberapa logam terlarut. Tingginya konsentrasi TSS diakibatkan oleh proses erosi pada saat aliran air tambang terbuka maupun air tanah, mengalir pada lahan terbuka misalnya di permukaan kerja tambang maupun lereng, dan juga selama mengalir di perairan. Sementara air asam tambang terbentuk akibat kontak antara air dan udara dengan mineral sulfida (FeS_2) yang terkandung di batuan (Gautama, 2019). Limbah cair pertambangan batubara disebut dengan air asam tambang (AAT) memiliki nilai pH rendah berkisar antara 2-4 dan kandungan logam berat seperti Fe dan Mn (Indra et al, 2014). Secara langsung maupun tidak langsung tingkat keasaman yang tinggi akan mempengaruhi kualitas lingkungan dan kehidupan organisme (Gobel, 2018).

PT. Fontana Resource Indonesia merupakan perusahaan pertambangan batubara yang dimana dalam kegiatannya tidak terlepas dari dampak-dampak yang ditimbulkannya terkhusus dampak pencemaran air yang dihasilkan dari hasil kegiatan penambangan. Penanganan terhadap air limbah tambang merupakan hal yang perlu dilakukan selama kegiatan

penambangan berlangsung dan setelah kegiatan penambangan berakhir. Air limbah tambang dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air.

Selain itu, apabila air limbah tambang dialirkan ke sungai atau perairan sekitar, maka akan berdampak buruk terhadap masyarakat yang tinggal disekitar wilayah sungai atau perairan. Bukan hanya terhadap manusia, air limbah tambang juga memberikan dampak terganggunya biota yang hidup di air sehingga berpotensi merusak ekosistem. Dalam proses penanganan air limbah pertambangan batubara hasil akhir pengolahan disesuaikan dengan batas aman baku mutu air limbah pertambangan atau hasil pengolahan yang aman bagi lingkungan sehingga tidak merusak lingkungan sekitar. Air limbah yang dibuang harus memenuhi KEPMEN LH No.113 tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Pertambangan Batubara.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis tertarik mengambil judul tugas akhir “Analisis Penanganan Air Limbah Pertambangan Menggunakan Tawas dan Kapur Tohor di Settling Pond pada PT. Fontana Resource Indonesia Desa Butong Kecamatan Teweh Selatan Kabupaten Barito Utara Provinsi Kalimantan Tengah”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Apa saja penyebab terjadinya air limbah tambang di PT. Fontana Resource Indonesia ?

2. Bagaimana penanganan air limbah tambang menggunakan tawas dan kapur tohor di *settling pond* PT. Fontana Resource Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui penyebab terjadinya air limbah tambang yang ada di PT. Fontana Resource Indonesia.
2. Menganalisis penanganan air limbah tambang menggunakan tawas dan kapur tohor di *settling pond* PT. Fontana Resource Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini diharapkan bermanfaat untuk berbagai pihak, diantaranya :

1. Untuk penulis, sebagai pengalaman dan mengamplifikasikan ilmu yang telah diterima di perkuliahan.
2. Untuk pembaca, diharapkan menjadi pengetahuan baru dan sebagai referensi untuk penelitian berikutnya.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, maka batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Hanya membahas penanganan air limbah tambang menggunakan tawas dan kapur tohor di *settling pond* PT. Fontana Resource Indonesia.
2. Tidak melakukan analisis batuan PAF dan NAF.
3. Tidak membahas biaya kebutuhan kapur tohor dan tawas.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Faisal, A., Syarifudin (2012), menguji dengan *pretest-posttest with control group design*, mengukur pH sebelum perlakuan dan mengukur pH sesudah perlakuan dapat dinyatakan bahwa semakin banyak dosis larutan kapur (Ca(OH)_2 2%) yang ditambahkan ke dalam air limbah, maka pH air limbah tersebut akan semakin meningkat. Selain itu, juga diketahui dosis optimum larutan kapur (Ca(OH)_2 2%) untuk menjadikan pH air limbah memenuhi persyaratan (6-9), yaitu dengan dosis larutan kapur sebanyak 3 ml dengan pH akhir 7,1.

Anshariah, dkk (2015) Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan melakukan mengukur pH air di area pit dan settling pond, mengukur debit air di saluran *inlet* dan *outlet*, serta menghitung besaran kuantitas air berdasarkan data curah hujan. Pengelolaan air limbah dilakukan dengan proses *dewatering*, berdasarkan hasil penelitian diperoleh debit limpasan yang masuk ke *sump* pit adalah $8,05 \text{ m}^3/\text{detik}$. Proses pengolahan yang dilakukan di settling pond dengan menggunakan metode *active treatment* yaitu pemberian tawas sebanyak 75 kg dan kapur sebanyak 50 kg secara langsung pada kolam pengadukan cepat dengan tenaga yang disuplai dari terjunan hidrolis yaitu $2.040,5 \text{ N.m/detik}$ dan gradien pengadukannya sebesar 14.440,6. Pengadukan dilakukan agar tawas dan kapur tersebar merata pada air pengolahan yang diharapkan dapat terjadiproses flokulasi

sehingga dapat mempercepat pengendapan partikel dan stabilisasi pH. Hasil evaluasi terdapat stabilisasi endapan pada setiap kompartemen pond existing dengan detention time total 9,519 jam diperoleh kesimpulan yaitu aman terhadap scouring dengan tidak melebihi nilai dari syarat bilangan $Re < 2.000$ dan angka Froude 0,0005.

Ramli, Muhammad, dkk, (2017), penelitian yang menerapkan variasi dosis 0,3-0,7 gram dengan metode *jar test* dan pengadukan air asam tambang didapatkan hasil penelitian bahwa dosis kapur yang efektif untuk meningkatkan pH air asam tambang hingga sesuai syarat baku mutu air limbah penambangan batubara (6-9) adalah dosis kapur 0,3-0,5. Hasil peningkatan pH dengan pH semula 2,5 yaitu pH 6,1 pada penambahan kapur dengan dosis 0,3 gram, pH 7,4 pada penambahan kapur dengan dosis 0,4 gram dan pH 8,8 pada penambahan kapur dengan dosis 0,5 gram.

Cukri Rahma & Cukri Rahminiani (2021) Air limbah merupakan salah satu hasil samping yang dihasilkan oleh perusahaan tambang batu bara. Air limbah tersebut mengandung partikel-partikel yang tersuspensi juga mengandung logam berat . Hal tersebut dilakukan agar air limbah tidak merusak lingkungan. salah satu cara yang dilakukan adalah melakukan pengendapan partikel yang tersuspensi dalam air limbah atau yang dikenal dengan TSS (*Total Suspended Solit*) menggunakan metode Koagulasi-flokulasi. Koagulan yang digunakan adalah penelitian ini adalah tawas $Al_2(SO_4)_3$. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dosis atau kadar optimum penambahan tawas ke dalam air limbah. Penambahan tawas

dilakukan dengan dosis yang berbeda-beda, hal ini disesuaikan dengan volume dan debit air limbah yang dialirkan ke WMP (*Water Monitoring Point*). Dosis optimum penambahan atau penggunaan tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ke dalam masing-masing WPM adalah 0,03 g/L pada WMP 11, dan 0,05 g/L untuk WMP 13.

Maha Putra, Novi, dkk (2017), melakukan pengolahan limbah cair batubara dengan mengendapkan material batubara yang tersuspensi di dalam air limpasan dan menambahkan kapur dan tawas ke KPL dengan perbandingan kapur : tawas sebesar 2 : 1 dan dengan dosis kapur (berdasarkan pH awal 4) 0,5 gr/l didapatkan hasil peningkatan kadar pH 6-7, TSS < 300 mg/l, kandungan Fe < 7 mg/l dan kandungan Mn < 3 mg/l.

2.2 Air Pada Kegiatan Pertambangan

Menurut Gautama (2019), keberadaan air pada kegiatan pertambangan merupakan hal yang umum yang ditemukan pada berbagai lokasi kegiatan pertambangan, terutama pada daerah tropis yang memiliki curah hujan yang tinggi serta pada daerah tambang yang memiliki lapisan pembawa air tanah (akuifer). Air pada daerah tambang dan terpengaruh oleh atau terkait dengan kegiatan penambangan disebut air tambang. Berbagai permasalahan air yang dapat ditemukan pada operasi tambang terbuka, yaitu :

1. Keberadaan air tambang di permukaan kerja penambangan akan mempengaruhi efisiensi dan produktivitas peralatan dan pekerja.
2. Pada tambang dengan kondisi batuan yang relatif lunak keberadaan air tambang membuat jalan angkut menjadi basah dan berlipur sehingga

berpotensi dapat menimbulkan bahaya tergelincir pada alat angkut/truk yang melewatinya.

3. Pada tambang yang menggunakan bahan peledak akan mempengaruhi kinerja bahan peledak yang digunakan.
4. Air tambang yang bersifat asam juga akan menyebabkan korosi pada peralatan yang dapat mengurangi umur kerja dari peralatan atau meningkatkan biaya peralatan.
5. Biaya pemompaan air tambang dari dalam pit penambangan ke luar tambang, baik biaya kapital maupun biaya operasional, merupakan salah satu komponen biaya utama dari operasi penambangan terbuka.

2.3 Sumber Air Tambang

Indonesia adalah negara kepulauan yang terletak di khatulistiwa yang dipengaruhi oleh iklim monsun dan dicirikan oleh curah hujan yang relatif tinggi. Sumber air tambang terbuka dapat berupa air limpasan hujan yang jatuh secara langsung pada area tambang terbuka, air luahan dari sumber air permukaan yang berada di sekitar lokasi tambang (sungai, danau, dan rawa), serta air tanah jika bukaan tambang memotong akuifer.

Pada tambang bawah tanah air tambang umumnya berupa air tanah yang berasal dari akuifer yang terpotong oleh penggalian lubang bukaan, rembesan dari akuifer atau sumber air lainnya atau air yang berasal dari kegiatan pendukung penambangan, misalnya pekerjaan pengisian ruang bekas tambang (*backfilling*) oleh material tailing dalam bentuk lumpur (*slurry*). Permasalahan air tambang yang dihadapi oleh masing-masing

tambang tentu akan berbeda dan sangat bergantung dari bentuk, geometri, dan luas areal tambang. Tambang terbuka berbentuk pit penambangan tentu menghadapi permasalahan yang lebih besar dibandingkan tambang yang berbentuk *open cast* terutama di aspek kuantitas.

2.4 Dampak Lingkungan dari Air Tambang

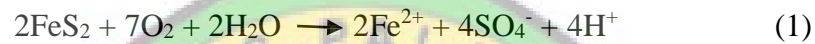
Selain kuantitas, hal penting yang harus diperhatikan dari air tamban adalah kualitasnya. Pada tambang terbuka yang dicirikan oleh luasnya areal lahan yang terbuka, erosi lahan terutama oleh air limpasan hujan tidak dapat dielakkan. Erosi tidak saja terjadi di lahan terbuka seperti lereng penggalian atau penimbunan tetapi juga pada paritan yang mengalirkan air tambang menuju sumuran atau sarana pengelolaan air tambang lainnya. Akibatnya kandungan padatan di dalam air tambang akan meningkat, baik padatan tersuspensi (TSS), maupun padatan yang larut (TDS), yang harus dikendalikan pada konsentrasi di bawah baku mutu lingkungan jika akan di lepas ke lingkungan.

Permasalahan yang juga merupakan dampak penting dari kegiatan penambangan baik terbuka maupun bawah tanah adalah air asam tambang (AAT), yaitu air tambang yang memiliki keasamaan yang tinggi dan terbentuk karena kehadiran air disertai dengan keberadaan mineral sulfida yang terdedah (*ekposed*) di udara dapat terjadi permukaan kerja penggalian.

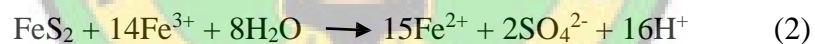
Proses pembentukan air asam tambang terdiri atas beberapa tahapan reaksi. Reaksi pertama adalah reaksi oksidasi mineral pirit dengan kehadiran air. Pada reaksi tersebut Fe^{2+} dihasilkan dari proses penguraian

pirit atau proses oksidasi pirit oleh oksigen. Reaksi ini adalah reaksi pelapukan disertai dengan proses oksidasi pirit dan menghasilkan dua mol keasaman dari setiap mol pirit yang teroksidasi. Reaksi ini dapat berlangsung baik pada kondisi abiotik maupun biotik.

Berdasarkan persamaan kimia (A. Laurent Lavoisier, 1783), reaksi pertama adalah reaksi pelapukan dari pirit disertai proses oksidasi. Pirit dioksidasi menjadi sulfat dan besi ferri.



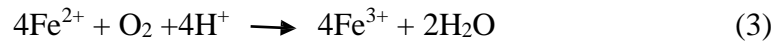
Reaksi selanjutnya adalah oksidasi pirit oleh ion ferri. Reaksi ini lebih cepat dua sampai tiga kali dibandingkan dengan oksidasi oleh oksigen. Jumlah mol keasaman juga lebih banyak per mol pirit. Akan tetapi, reaksi ini hanya berlangsung selama ion ferri cukup tersedia atau pada kondisi asam.



Dengan demikian proses reaksi oksidasi pirit dimulai dengan reaksi (1) pada kondisi dekat netral dan dilanjutkan dengan reaksi (2) jika kondisi semakin asam atau pH lebih kecil dari 4,5. Pada pH rendah (lebih kecil dari 4,5), Fe^{2+} akan lebih cepat mengoksidasi pirit dibandingkan O_2 dan lebih cepat pula daripada O_2 mengoksidasi Fe^{2+} (Nordstrom, 1982). Oleh karena itu, reaksi (2) dikenal sebagai langkah pembatas laju oksidasi pirit.

Ion ferri terbentuk sebagai hasil konversi ion ferro yang terbentuk dari reaksi (1) dan mengkonsumsi satu mol keasaman seperti yang ditunjukkan pada reaksi (2). Laju reaksi tersebut lambat pada $\text{pH} < 5$ dan kondisi abiotik.

Kehadiran bakteri *acidithiobacillus ferrooxidans* akan mempercepat laju oksidasi Fe^{2+} 5 sampai 6 kali.

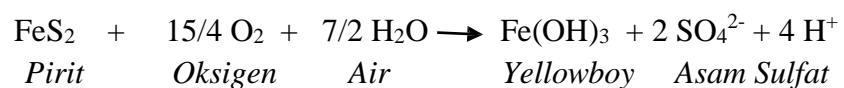


Dari reaksi (3) terlihat bahwa untuk mengoksidasi ion ferro menjadi ferri diperlukan kehadiran oksigen. Ion ferri dapat mengalami oksidasi dan hidrolisa sehingga membentuk ferri hidroksida seperti yang ditunjukkan pada reaksi (4). Pembentukan presipitat atau endapan ferri hidroksida yang berwarna coklat kekuningan dan sering disebut sebagai *yellowboy* sangat tergantung pada pH, yaitu lebih banyak pada pH lebih besar dari 3,5.



Reaksi (4) merupakan reaksi pelarutan-pengendapan yang *reversible* dan berlangsung sampai pH sama dengan 3 dan merupakan sumber atau berkurangnya Fe^{3+} serta merupakan langkah penting dalam melepaskan asam ke lingkungan.

Jika reaksi (1) sampai (4) digabung, akan diperoleh reaksi oksidasi mineral pirit yang dikenal sebagai reaksi umum yang menghasilkan AAT seperti di bawah ini.



Produk dari oksidasi sulfida adalah keasaman, spesies sulfur, padatan terlarut total (*total dissolved solids/TDS*), dan logam. Spesies sulfur yang terbentuk adalah sulfat. Pada kondisi asam, konsentrasi sulfat terlarut dapat mencapai 10.000 mg/l atau bahkan lebih pada kondisi yang lebih ekstrem.

Jika kondisi menjadi semakin basa, konsentrasi sulfat dipengaruhi oleh kelarutan dari gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Spesies sulfur terlarut lainnya antara lain bisulfida (HS^-), sulfida (S^{2-}), sulfur *oxyanion* (termasuk *polysulfides*, S_n^{2-}), dan sulfat (SO_4^{2-}).

Pada suatu areal kegiatan pertambangan Aat dapat terbentuk melalui berbagai proses, antara lain :

- Air hujan yang mengalir dan kontak dengan dinding pit pertambangan.
- Air hujan yang jatuh dan terinfiltrasi pada timbunan batuan penutup.
- Air hujan yang jatuh dan terinfiltrasi pada timbunan batubara atau bijih hasil pertambangan (*run of mine*, ROM), tumpukan bijih pada ekstraksi mineral berharga dengan metode *heap leach*, timbunan tailing dan timbunan limbah sisa pencucian batubara.
- Air tanah yang mengalir ke dalam bukaan tambang bawah tanah dan kontak dengan batuan dinding bukaan.
- Air tanah dan limpasan hujan yang mengalir ke zona ambrukan pada tambang bawah tanah dengan metode ambrukan.

Dampak terhadap lingkungan yang ditimbulkan oleh AAT adalah meningkatnya kandungan logam di dalam air penerima. Contohnya ikan yang hidup di dalam air penerima AAT dan terpapar langsung ke ion logam dan H^+ pada insang akan menyebabkan keracunan pada tingkat kronik dan akut. Selama air tambang mengalir di lahan terbuka, lereng tambang terbuka, dan timbunan batuan penutup, serta pada paritan jika tidak dikelola

dengan baik, fenomena AAT dapat berlangsung jauh melampaui umur tambang pada masa pascatambang.

2.5 Perhitungan Debit Pompa

Perhitungan debit suatu pompa dapat dihitung dengan menggunakan penggaris siku-siku untuk mengukur jauh tembakan keluaran pompa, diameter pipa, keluaran penuh atau tidak, jika tidak penuh maka akan dihitung berapa ruang kosong pada pipa tersebut. Untuk pengukuran panjang tembakan keluaran dapat dilihat seperti Gambar 2.1.



Sumber : Ir. Sularso, MSME dan Prof. Dr. Haruo Tahara, 1987

Gambar 2.1 Posisi Pipa dan Alat Ukur

Kemudian data-data yang telah didapatkan berdasarkan pengukuran debit aktual pompa dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{pompa} = \pi \cdot r^2 \cdot v$$

$$v = \frac{x}{\sqrt{2y/g}}$$

Keterangan :

Q_{pompa} = Debit aktual pompa ($m^3/detik$)

r = Jari-jari pipa yang digunakan perusahaan (m)

v = Kecepatan aliran (m/s)

- x = Panjang tembakan pompa (m)
 y = Panjang sisi pendek alat ukur yang digunakan (m)
 g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

2.6 Analisis Data Curah Hujan

Definisi curah hujan dibatasi sebagai tinggi air hujan yang diterima oleh permukaan sebelum mengalami aliran permukaan, evaporasi dan perembesan ke dalam tanah (Handoko, 1995). Analisis data curah hujan dibutuhkan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir. Curah hujan rencana adalah curah hujan yang dijadikan sebagai acuan perencanaan tambang. Curah hujan rencana penting dalam perencanaan karena berguna dalam menentukan debit air. Hujan rencana ditentukan dari hasil analisa frekuensi data curah hujan dan dinyatakan dalam curah hujan dengan periode ulang tertentu. Terdapat beberapa macam analisa distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi yaitu :

1. Distribusi Normal

Perhitungan dengan distribusi normal dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{x} + z \cdot s$$

Dengan X_T adalah nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahunan, \bar{x} adalah nilai rata-rata hitung variat, s adalah deviasi standar nilai variat dan z adalah faktor frekuensi dari distribusi normal.

2. Distribusi Log Normal

Jika $Y = \log X$, maka perhitungan dengan distribusi normal dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y_T = \bar{Y} + z \cdot s$$

Dengan Y_T adalah perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahunan, \bar{Y} adalah nilai rata-rata hitung variat, s adalah deviasi standar nilai variat dan z adalah faktor frekuensi.

3. Distribusi Log Person III

Jika $Y = \log X$, maka perhitungan distribusi log person III dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot s$$

Dengan Y_T adalah perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahunan, \bar{Y} adalah nilai rata-rata hitung variat, s adalah deviasi standar nilai variat dan K_T adalah faktor frekuensi.

4. Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan menurut metode Gumbel mempunyai perumusan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{x} + s \cdot K$$

Dengan X_T adalah perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahunan, \bar{x} adalah nilai rata-rata hitung variat, s adalah deviasi standar nilai variat dan K adalah faktor frekuensi.

Faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrem Gumbel dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$K = \frac{Y_t - \bar{Y}_n}{S_n}$$

Dengan \bar{Y}_n adalah reduced mean yang tergantung jumlah sampel/data n, S_n adalah reduced standard deviation yang juga tergantung pada jumlah sampel/data n dan Y_t adalah reduced variate yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y_t = -\ln \left\{ -\ln \frac{T-1}{T} \right\}$$

Dengan T = periode ulang (tahun)

2.7 Debit Air Limpasan

Air yang masuk ke dalam sump pit merupakan air yang berasal dari air limpasan hujan. Jumlah debit limpasan yang masuk ke sump pit dihitung menggunakan parameter waktu konsentrasi, intensitas hujan, koefisien aliran dan luasan catchment area.

A. Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah besarnya intensitas (jumlah) hujan yang mungkin terjadi dalam kurun waktu (mm) tertentu, dapat dihitung erdasarkan Persamaan Mononobe sebagai berikut:

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

Keterangan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam).

t = Waktu konsentrasi (jam)

R24 = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

Derajat hujan menggambarkan kondisi atau *magnitude* hujan pada periode tertentu. Hubungan antara derajat hujan dengan intensitas hujan yang dinyatakan dalam durasi 1 jam dan 24 jam atau 1 hari dapat dilihat pada **Tabel 2.1** :

Tabel 2.1 Derajat dan Intensitas Hujan

Derajat Hujan	Curah Hujan (mm)	
	Durasi = 1 Jam	Durasi = 24 Jam
Hujan Sangat Ringan	<1	<5
Hujan Ringan	1-5	5-20
Hujan Normal	5-10	20-50
Hujan Lebat	10-20	50-100
Hujan Sangat Lebat	>20	>100

Sumber : Sistem Penyaliran Tambang, Sosrodarsono & Takeda, 2003

B. Koefisien Aliran

Koefisien aliran ditentukan berdasarkan koefisien keadaan topografi, tanah dan vegetasi. Koefisien tersebut merupakan parameter yang menggambarkan hubungan curah hujan dan limpasan, yaitu memperkirakan jumlah air hujan yang mengalir menjadi limpasan langsung di permukaan, Koefisien limpasan dipengaruhi oleh faktor-faktor tutupan tanah, kemiringan dan lamanya hujan. Koefisien limpasan merupakan ketetapan. Beberapa perkiraan koefisien limpasan terlihat pada tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 2.2 Harga Koefisien Limpasan

	Kegunaan Lahan	Koefisien Limpasan
<3%	Sawah, Rawa	0,2
	Hutan, Perkebunan	0,3
	Perumahan dengan Kebun	0,4

3% - 5%	Hutan, Perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	Tumbuhan yang jarang	0,6
	Tanpa tumbuhan, daerah penumbuhan	0,7
>15%	Hutan	0,6
	Perumahan, Kebun	0,7
	Tumbuhan yang jarang	0,8
	Tanpa tumbuhan, daerah tambang	0,9

(Sumber : Dr. Ir. Suripin, M.Eng., 2004)

C. Catchment Area

Catchment area merupakan suatu areal atau daerah tangkapan hujan, dimana daerah tangkapan hujan merupakan suatu daerah yang dapat mengakibatkan air limpasan permukaan (run off) yang mengalir dari elevasi tinggi ke suatu tempat daerah penambangan yang lebih rendah. Dalam menentukan batasan catchment area dapat dibatasi pada wilayah areal penambangan saja. Luarareal penambangan dalam penanggulangan air limpasan dapat dibuat saluran pengelak. Sumber utama air limpasan permukaan pada suatu tambang terbuka adalah air hujan, jika curah hujan yang relatif tinggi pada daerah tambang (Lakon Utamakno, dkk 2020).

2.8 Sistem Pengelolaan Kualitas Air Tambang

Pengelolaan air tambang bertujuan agar air tambang yang akan dialirkan ke lingkungan tidak saja harus memenuhi baku mutu lingkungan

yang berlaku tetapi juga pemenuhan baku mutu lingkungan tersebut dapat berkelanjutan sampai masa pascatambang.

2.5.1 Sistem Pengelolaan Terhadap Parameter TSS

Pada tambang terbuka yang masih aktif padatan tersuspensi total (TSS) di dalam air tambang terutama disebabkan oleh proses erosi air limpasan hujan yang merupakan sumber air tambang utama pada hampir semua tambang terbuka di Indonesia. Pencegahan terjadinya erosi tentu tidak dapat dilakukan tetapi upaya untuk meminimalkan tingkat erosi dapat dilakukan dengan cara pengendalian erosi.

Langkah pertama yang dapat dilakukan adalah membatasi bukaan lahan dengan cara optimalisasi lahan terganggu yang mencakup minimalisasi luas bukaan lahan untuk produksi dan maksimalisasi luas lahan reklamasi dengan mempercepat proses reklamasi. Langkah selanjutnya yang penting adalah pengendalian air tambang. Pengaturan kemiringan permukaan kerja, pembuatan paritan yang bersifat jangka pendek maupun yang bersifat lebih jangka panjang.

Pada tambang bawah tanah tentu tingkat erosi tidak setinggi pada tambang terbuka karena relatif kecilnya debit aliran air tambang yang hanya ditentukan oleh debit air tanah yang dapat dikendalikan dengan sistem penyaliran tambang yang baik serta sumber air tambang lain seperti air dari pengisian lombong dengan material

pengisi yang dialirkan ke dalam tambang dalam bentuk lumpur (*slurry*).

Sarana untuk mengendalikan kandungan TSS di dalam air tambang yang utama adalah sarana untuk mengendapkan sedimen yang lebih di kenal sebagai kolam pengendapan atau kolam sedimen atau *sediment pond*. Pada tambang terbuka maupun tambang bawah tanah sarana ini adalah sarana utama pengendali kualitas air tambang sebelum dialirkan ke lingkungan melalui titik penataan (*point of compliance*) yaitu titik dimana kualitas air tambang harus memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku. Ditinjau dari konstruksinya terdapat tiga macam kolam pengendapan, yaitu tanggul, (*embankment*), galian, dan kombinasi dari keduanya. Seringkali sistem kolam penendapan terdiri atas kolam jamak atau dengan cara membagi satu kolam pengendap besar menjadi beberapa kompartemen.

Tujuannya adalah untuk pengendapan berjenjang secara seri dimana partikel yang lebih besar akan terendapkan pada kolam pertama dan partikel yang halus akan mengendap pada kolam terakhir. Cara ini lebih efisien dalam menangkap partikel halus dibandingkan dengan kolam tunggal dengan luas area yang sama. Aspek penting yang harus dipertimbangkan pada rancangan kolam pengendap adalah nisbah antara panjang dan lebar kolam yaitu 5:1, paling tidak 3:1. Rancangan posisi atau letak aliran masuk dan keluar

dan bentuk dari klam pengendap juga akan menentukan efisiensi pengendapan sedimen di dalam kolam pengendap (Gautama, 2019).

Menurut Cukri Rahma (2021), salah satu metode pengolahan air limbah tambang batubara dapat dilakukan secara koagulasi-flokulasi, dengan menggunakan berbagai jenis koagulan termasuk tawas (aluminium sulfat), feri sulfat, fero sulfat, PAC, lempung (tanah liat), dan biji kelor. Karena koagulan memiliki muatan positif yang dapat menetralkan muatan negatif pada partikel- partikel padatan yang tersuspensi.

2.5.2 Sistem Pengolahan Air Asam Tambang (AAT)

Tujuan pengolahan AAT yang terutama adalah untuk memenuhi baku mutu lingkungan sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku, atau mengolah air tambang sehingga memiliki kualitas yang sesuai dengan pemanfaatannya kembali di lingkungan. Teknologi pengolahan AAT telah banyak dikembangkan serta diterapkan di pertambangan pada berbagai negara dan secara garis besar dapat dibedakan dalam tiga kategori berdasarkan tujuan yang ingin dicapai (GARD Guide, 2009), yaitu :

- Untuk netralisasi, misalnya penetralan dengan bahan berbasis kalsium, natrium, kalium, dan ammonia.
- Untuk pengurangan atau penghilangan logam, misalnya melalui presipitasi hidroksida atau sulfide.
- Untuk target polutan tertentu, misalnya penghilangan arsen

melalui proses oksidasi/reduksi, presipitasi atau adsorpsi.

. Limbah cair harus diolah terlebih dahulu dengan teknologi yang tepat karena beberapa hal, antara lain untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan baik terhadap sumber-sumber air, kesehatan masyarakat atau kerusakan lain yang mungkin ditimbulkan oleh limbah cair tersebut (Moersidik, 1995). Pengolahan limbah cair bertujuan untuk mendegradasi beban pencemarnya, sehingga kualitas efluen yang dihasilkan memenuhi syarat-syarat tertentu (Soemantojo, 1996). Pengolahan limbah cair batubara berupa air asam tambang dapat dilakukan dengan dua sistem pengolahan, yaitu sistem pengolahan aktif dan sistem pengolahan pasif. Berikut penjelasan dari pengolahan air limbah tambang *Active treatment* dan *Passive treatment*.

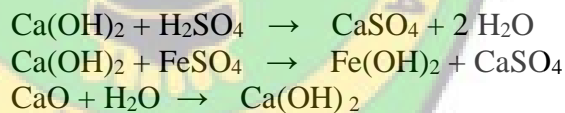
a. *Active Treatment Technologies* (Teknologi Pengolahan Aktif)

Metode pengolahan aktif merupakan metode untuk menetralkan AAT yang dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu: pemberian kapur tohor. Metode aktif ini adalah metode yang paling efektif. Namun kurang efisien, melihat pertimbangan besarnya biaya yang dibutuhkan untuk bahan kimia serta energi eksternal yang diperlukan. Kelebihan sistem ini yakni memiliki efisiensi pengolahan yang cenderung lebih tinggi dan mudah dalam mengontrol pengoperasiannya.

Metode pengolahan aktif air asam tambang yaitu penanganan air asam tambang dengan melakukan penambahan bahan kimia yang bersifat basa. Untuk mengondisikan pH antara 6-9 maka dilakukan penambahan basa melalui:

- 1) Proses penetralisasi yang merupakan reaksi penggabungan ion dengan cara mencampurkan air asam tambang dengan ion hidroksida.
- 2) Oksidasi yaitu dengan menambahkan ion Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} .

Pengolahan secara aktif umumnya menggunakan bahan kimia yang mengandung kapur, bisa dalam bentuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaO . Dan pada reaksi air asam dengan menambahkan bahan yang mengandung kapur penetralan sebagai berikut:



Keuntungan dari penggunaan pengolahan aktif

dibandingkan dengan penggunaan pasif, yaitu:

- 2) Waktu detensi pada proses pengolahan aktif lebih cepat.
- 3) Area yang diperlukan tidak terlalu besar karena waktu detensi yang cepat, dan kekurangan dari pengolahan aktif untuk air asam tambang dibanding pengolahan pasif, yaitu memerlukan biaya yang lebih besar.

b. *Passive treatment technologies* (Teknologi Pengolahan Pasif)

Pada pengolahan pasif, tidak lagi membutuhkan penambahan bahan kimia secara terus menerus. Ini akan mengurangi peralatan operasional dan pemeliharaan. Pengolahan secara pasif mengandalkan terjadinya proses biogeokimiawi, yang berlangsung secara terus menerus dengan alami dalam peningkatan pH dan peningkatan serta pengendapan logam-logam terlarut. Jadi jelas, saat ini sistem pasif tercatat paling efisien karena tidak memerlukan biaya cukup mahal. Pengembangan metode pengolahan aktif maupun pasif didasarkan pada pertimbangan besar beban asiditas dan debit aliran yang akan mempengaruhi efektifitas dan efisiensi sistem pengolahan. Pengolahan metode pasif, yaitu *wetland* (lahan basah) sehingga mendukung kehidupan flora dan fauna lainnya. Metode pengolahan pasif lebih ramah lingkungan sehingga karena mendukung kehidupan dan keberlangsungan organisme lain.

Passive treatment merupakan proses pengolahan yang tidak memerlukan intervensi, operasi atau perawatan oleh manusia secara reguler. Suatu sistem pengolahan air yang memanfaatkan sumber energi yang tersedia secara alami seperti gradien topografi, energi metabolisme mikroba, fotosintesis dan energy kimia dan membutuhkan perawatan secara reguler tetapi

jarang untuk beroperasi sepanjang umur rancangannya dan Suatu proses secara bertahap menghilangkan logam dan/atau keasaman dalam suatu biosistem seperti alami tetapi buatan manusia yang mendukung reaksi ekologi dan geokimia. Proses tersebut tidak memerlukan tenaga atau bahan kimia setelah konstruksi dan akan berumur puluhan tahun dengan bantuan manusia secara minimum (Gusek, *GARD Guide* 2009).

2.9 Syarat Baku Mutu Air

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Untuk menjaga agar air berada dalam kondisi yang sesuai dengan peruntukannya maka pemerintah telah menerbitkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tanggal 14 Desember 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara. Baku mutu air untuk kegiatan penambangan batubara dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Penambangan Batubara

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
PH		6 – 9
Residu Tersuspensi	Mg/l	400
Besi (Fe) Total	Mg/l	7
Mangan (Mn) Total	Mg/l	4

Sumber : Kepmen No.113 Tahun 2003

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.1.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara administratif PT. Fontana Resources Indonesia berada pada Desa Bintang Ninggi I, Desa Bintang Ninggi II dan Desa Butong Kecamatan Teweh Selatan Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah. PT. Fontana Resources Indonesia memperoleh Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi dari pemerintah Kalimantan Tengah pada tanggal 3 Agustus 2015 sampai 2 Agustus 2025 meliputi luas wilayah 6.660 Ha dan titik-titik koordinat batas IUP dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Batas Koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan PT. Fontana Resources Indonesia

NO	GARIS BUJUR (BT)			GARIS LINTANG (LS)		
	°	'	“	°	'	“
1	114	58	4.28	1	4	23.19
2	114	58	4.28	1	7	32.53
3	114	52	15.35	1	7	32.53
4	114	52	15.35	1	7	2.09
5	114	52	32.4	1	7	2.09
6	114	52	32.4	1	4	57.81
7	114	51	2.26	1	4	57.81
8	114	51	2.26	1	3	2.28
9	114	52	0.89	1	3	2.28
10	114	52	0.89	1	4	43.45
11	114	53	0.16	1	4	43.45
12	114	53	0.16	1	4	23.19

Sumber: PT. Fontana Resources Indonesia, 2021

Kecamatan Teweh Selatan dibentuk berdasarkan peraturan Daerah Kabupaten Barito Utara No.4 Tahun 2012 dan merupakan

pemekaran dari kecamatan Teweh Tengah. Menurut letak geografis Kecamatan Teweh Selatan berbatasan dengan Kecamatan teweh Baru dan Teweh Tengah pada sebelah Utara, Kecamatan Teweh Baru pada bagian Timur, Kecamatan Montalat dan Gunung Timang di sebelah Timur dan terakhir berbatasan dengan Kecamatan Teweh Tengah pada bagian Barat.

Kesampaian daerah dapat dicapai melalui darat dengan menggunakan kendaraan roda empat ataupun roda dua yang dapat dengan rute sebagai berikut :

PT. Fontana Resources Indonesia terletak \pm 302 km dari Kota Palangka Raya dengan kondisi jalan sebagian beraspal baik (*hotmix*) dan sebagian lagi masih dalam tahap pengerasan. Waktu tepuh perjalanan \pm 7 jam dengan menggunakan kendaraan roda dua ataupun roda empat. Posisi Desa Butong dan desa-desa lain disekitarnya yang secara geografis terletak di dalam wilayah IUP PT. Fontana Resources Indonesia membuat akses jalan ke lokasi penambangan menjadi lebih mudah. Selain itu, karena di daerah lokasi penambangan juga merupakan areal perkebunan kelapa sawit milik PT. Antang Ganda Utama, maka secara tidak langsung di lokasi penambangan terdapat banyak jalan-jalan blok areal perkebunan yang mempermudah akses jalan.

3.1.2 Keadaan Flora dan Fauna

Jenis vegetasi yang ada di daerah PT. Fontana Resources Indonesia hampir seluruhnya merupakan tanaman perkebunan kelapa sawit. Hal ini dikarenakan wilayah IUP PT. Fontana Resources Indonesia termasuk dalam wilayah perkebunan sawit milik PT. Antang Ganda Utama. Jenis tanaman lain yaitu berupa alang-alang, pohon karet, pohon akasia dan lain-lain yang dapat tumbuh dengan subur sesuai dengan keadaan iklim tropis.

Jenis fauna yang sering dijumpai pada wilayah PT. Fontana Resources Indonesia berupa biawak, babi hutan, monyet, tupai, ular dan beberapa jenis burung. Sedangkan hewan ternak yang sering dijumpai seperti sapi, kambing dan unggas yang dipelihara oleh penduduk setempat sebagai mata pencaharian tambahan.

3.1.2 Keadaan Iklim dan Curah Hujan

Di wilayah tambang PT. Fontana Resources Indonesia termasuk daerah yang beriklim tropis, terdiri dari 2 musim yaitu musim hujan dan musim kemarau.

3.2 Kondisi Geologi

3.2.1 Kondisi Geologi Regional

a) Stratigrafi Regional

Berdasarkan peta geologi lembar Buntok, Kalimantan Tengah (Hasan. K, 1994) berikut stratigrafi regionalnya :

- 1) ALUVIUM (Qa) ; terdiri atas lumpur kelabu – hitam,

lempung bersisipan limonit dan gambut, pasir, kerikil, kerakal dan bongkahan batuan yang lebih tua. Merupakan hasil endapan sungai atau dataran banjir. Tebalnya mencapai 10 meter.

- 2) Batuan sedimen dan vulkanik (Ksp) tak terpisahkan yang tersusun berlapis. Batuan sedimen terdiri atas batulanau kelabu tua, batugamping kristalin kelabu tua, batupasir halus kelabu, serpih merah dan serpih napalan. Tebal lapisan antara 20 – 300 cm, sebagian terlipat. Batuan vulkanik terdiri atas andesit, basal dan ampibolit. Andesit dan basal berupa leleran berwarna kelabu hijau, berubah menjadi mineral lempung, kalsit ataupun klorit, berpiroksin dan porfiritik. Basal bertekstur pilotaksit dan amygdaloidal. Ampibolit pecah – pecah berupa lensa di dalam basal, tebal mencapai 40 cm. Unit ini menempati daerah morfologi perbukitan tinggi. Ketebalan mencapai 100 meter. Untuk keperluan praktis dan kesinambungan dengan lembar sekitarnya, unit ini dibandingkan dengan Formasi Pitap yang berumur Kapur Akhir.
- 3) FORMASI TANJUNG (Tet) ; bagian bawah perselingan antara batupasir, serpih, batulanau dan konglomerat, sebagian bersifat gampingan. Konglomerat

disusun oleh kuarsa, feldspar, granit, sekis, gabbro dan basal. Di dalam batupasir kuarsa dijumpai glaukonit. Bagian atas formasi disusun oleh perselingan batupasir kuarsa bermika, batulanau, batugamping dan batubara. Batulanau mengandung fosil foram plankton yaitu; *Globigerina tripartita* KOCH, *Globigerina ochitaensis* HOWE & WALLACE, *Globigerina* spp. dan *Globorotalia* spp., yang menunjukkan umur Eosen – Oligosen. Sedangkan batugamping mengandung fosil foram besar diantaranya *Operculina* sp., *Discocyclina* sp., dan *Biplanispira* yang berumur Eosen Akhir. Formasi ini tidak selaras diatas batuan mesozoikum, terlipat hampir utara – selatan dengan kemiringan lapisan umumnya 200 serta mempunyai tebal sekitar 1300 meter. Tersebar di daerah perbukitan.

- 4) FORMASI BERAJ (Tomb) ; terdiri atas batugamping berlapis dengan batulempung, napal dan batubara, sebagian tersilikakan dan mengandung limonit. Batugamping berfosil foram besar diantaranya; *Spiroclypeous* sp., *Lepidocyclina* sp., *Borelis* sp., *Cycloclypeous* sp., *Nummulitas fichtelli* (Michelotti), *Lepidocyclina* (*Eulepidina*) *ephipiodes* JONES & CHAPMAN, *Operculina* sp., *Spiroclypeous tidoengensis*

VAN DER VLERK, *Heterostegina* sp. dan *Amphistegina* sp., yang menunjukkan umur Oligosen Tengah – Oligosen Akhir. Disamping itu juga berfosil foram bentos. Formasi ini diendapkan di laut dangkal dengan tebal mencapai 1250 meter serta menempati morfologi perbukitan karst.

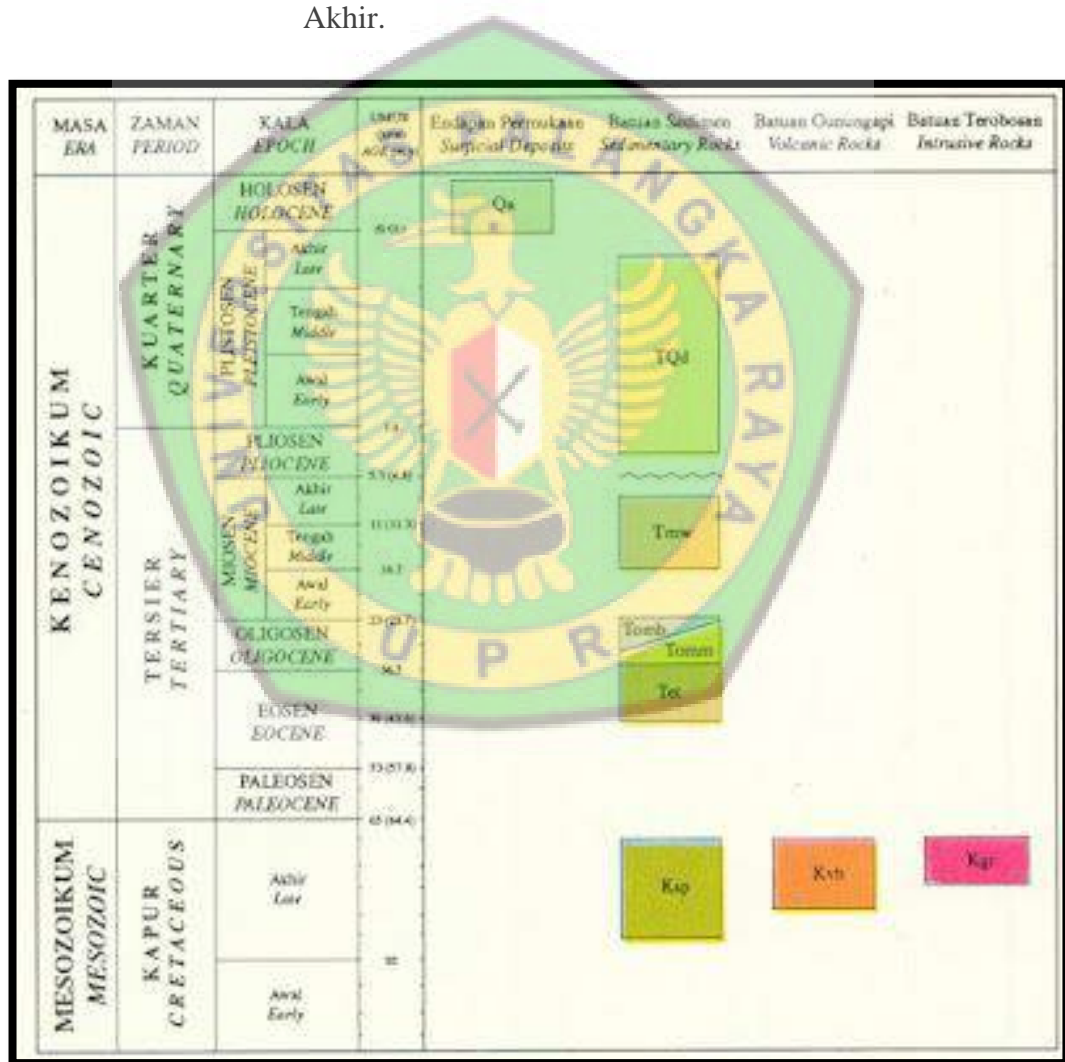
- 5) FORMASI MONTALAT (Tomm) ; terdiri atas batupasir kuarsa putih berstruktur silang silur, sebagian gampingan, bersisipan batulanau/serpih atau batubara. Mengandung fosil *Globigerina venezuelana* HEDBERG, *Globigerina tripartite* KOCH, *Globigerina selli* (BORSETTI), *Globigerina praebulloides* BLOW, *Globigerina angustiumblicata* BOLLI, *Globorotalianana* BOLLI dan *Casigerinella chipolensis* (CUSHMAN & POTTON), yang berumur Oligosen. Diendapkan dilaut dangkal terbuka dengan ketebalan mencapai 1400 meter. Formasi ini menjemari dengan Formasi Berai dan selaras di atas Formasi Tanjung, jenis perlipatan mirip dengan Formasi Tanjung tetapi sedikit lebih terbuka. Sebarannya menempati morfologi perbukitan.

- 6) FORMASI WARUKIN (Tmw) ; terdiri atas batupasir kasar – sedang, sebagian konglomeratan, bersisipan batulanau dan serpih, setengah padat, berlapis dan berstruktur perairan silang – silur dan lapisan bersusun.

Struktur lipatan terbuka dengan kemiringan lapisan sekitar 100. Formasi ini berumur Miosen Tengah – Miosen Atas dengan tebal mencapai 500 meter dan terendapkan di daerah transisi. Formasi warukin berada selaras di atas Formasi Berai dan Montalat. Sesuai dengan sifat fisiknya formasi ini menempati daerah morfologi dataran bergelombang landai.

- 7) **FORMASI DAHOR (TQd)** ; terdiri atas batupasir kurang padat sampai lepas, bersisipan batulanau, serpih, lignit dan limonit. Terendapkan dalam lingkungan peralihan dengan tebal mencapai 300 meter. Umurnya diduga Plio – Plistosen. Formasi ini tidak selaras di atas formasi – formasi dibawahnya dan umumnya berada pada morfologi dataran rendah yang kadang -kadang sulit dibedakan dengan endapan permukaan.
- 8) **BATUAN VULKANI KASALE (Kvh)** ; berupa retas, sumbat, stocks yang umumnya terdiri atas basal piroksin kelabu hijau, porfiritik sampai pilotaksit. Sebagian besar terubah membentuk mineral lempung, klorit dan kasit. Unit ini mencapai tebal 50 meter dan menempati daerah morfologi perbukitan tinggi serta dikorelasikan dengan Formasi Haruyan yang berumur Kapur Atas.
- 9) **GRANIT KAPUR (Kgr)** ; granit biotit berwarna kelabu

muda, sebagian terkekarkan. Singkapannya berasosiasi dengan Formasi Pitap dan Haruyan dan tersebar di daerah morfologi berbukitan tinggi. Variasi batuan ini antarlain granodiorite biotit, adamalit biotit, granit gneiss, sebagian bertekstur grafik dan mirmekit. Batuan ini menerobos Formasi Pitap dan umurnya diduga Kapur Akhir.



Sumber : PT. Fontana Resources Indonesia

Gambar 3.1 Stratigrafi Buntok

b) Fisiografi

Berdasarkan tatanan tektonik Buntok termasuk kedalam cekungan/Sub Cekungan Barito dalam suatu sistem bagian dari Cekungan Kutai. Sub Cekungan Barito bagian Barat di batasi oleh “Foreland Sunda”, sebelah Utara oleh Tinggian Kucing dan Tinggian Mangkalihat dan sebelah Timur dipisah dengan Sub Cekungan Pasir oleh Tinggian Maratus.

Sub Cekungan Barito memiliki 2 kali pengangkatan yaitu yang berumur Akhir Kapur dan pengangkatan berumur Akhir Miosen. Hal ini menyebabkan dijumpainya tidak keselarasan pada tatanan stratigrafinya. Pengangkatan yang berumur Akhir Kapur menyebabkan terjadinya batasan-batasan dari Cekungan Barito. Pengangkatan yang berumur Akhir Miosen menyebabkan terbentuknya beberapa antiklin pada Formasi Tanjung, Formasi Berai, dan Formasi Warukin.

3.2.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

a) Geologi Lokal

Dari hasil kegiatan eksplorasi melalui pemetaan geologi di wilayah IUP PT. Fontana Resources, dikorelasi dengan geologi regional mengatakan bahwa, hasil pemetaan terdahulu tidak ada perbendaan yaitu *Formasi Warukin* dimana formasi tersebut terletak selaras di atas Formasi Berai dan Montallat. Formasi ini terdiri dari tiga anggota, dari tua ke muda yaitu:

- Warukin Bawah, dicirikan oleh merupakan selang-seling napal, batugamping, serpih, dan serpih gampingan.
- Warukin Tengah, dicirikan oleh dari napal, lanau, lempung dan lapisan pasir tipis dengan sisipan batubara.
- Warukin Atas, dicirikan oleh dari batubara dengan sisipan lempung karbonat dan batupasir.

b) Morfologi

Kondisi morfologi daerah penyelidikan dapat digolongkan kedalam satuan morfologi perbukitan bergelombang lemah denudasional, dengan elevasi berkisar antara 20-100 mdpl. Sebagaimana hasil tersebut maka diperoleh dan terdapat 2 satuan morfologi yang ada dalam wilayah IUP PT. Fontana Resources Indonesia yaitu :

1. Morfologi dataran terdapat dibagian barat wilayah IUP PT. Fontana dengan ketinggian 30-40 mdpl.
2. Morfologi bergelombang terdapat di bagian sebelah timur IUP PT. FRI sedangkan $\frac{3}{4}$ wilayah ke arah timur wilayah IUP PT. FRI masuk dalam satuan wilayah bergelombang sedang yang dicirikan dengan ketinggian 50-100 mdpl.

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara

lain :

1. Alat Tulis

Alat tulis berfungsi untuk mencatat data-data yang didapatkan.

2. Kamera Telepon Genggam

Kamera berfungsi untuk mendokumentasikan kegiatan maupun data lapangan.

3. Alat Pelindung Diri (APD)

Alat Pelindung Diri (APD) yang digunakan berupa *safety helm*, *safety shoes* dan rompi reflektor. APD berfungsi untuk melindungi diri dari bahaya kecelakaan kerja.

4. Botol Sampel

Botol sampel digunakan untuk wadah menyimpan sampel air yang di ambil dari *settling pond*.

5. Ember

Ember digunakan untuk mengambil air sampel dan digunakan sebagai wadah sampel air *settling pond* saat pengujian pH dilapangan.

6. Kertas Lakmus

Kertas lakmus berfungsi untuk mengukur pH air limbah tambang sebelum pengolahan.

3.4 Tata Laksana

3.4.1 Metode

Metode pengambilan, pengolahan dan analisis yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

A. Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data primer dan sekunder yang akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang terdapat di dalam penelitian dengan judul “Analisis Penanganan Air Limbah Pertambangan Menggunakan Tawas dan Kapur Tohor di *Settling Pond* pada PT. Fontana Resource Indonesia Desa Butong Kecamatan Teweh Selatan Kabupaten Barito Utara Provinsi Kalimantan Tengah” antara lain sebagai berikut :

1. Pengambilan Data Primer

Penelitian ini menggunakan data primer untuk mengetahui tingkat pH dan TSS, mengetahui kebutuhan tawas dan kapur tohor. Data primer diperoleh dengan melakukan observasi lapangan/pengamatan langsung pada jangka waktu tertentu di lokasi penelitian, adapun data primer yang diambil pada penelitian ini meliputi sampel air limbah tambang sebelum dan sesudah pengolahan, debit air dari *sump* ke *settling pond*, dimensi *settling pond*, dan penggunaan tawas dan kapur tohor.

2. Pengambilan Data Sekunder

Data sekunder di dalam penelitian ini diperoleh dengan melakukan pengumpulan data dari PT. Fontana Resources Indonesia terkait objek penelitian. Pengumpulan data sekunder digunakan untuk

menunjang informasi mengenai kegiatan pengolahan air limbah tambang.

B. Langkah Kerja

1. Melakukan pengamatan langsung dan pengambilan foto di area pit untuk mengetahui penyebab air limbah pertambangan.
2. Mengukur tingkat pH dan TSS air limbah pada *settling pond* sebelum pengolahan dengan menggunakan alat ukur pH berupa kertas lakmus. Untuk data TSS hanya dilakukan pengamatan tingkat kecerahan air.
3. Pengambilan sampel air sebelum penanganan pada *settling pond*. Untuk sampel sebelum penanganan diambil pada bagian *inlet settling pond*.
4. Menghitung debit air yang masuk dari sump ke *settling pond*, adapun debit air yang dihitung yaitu, debit pompa dan debit air limpasan yang masuk ke *settling pond* dari area sekitar.
5. Mengukur dimensi *settling pond* menggunakan *software GlobalMapper v21.0 Trial Version*. Untuk mendapatkan dimensi *settling pond* dilakukan pengukuran panjang dan lebar menggunakan *software GlobalMapper v21.0 Trial Version*.
6. Membuat sketsa *settling pond* yang ada pada PT. Fontana

Resources Indonesia.

7. Menghitung penggunaan tawas dan kapur tohor dalam menjernihkan air dan netralisasi pH di *settling pond*.
8. Pengambilan sampel air sesudah penanganan pada *settling pond*. Untuk sampel sesudah penanganan diambil pada bagian *outlet settling pond*.

C. Metode Pengolahan Data

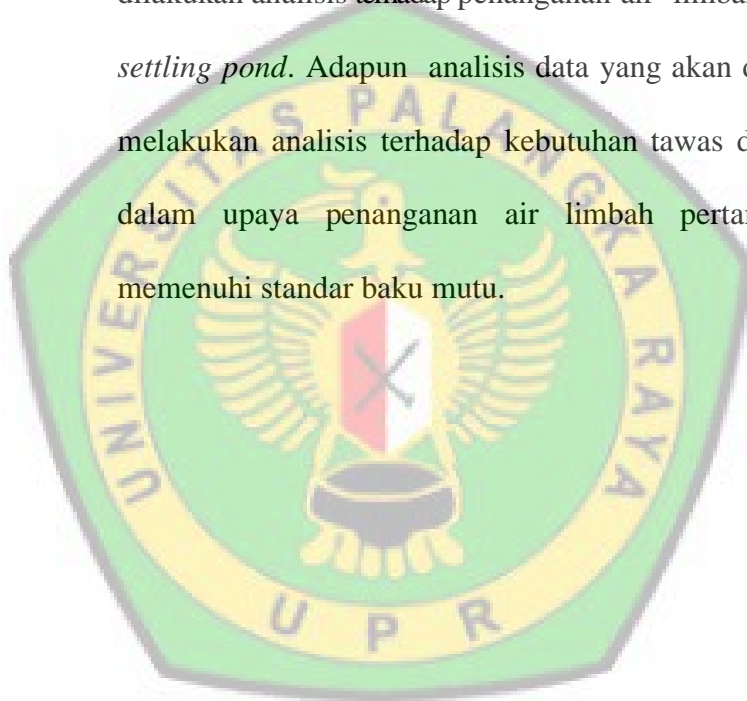
Metode penelitian yang digunakan dalam menganalisis data lapangan adalah Metode Kuantitatif, dan Deskriptif.

1. Metode Kuantitatif merupakan metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah dengan menggunakan data-data nilai sebagai bahan analisis guna menyelesaikan permasalahan terkait. Metode analisis data kuantitatif yang digunakan peneliti adalah dengan menghitung debit pompa dan debit air limpasan.
2. Metode deskriptif adalah metode yang dilakukan dengan mengumpulkan data historis dan mengamati secara seksama mengenai aspek-aspek tertentu yang berkaitan dengan masalah yang sedang diteliti oleh penulis sehingga akan memperoleh data-data yang dapat mendukung penyusunan laporan penelitian. Data-data yang diperoleh kemudian diproses dan dianalisis sehingga memperoleh informasi mengenai objek tersebut dan dapat

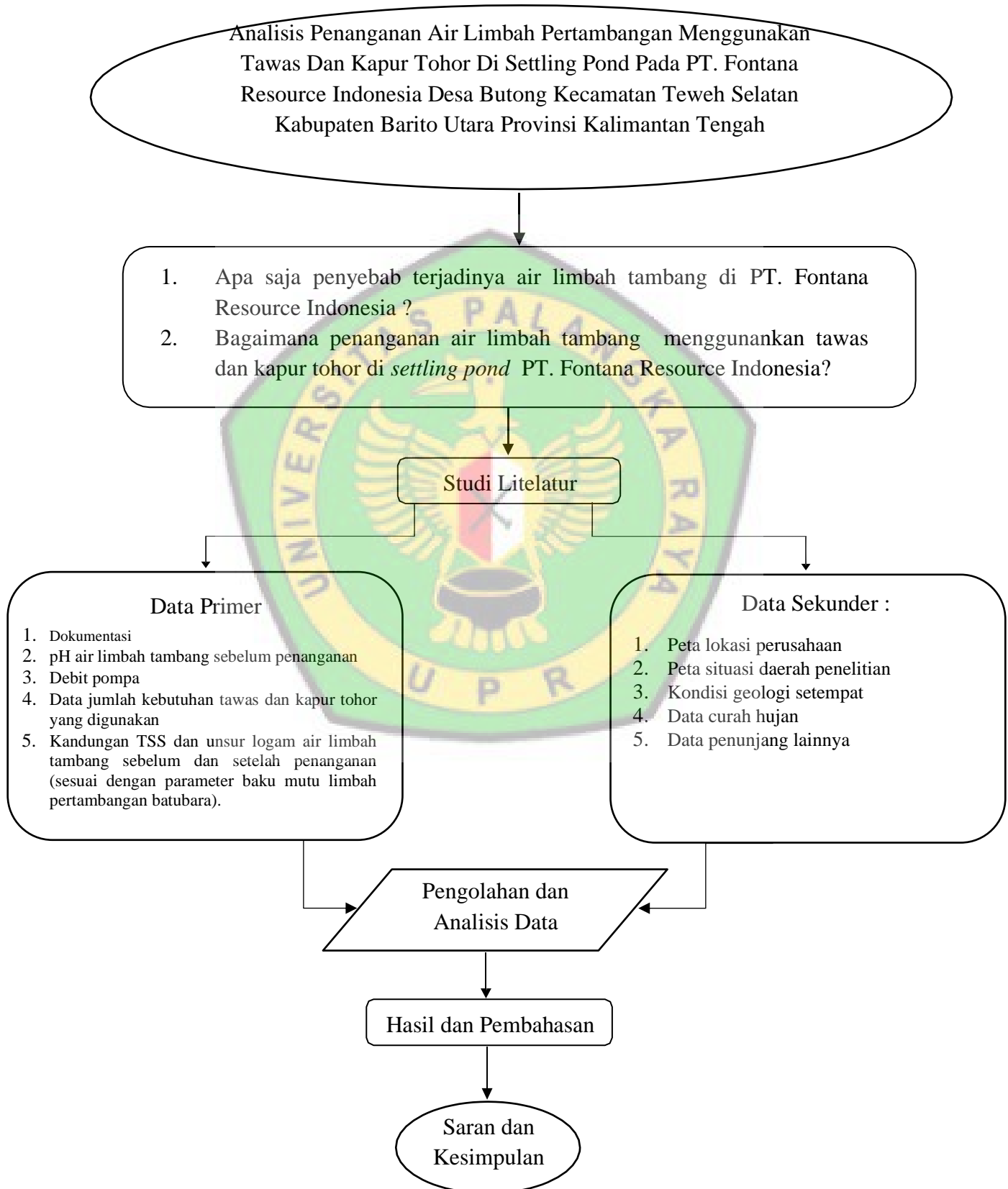
ditarik kesimpulan mengenai masalah yang diteliti. Dalam hal ini, metode deskriptif digunakan untuk menjelaskan alur proses penanganan air limbah tambang.

D. Analisis Data

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka perlu dilakukan analisis terhadap penanganan air limbah tambang pada *settling pond*. Adapun analisis data yang akan dilakukan yaitu, melakukan analisis terhadap kebutuhan tawas dan kapur tohor dalam upaya penanganan air limbah pertambangan yang memenuhi standar baku mutu.



2.5 Bagan Alir



3.6 Waktu Penelitian

Penelitian tugas akhir dilakukan di IUP PT Fontana Resources Indonesia Desa Butong, Kecamatan Teweh Selatan, Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah. Penelitian ini dilakukan pada November 2021, dimulai studi literatur sampai kepada sidang akhir. Jadwal kegiatan diuraikan dalam tabel berikut.

Tabel 3.2 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	2021								2022								2023															
		November				Desember				Januari-Mei				Juni-Oktober				November				Desember				Januari				Februari			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																																
2	Pengambilan Data																																
3	Pengolahan Data																																
4	Konsultasi dan Pembuatan Laporan																																
5	Seminar Proposal																																
6	Penulisan Laporan dan konsultasi																																
7	Seminar Hasil																																
8	Revisi dan Konsultasi																																
9	Sidang Akhir																																

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Penyebab Terjadinya Air Limbah Tambang di PT. Fontana Resource Indonesia

PT. Fontana Resource Indonesia merupakan perusahaan pertambangan batubara dengan menggunakan metode penambangan *open pit mining*, jenis *sump* PT. Fontana Resources Indonesia adalah *sump* tambang permanen atau *mine sump*, yang mana sumber air tambang pada *sump* PT. Fontana Resources Indonesia merupakan air limpasan hujan yang jatuh secara langsung pada area tambang terbuka.



Gambar 4.1 Kondisi area tambang PT. Fontana Resources Indonesia

Dari hasil pengamatan pada area *sump* didapat sebuah aliran air membentuk alur-alur yang kecil pada dinding atau lereng tambang (**Gambar 4.2**).



Gambar 4.2 Aliran pada dinding atau lereng tambang.

Berdasarkan pengamatan dilapangan air yang berada di *sump* PT. Fontana Resources Indonesia yakni berwarna abu-abu tua dan keruh sehingga perlu adanya penanganan dan pengecekan lebih lanjut untuk mengetahui kandungan dari air tambang tersebut.



Gambar 4.3 Kondisi air pada *sump* tambang PT. Fontana Resources Indonesia

1) Debit Air yang Masuk Dari Sump Ke *Settling Pond*

a) Analisis Data Curah Hujan

Berdasarkan data curah hujan maksimum selama 5 tahun yang didapat dari perusahaan peneliti menganalisis data curah hujan dengan perhitungan frekuensi curah hujan periode ulang tertentu. Salah satu metode analisa frekuensi yang sering digunakan dalam menganalisa data curah hujan adalah distribusi *Gumbel* berikut perhitungannya :

Tabel 4.1 Data Curah Hujan 2017-2021 (mm)

Bulan/Tahun	Data Curah Hujan (mm)				
	2017	2018	2019	2020	2021
Januari	291	185	241	262	287
Februari	120	286	282,5	244	208
Maret	250	402	234	183	285
April	266	272	123	607	171
Mei	306	277	155	276	154
Juni	291	135	153	97	94
Juli	311	270	21	279	135
Agustus	288	28	202	50	313
September	79	87	30,5	80	200
Oktober	454	241,5	156,5	400,1	279
November	618	226	10	141	455
Desember	439	350	300,5	135	312
Curah Hujan Max	618	402	300,5	607	455
Curah Hujan Min	79	28	10	50	94
Curah Hujan Total	3712	2759	1909	2753	2891
Curah Hujan Rata-rata	309	230	159	229	241
Rata-Rata Jam Hujan/Hari	2,64 Jam/Hari				

Sumber : PT. Fontana Resources Indonesi

Berdasarkan data curah hujan selama 5 tahun, akan ditentukan pemilihan distribusi analisis data curah hujan dengan perhitungan sebagai berikut :

- 1) Rata-rata/*Mean*

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{2382,5}{5} = 476,5 \text{ mm}$$

- 2) Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - X)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{74041}{5 - 1}} = 136,0524$$

- 3) *Variation Coefficient*

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{136,0524}{476,5} = 0,2855$$

- 4) *Skewness*

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (xi - X)^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{5x - 819612}{(5 - 1)(5 - 2) 136,0524^3}$$

$$= \frac{-4098060}{30220362,72} = -0,1356$$

- 5) Kurtosis

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (xi - X)^4}{S^4} = \frac{\frac{1}{10} 1681451436}{342629355,0625} = 0,9814$$

Pengukuran dispersi berdasarkan perhitungan parameter statistik logaritma (Log) antara lain sebagai berikut :

- 1) Nilai Rata-rata Varian (Log \bar{x})

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } Xi}{n} = \frac{13,3143}{5} = 2,6629 \text{ mm}$$

2) Standar Deviasi (Sd log x)

$$Sd(\log x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log xi - \log X)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0686}{5-1}} = 0,1309$$

3) Variation Coefficient

$$C_v = \frac{Sd \log x}{\log \bar{X}} = \frac{0,1309}{2,6629} = 0,0492$$

4) Skewness

$$C_s(\log x) = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log xi - \log X)^3}{(n-1)(n-2) (Sd \log x)^3}$$

$$= \frac{5x - 0,0027}{(5-1)(5-2) (0,1309)^3} = \frac{-0,0134}{0,0269} = -0,4987$$

5) Kurtosis

$$C_k(\log x) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log xi - \log X)^4}{Sd \log x^4}$$

$$= \frac{\frac{1}{10} 0,0017}{0,1309^4} = 0,5655$$

➤ Distribusi Probabilitas Normal

Langkah perhitungan distribusi Normal adalah sebagai berikut :

1) Menghitung parameter statistik seperti pada perhitungan statistik diatas.

$$\text{Nilai rata-rata varian } (\bar{x}) = 476,5 \text{ mm}$$

$$\text{Standar Deviasi (Sd)} = 136,0523 \text{ mm}$$

2) Menghitung Nilai Faktor Koreksi (K_T) berdasarkan nilai T dan umumnya sudah tersedia dalam tabel nilai variabel reduksi

Gauss (Variabel reduced Gauss) pada **Lampiran B**.

KT PUH 2, 5, 10 Tahun = 0,000; 0,840; 1,280

3) Menghitung nilai curah hujan rencana

Sebagai contoh, berikut langkah perhitungan pada periode ulang hujan 2 tahun :

$$\begin{aligned} \text{PUH 2 Tahun} &= \bar{x} + K_T \cdot Sd \\ &= 476,5 + (0,00 \cdot 136,0523) \\ &= 476,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Distribusi Probabilitas Log Normal

1) Menghitung parameter statistik logaritma seperti pada perhitungan seperti diatas.

$$\text{Nilai rata-rata varian } (Log \bar{x}) = 2,6629 \text{ mm}$$

$$\text{Standar Deviasi } (Sd \log x) = 0,1309 \text{ mm}$$

2) Menghitung Nilai Faktor Koreksi (K_T) berdasarkan nilai T dan umumnya sudah tersedia dalam tabel nilai variabel reduksi Gauss (Variabel reduced Gauss) pada **Lampiran B**.

KT PUH 2, 5, 10 Tahun = 0,000; 0,840; 1,280

3) Menghitung nilai curah hujan rencana

Sebagai contoh, berikut langkah perhitungan pada periode ulang hujan 2 tahun :

$$\begin{aligned} \text{PUH 2 Tahun} &= \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot Sd \log x \\ &= 2,6629 + (0,00 \cdot 0,1309) \\ &= 2,6629 \text{ mm atau } 460,0996 \text{ mm} \end{aligned}$$

4) Menghitung nilai C_s dan C_k

$$\begin{aligned} C_s &= C_v^3 + 3C_v \\ &= (0,2855)^3 + 3 \cdot (0,2855) \\ &= 0,8799 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_k &= C_v^8 + 6.C_v^6 + 15.C_v^4 + 16.C_v^2 + 3 \\ &= (0,2855)^8 + 6.(0,2855)^6 + 15.(0,2855)^4 + 16.(0,2855)^2 + 3 \\ &= 4,4074 \end{aligned}$$

➤ Distribusi Probabilitas Log *Person* Tipe III

- 1) Menghitung parameter statistik logaritma seperti pada perhitungan seperti diatas.

$$\text{Nilai rata-rata varian (Log } \bar{x}) = 2,6629 \text{ mm}$$

$$\text{Standar Deviasi (Sd log x)} = 0,1309 \text{ mm}$$

$$\text{Skewness (Cs log x)} = -0,4987 \text{ mm}$$

- 2) Menghitung Nilai Faktor Koreksi (K_T) berdasarkan berdasarkan nilai T dan C_s Log x, umumnya telah tersedia dalam tabel nilai faktor frekuensi k distribusi Log *Person* III seperti pada **Lampiran B**.

$$KT \text{ PUH } 2, 5, 10 \text{ Tahun} = 0,033; 0,850; 1,258$$

- 3) Menghitung nilai curah hujan rencana

Sebagai contoh, berikut langkah perhitungan pada periode ulang hujan 2 tahun :

$$\begin{aligned} \text{PUH } 2 \text{ Tahun} &= \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot \text{Sd log } x \\ &= 2,6629 + (0,033 \cdot 0,1309) \end{aligned}$$

$$= 2,6671 \text{ mm atau } 464,7004 \text{ mm}$$

➤ Distribusi Gumbel

Perhitungan dengan distribusi Gumbel dihitung berdasarkan perhitungan dispersi statistik. Sebagai contoh, berikut langkah perhitungan pada tahun 2017 :

$$1) \bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

$$= \frac{2382,5}{5}$$

$$= 476,5$$

$$2) Xi - \bar{X} = 618 - 476,5$$

$$= 141,5$$

$$3) (Xi - \bar{X})^2 = (141,5)^2$$

$$= 20.022,25$$

$$4) n \text{ (Jumlah Sampel)} = 5$$

$$5) m \text{ (Urutan Sampel)} = 1$$

$$6) Yn = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{n+1-m}{n-1} \right\} \right]$$

$$= -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{5+1-1}{5-1} \right\} \right]$$

$$= 1,701983355$$

$$7) Y\bar{n} = \sum Yn$$

$$= 0.458794165$$

$$8) (Yn - Y\bar{n})^2 = (1,701983355 - 0.458794165)^2$$

$$= 1.545519364$$

$$\begin{aligned}
 9) \quad Y_t &= -in\left(-in\left(\frac{t-1}{t}\right)\right) \\
 &= -in\left(-in\left(\frac{2-1}{2}\right)\right) \\
 &= 0.366513
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 10) \quad S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{74.041}{5-1}} \\
 &= 136,0523796
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 11) \quad S_n &= \sqrt{\frac{\sum (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{19,98185469}{5-1}} \\
 &= 0.886353182
 \end{aligned}$$

Sebagai contoh, berikut langkah perhitungan pada periode ulang 2 tahun :

$$\begin{aligned}
 1) \quad k &= \frac{(Y_t - \bar{Y}_n)}{S_n} \\
 &= \frac{(0.366513 - 0.458794165)}{0.886353182} \\
 &= -0.104113311
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \quad X_t &= \bar{X} + k \cdot S \\
 &= 476,5 + (-0.104113311 \times 136,0523796) = 462.335
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan rekapitulasi curah hujan rencana

maksimum dengan empat jenis distribusi seperti berikut (**Tabel 4.2**) :

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Rekapitulasi Curah Hujan Maksimum

Periode Tahun	Distribusi Normal	Distribusi Log Normal	Distribusi Log Person III	Distribusi Gumbel
2	476,500	460,099	464,700	462,335
5	590,784	475,614	594,506	636,313
10	650,647	483,949	672,330	751,501

Dalam penentuan distribusi curah hujan rencana yang akan dipilih dengan periode tahun, terdapat parameter yang harus dipenuhi, seperti berikut (**Tabel 4.3**) :

Tabel 4.3 Rekapitulasi Distribusi

No.	Distribusi	Ketentuan	Hasil	Keterangan
1	Distribusi Normal	Cs = 0 Ck = 3	Cs = -0,14 Ck = 0,98	Tidak Memenuhi
2	Distribusi Log Normal	Cs = 0,85 Ck = 4,34	Cs = 0,87 Ck = 4,41	Tidak Memenuhi
3	Distribusi Log Person III	Selain nilai-nilai diatas	Cs = 0,05 Ck = 0,56	Tidak Memenuhi
4	Distribusi Gumbel	Cs ≤ 1,14 Ck ≤ 5,4	Cs = -0,14 Ck = 0,98	Memenuhi

Dari perhitungan ke empat distribusi diatas dengan data curah hujan pada tahun 2017 sampai dengan tahun 2021 dan melihat kesesuaian pada persyaratan rekapitulasi distribusi (**Tabel 4.3**), maka dapat disimpulkan bahwa perthitungan distribusi yang digunakan yaitu distribusi Gumbel.

b) Debit Air Limpasan

Air yang masuk ke dalam sump pit PT. Fontana Resources Indonesia merupakan air yang berasal dari air limpasan hujan. Jumlah debit limpasan yang masuk ke sump pit dihitung

menggunakan parameter waktu kosentrasi, intensitas hujan, koefisien aliran dan luasan catchment area.

- **Intensitas Curah Hujan**

Perhitungan intensitas hujan ditentukan menggunakan rumus *Mononobe* berdasarkan parameter frekuensi curah hujan dan berdasarkan data **Tabel 4.1** diketahui jam hujan rata - rata yaitu 2,64 jam/hari. Berikut perhitungan menggunakan rumus *Mononobe* :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{Xt}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \\
 &= \frac{462.335}{24} \left(\frac{24}{2,64} \right)^{\frac{2}{3}} \\
 &= 83,910 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

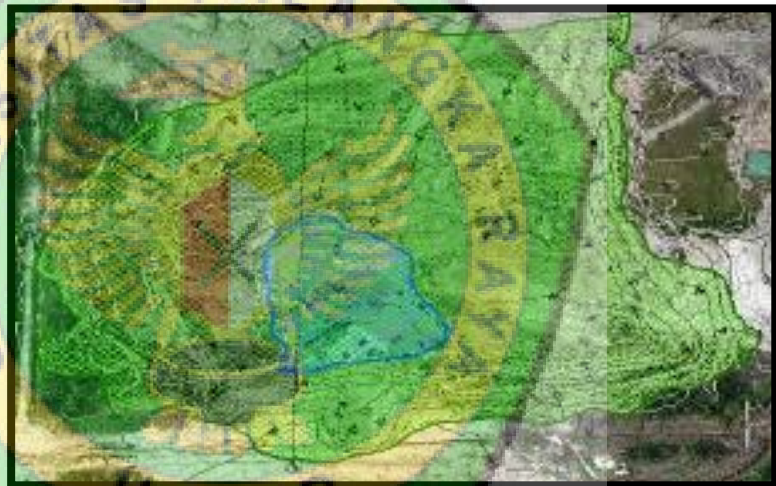
- **Koefisien Aliran**

Koefisien aliran ditentukan berdasarkan koefisien keadaan topografi, tanah dan vegetasi. Hasil pengamatan di lapangan, topografi daerah penelitian berupa perbukitan dengan keadaan tanahnya terdiri dari material lempung dan lanau sedangkan untuk keadaan vegetasi pada area pit tidak terdapat tanaman sehingga dari parameter yang ada diperoleh nilai untuk koefisien aliran adalah 0,9.

- **Cathment Area**

Luasan *cathment area* Pit PT. Fontana Resources Indonesia ditentukan berdasarkan interpretasi pada peta pit

PT. Fontana Resources Indonesia dengan menggunakan *software GlobalMapper v21.0 Trial Version* dan luasan yang didapatkan yaitu sebesar 8,185755 ha atau 0,081858 km² dengan luasan *sump* sebesar 0,756761 ha atau 0,007568 km². Untuk mendapatkan luas *cathment area* sebenarnya dilakukan perhitungan luas *cathment area* dikurang luas *sump*, maka didapatkan luas *cathment area* sebenarnya yaitu sebesar 0,07429 km².



Gambar 4.4 *Cathment area pit*

Dari hasil yang telah dihitung sebelumnya dimulai dari, intensitas curah hujan, penentuan harga koefisien aliran, dan penentuan daerah tangkapan hujan maka akan dilakukan perhitungan debit air limpasan dengan rumus rasional, sebagai berikut :

Diketahui :

$$C = 0,9$$

$$I = 83,910 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,07429 \text{ km}^2$$

Maka,

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,9 \times 83,910 \times 0,07429$$

$$= 1,559 \text{ m}^3/\text{detik}$$

c) Perhitungan Debit Pompa

Pompa yang digunakan oleh PT. Fontana Resources Indonesia adalah 1 unit pompa tipe DnD 150-4H (**Gambar 4.5**) dengan kapasitas pemompaan maksimum yang digunakan adalah 500 m³/jam. Pipa yang digunakan mempunyai diameter pipa sebesar 6 inch (**Gambar 4.6**) dengan panjang pipa dari *sump* menuju *settling pond* sepanjang 406,83 m, yang diukur menggunakan software *GlobalMapper v21.0 Trial Version* (**Gambar 4.7**).



Gambar 4.5 Mesin pompa tipe DnD 150-4H



Gambar 4.6 Pipa pemompaan



Gambar 4.7 Pengukuran panjang pipa menggunakan *software GlobalMapper v21.0 Trial Version*

Berikut perhitungan debit pompa dengan menggunakan metode *discharge* :

- 1) Diameter pipa yang digunakan = 6 inch atau = 0,1524 m
- 2) Jari-jari pipa yang digunakan = $\frac{\text{diameter pipa}}{2}$
 $= \frac{0,1524}{2}$
 $= 0,0762 \text{ m}$
- 3) Panjang tembakan = 0,7 m
- 4) Panjang sisi pendek alat ukur = 0,2 m
- 5) Percepatan gravitasi = $9,8 \text{ m/s}^2$

6) Kecepatan aliran, sebagai berikut :

$$v = \frac{x}{\sqrt{2y/g}}$$

$$v = \frac{0,7}{\sqrt{(2)(0,2)/9,8}}$$

$$v = \frac{0,7}{0,202}$$

$$v = 3,465 \text{ m/s}$$

7) Debit pompa, sebagai berikut :

$$Q_{pompa} = \pi \cdot r^2 \cdot v$$

$$Q_{pompa} = 3,14 \times (0,0762)^2 \times 3,465$$

$$Q_{pompa} = 0,0631 \text{ m}^3/\text{detik}$$

2) Dimensi *Settling Pond*.

Pada lokasi penelitian, *settling pond* yang terdiri dari 3 kompartemen pond, setiap kompartemen pond yang ada pada daerah penelitian memiliki dimensi yang berbeda-beda. Untuk mengukur panjang dan lebar *settling pond* peneliti menggunakan *software GlobalMapper v21.0 Trial Version*. Untuk mengukur tinggi atau kedalaman setiap kompartemen pond dilakukan pengukuran langsung di lapangan menggunakan rambu ukur.



Gambar 4.8 Pengukuran *settling pond* menggunakan *GlobalMapper v21.0 Trial Version*



Gambar 4.9 Pengukuran kedalaman *settling pond*

Berdasarkan pengukuran dilapangan dan pengukuran menggunakan *software GlobalMapper v21.0 Trial Version* didapatkan panjang, lebar dan tinggi masing-masing kompartemen. Sebagai contoh, berikut langkah perhitungan dimensi *settling pond* kompartemen 1 :

Panjang : 21,5 m

Lebar : 16 m

Tinggi : 4 m

Luas = $P \times L$

$$= 21,5 \times 15 = 344 \text{ m}^2$$

V = $P \times L \times T$

$$= 21,5 \times 15 \times 4$$

$$= 1376 \text{ m}^3$$

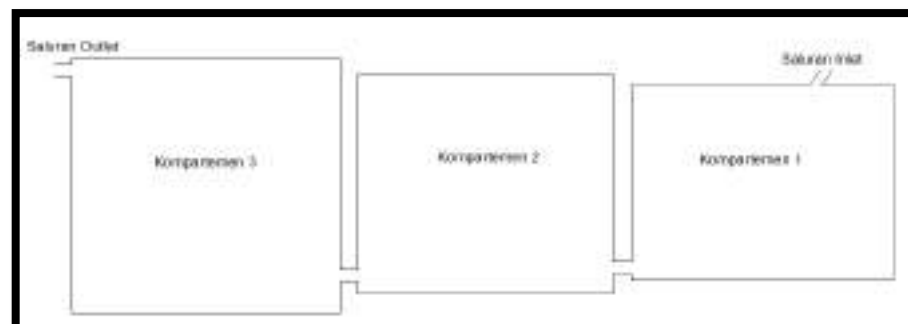
Berikut adalah hasil perhitungan dimensi *settling pond* **Tabel 4.4** :

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Dimensi *Settling Pond*

No	Dimensi <i>Settling Pond</i>						
	Kompartemen Pond	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Proses
1	K 1	21,5	16	4	344	1376	Pengendapan
2	K 2	21	18	4	378	1512	Pengendapan
3	K 3	22	21	4	462	1848	Stabilisasi
Total					1184	4736	

Sumber : Pengukuran dilapangan dan pengukuran menggunakan *software GlobalMapper v21.0 Trial Version*

Berdasarkan pengamatan dilapangan didapatkan sketsa *settling pond* sebagai berikut :



Gambar 4.10 Sketsa *settling pond* tampak atas



Gambar 4.11 Sketsa *settling pond* tampak samping

4.1.2 Penanganan Limbah Air Pertambakan di *Settling Pond*

Setelah dilakukan pemompaan di kompartemen 1 dan kepartemen 2 maka akan dilakukan proses pengendapan, dimana air yang masuk di kompartemen 1 dan kepartemen 2 akan didiamkan terlebih dahulu selama ± 2 jam untuk mengurangi tingkat TSS.

1) Pengukuran tingkat pH, tingkat warna, kekeruhan dan air limbah sebelum penanganan di *Settling Pond*

Pengukuran pH air limbah tambang pada *settling pond* sebelum penanganan menggunakan alat ukur pH berupa kertas lakmus.



Gambar 4.12 Pengukuran pH air limbah tambang di *settling pond*

Berikut ini adalah hasil pengukuran pH air limbah tambang *settling pond* dilapangan :

Tabel 4.5 Hasil pengukuran pH Air Limbah Tambang sebelum penanganan di *Settling Pond*

Tanggal	Lokasi	pH	Warna	Kekeruhan
06/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
07/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
08/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
09/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
10/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
11/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
12/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
13/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
14/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
15/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
16/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
17/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
18/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh
19/10/2021	<i>Inlet</i>	6	Abu –abu tua	Keruh

Sumber: Data lapangan, November 2021

Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan sesuai dengan parameter baku mutu air limbah pertambangan, maka dilakukan pengambilan sampel untuk uji di laboratorium :



Gambar 4.13 Pengambilan sampel air

Berikut hasil uji laboratorium sampel air limbah tambang di *inlet settling pond* sebelum penanganan :

Tabel 4.6 Hasil Uji Laboratorium Sebelum Penanganan

No	Patrameter Uji	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji	Baku Mutu KepmenLH No.113 Tahun 2003
			P.5275 Inlet		
1	Derajat Keasaman (pH)	-	6,47	SNI 06-6989.11-2004	6-9
2	Besi (Fe) Total	mg/L	13,360	SNI 6989.4:2009	7
3	Padatan Tersuspensi Total (TSS)	mg/L	627	SNI 06-6989.3-2004	400
4	Mangan (Mn) Total	mg/L	0,152	SNI 6989.5:2009	4

Sumber: *Laboratorium Baristand Banarbaru*, November 2021.

Dari hasil uji laboratorium sebelum penanganan menunjukkan pH air limbah tambang sebesar 6,47, Fe sebesar 13,360 mg/L, TSS sebesar 627 mg/L, dan Mn sebesar 0,152 mg/L. Berdasarkan hasil uji laboratorium tingkat TSS dan Fe yang melebihi ambang baku mutu (TSS>400 dan Fe>7).

Penanganan limbah air tambang dilakukan dengan menggunakan metode *active treatment* yaitu mencampurkan bahan koagulan untuk menjernihkan air dan netralissi pH. Menurut Eko Maulana Syaputra, S.KM.,M.P.H. metode penghilangan zat besi (Fe) dan Mangan (Mn) ada beberapa metode yaitu, proses aerasi-filtrasi, proses koagulasi dengan penambahan bahan koagulasi (tawas), dan proses khalorinasi-filtrasi. Pada pennelitian ini metode yang digunakan untuk menurunkan tingkat Fe yang melebihi ambang baku mutu (Fe>7) yaitu proses koagulasi dengan penambahan bahan koagulasi (tawas).

2) Penanganan Limbah Air Tambang di *Settling Pond* Menggunakan Tawas dan Kapur

Pada lokasi penelitian dilakukan dua tahap *treatment* untuk penanganan limbah air tambang, yaitu :

- **Penanganan Menggunakan Tawas**

Pemberian tawas dilakukan pada saluran penghubung antar kompartemen 2 dan kompartemen 3, hal ini bertujuan untuk mempermudah proses pencampuran bahan koagulan (tawas) terhadap air limbah tambang yang ada di *settling pond*, tawas yang digunakan yaitu seperti **Gambar 4.14**.



Gambar 4.14 Jenis tawas yang digunakan



Gambar 4.15 Proses pemberian tawas

Setelah jangka waktu ± 2 jam pemberian tawas dilakukan pengukuran tingkat pH, warna dan tingkat kekeruhan air kembali.



Gambar 4.16 Pengukuran pH setelah pemberian tawas

Berikut data tingkat pH sebelum dan sesudah pemberian tawas, jumlah tawas yang diberikan, warna dan tingkat kekeruhan air sebagai berikut :

Tabel 4.7 Data Air Limbah Tambang Setelah Penanganan menggunakan Tawas di *Settling Pond*

Tanggal	Lokasi	Jumlah Tawas (Kg)	pH		Warna	Kekeruhan
			Sebelum	Sesudah		
06/10/2021	Kompartemen 3	50	6	4	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
07/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
08/10/2021	Kompartemen 3	48	6	4	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
09/10/2021	Kompartemen 3	48	6	4	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
10/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
11/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
12/10/2021	Kompartemen 3	49	6	4	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
13/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
14/10/2021	Kompartemen 3	48	6	4	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
15/10/2021	Kompartemen 3	48	6	4	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
16/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
17/10/2021	Kompartemen 3	48	6	4	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
18/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
19/10/2021	Kompartemen 3	49	6	4	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
Rata –Rata Penggunaan Tawas		48 Kg				

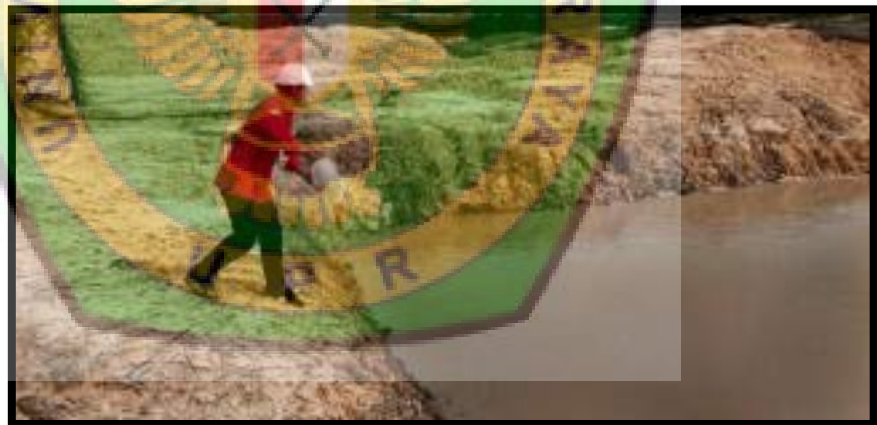
Sumber: Data lapangan, November 2021

- **Penanganan Menggunakan Kapur**

Pemberian kapur dilakukan pada kompartemen 3 setelah ± 2 jam pemberian tawas dilakukan, kapur yang digunakan yaitu seperti **Gambar 4.17**.



Gambar 4.17 Jenis kapur yang digunakan



Gambar 4.18 Proses pemberian kapur

Setelah jangka waktu tertentu pemberian kapur dilakukan pengukuran tingkat pH kembali, warna dan tingkat kekeruhan air.



Gambar 4.19 Pengukuran pH setelah pemberian kapur

Berikut data tingkat pH sebelum dan sesudah pemberian kapur, jumlah kapur yang diberikan, warna dan tingkat kekeruhan air sebagai berikut :

Tabel 4.8 Data Air Limbah Tambang Setelah Penanganan menggunakan Kapur Tohor di *Settling Pond*

Tanggal	Lokasi	Jumlah Kapur (Kg)	pH		Warna	Kekeruhan
			Sebelum	Sesudah		
06/10/2021	Kompartemen 3	25	4	7	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
07/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
08/10/2021	Kompartemen 3	22	4	6	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
09/10/2021	Kompartemen 3	23	4	6	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
10/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
11/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
12/10/2021	Kompartemen 3	22	4	6	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh

13/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
14/10/2021	Kompartemen 3	23	4	6	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
15/10/2021	Kompartemen 3	23	4	6	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
16/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
17/10/2021	Kompartemen 3	22	4	6	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
18/10/2021	Kompartemen 3	-	6	-	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
19/10/2021	Kompartemen 3	22	4	6	Abu-Abu Muda	Tidak Terlalu Keruh
Rata-Rata Penggunaan Kapur Tohor		23 Kg				

Sumber: Data Lapangan, November 2021

Untuk mendapatkan hasil uji setelah penanganan yang lebih akurat dan sesuai dengan parameter baku mutu air limbah pertambangan, maka dilakukan pengambilan sample untuk uji dilaboratorium. Berikut hasil uji laboratorium sampel air limbah tambang di *outlet settling pond* sesudah penanganan :

Tabel 4.9 Hasil Uji Laboratorium Sesudah Penanganan

No	Patrameter Uji	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji	Baku Mutu KepmenLH No.113 Tahun 2003
			P.5275 Outlet		
1	Derajat Keasaman (pH)	-	7,10	SNI 06-6989.11-2004	6-9
2	Besi (Fe) Total	mg/L	2,116	SNI 6989.4:2009	7
3	Padatan Tersuspensi Total (TSS)	mg/L	107	SNI 06-6989.3-2004	400
4	Mangan (Mn) Total	mg/L	0,053	SNI 6989.5:2009	4

Sumber: *Laboratorium Baristand Banarbaru*, November 2021

Dari hasil uji laboratorium dan hasil perhitungan pada kolam 3 *settling pond* dengan volume air sebesar 1.848.000 L (**Tabel 4.4**) dengan

penggunaan tawas sebanyak 50 kg (**Tabel 4.7**) maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Tawas gram/L} &= \frac{\text{Penggunaan Tawas}}{\text{Volume Kolam 3}} \\
 &= \frac{1.848.000 \text{ L}}{50 \text{ kg}} \\
 &= 0,0000259 \text{ kg/L atau} \\
 &= 0,0259 \text{ gram/L}
 \end{aligned}$$

Didapatkan bahwa untuk menurunkan tingkat TSS sebesar 627 mg/L (**Tabel 4.6**) menjadi 107 mg/L (**Tabel 4.9**), tingkat Fe sebesar 13,360 mg/L menjadi 2,116 mg/L dan Mn sebesar 0,152 mg/L menjadi 0,053 mg/L (**Tabel 4.6**) maka tawas yang diperlukan yaitu 0,0259 gram/liter.

Dari hasil uji laboratorium dan hasil perhitungan pada kolam 3 *settling pond* dengan volume air sebesar 1.848.000 L (**Tabel 4.4**) dengan penggunaan kapur tohor sebanyak 25 kg (**Tabel 4.8**) maka, dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Kapur Tohor gram/L} &= \frac{\text{Penggunaan Kapur Tohor}}{\text{Volume Kolam 3}} \\
 &= \frac{1.848.000 \text{ L}}{25 \text{ kg}} \\
 &= 0,0000119 \text{ kg/L atau} \\
 &= 0,0119 \text{ gram/L}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas untuk mengembalikan tingkat pH 4 (**Tabel 4.6**) menjadi 7,10 (**Tabel 4.9**) maka kapur tohor yang diperlukan yaitu 0,0119 gram/liter.

Dari serangkayan proses penanganan di atas dimulai dari proses pengendapan pada kompartemen 1 dan kompartemen 2 hingga proses penanganan menggunakan tawas dan kapur tohor pada kompartemen 3 total waktu yang dibutuhkan untuk penanganan sampai pelepasan air limbah tambang yang ada di *settling pond* ±6 jam.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Penyebab Terjadinya Air Limbah Tambang di PT. Fontana Resource Indonesia

PT. Fontana Resources Indonesia merupakan tambang batubara yang menggunakan metode penambangan terbuka. Kegiatan penambangan terbuka dicirikan oleh lahan yang terbuka akibat dari pekerjaan penambangan itu sendiri. Air yang berada di *sump* pit PT. Fontana Resources Indonesia merupakan air yang berasal dari limpasan hujan, berdasarkan pengukuran pH air di lapangan menggunakan kertas lakmus menunjukkan dalam kondisi normal yakni 6 namun berdasarkan pengamatan dilapangan air yang berada di *sump* pit yakni berwarna coklat dan keruh sehingga perlu adanya penanganan.

Berdasarkan pengamatan pada area *sump* didapat sebuah aliran air membentuk alur-alur yang kecil pada dinding atau lereng tambang, hal ini mengindikasikan bahwa adanya sebuah proses erosi oleh air

hujan. Erosi yang terjadi oleh air hujan mengakibatkan pelepasan partikel tanah dan penangkutan partikel tanah sebagai dampak dari jatuhnya butiran hujan pada permukaan tanah yang terbuka. Kondisi air yang berwarna coklat dan keruh pada *sump* PT. Fontana Resources Indonesia tidak terlepas karena adanya proses erosi partikel tanah dan batubara oleh air hujan.

1) Debit Air yang Masuk Dari Sump Ke *Settling Pond*

a) Analisis Data Curah Hujan

Dari data curah hujan yang dipakai selama 5 tahun dari tahun 2017 hingga 2021, maka diperoleh frekuensi curah hujan periode ulang 2 tahun menggunakan metode Gumbel yaitu 462.335 mm. Analisis data curah hujan dilakukan untuk mendapatkan besaran intensitas curah hujan dan debit air limpasan.

b) Debit Air Limpasan

Berdasarkan perhitungan curah hujan menggunakan metode Gumbel sebelumnya dengan rata-rata jam hujan sebesar 2,64 jam/hari sehingga didapatkan intensitas curah hujan sebesar 83,910 mm/jam yang artinya intensitas curah hujan sangat tinggi atau memiliki derajat hujan yaitu hujan sangat lebat dengan curah hujan >20 mm/jam (**Tabel 2.1**), tingkat intensitas curah hujan sangat tinggi bisa menyebabkan laju erosi semakin meningkat karena terjadi aliran dengan kecepatan yang semakin besar dan terkonsentrasi, maka tingkat partikel tanah dan batubara akan

banyak juga di area sump, bahkan kemungkinan terburuk pada lereng tambang akan menyebabkan ketidakstabilan lereng atau longsor, bahkan banjir pada area penambangan. Didapatkan nilai untuk koefisien aliran adalah 0,9, dan luas *catchment area*/daerah tangkapan hujan sebesar 0,07429 km². Maka perhitungan debit air limpasan debit air hujan rencana dalam suatu daerah tangkapan hujan yang diperkirakan akan masuk ke dalam lokasi tambang, yaitu sebesar 1,559 m³/detik .

c) Perhitungan Debit Pompa

Perhitungan debit pompa dilakukan untuk mendapatkan besarnya nilai debit pompa yang masuk ke *settling pond*, yaitu sebesar 0,0631 m³/detik.

Berdasarkan pembahasan di atas besarnya debit air limpasan dan debit pompa diperoleh selisih sebesar 1,4959 m³/detik, dari nilai selisih tersebut diasumsikan bahwa air akan meluap dari *sump* yang akan mengakibatkan banjir pada area penambangan. Hal ini tentu akan menyebabkan partikel-partikel pada area tambang terbawa masuk ke *sump* PT. Fontana Resources Indonesia, ini merupakan penyebab air limbah tambang yang ada di PT. Fontana Resources Indonesia, karena itu dibutuhkan sebuah monitoring (monitoring langsung dan monitoring berskala laboratorium berdasarkan parameter Baku Mutu Kepmen LH No.113 Tahun 2003), dan penanganan air limbah pertambangan di *settling pond*.

2) Dimensi *Settling Pond*

Perhitungan dimensi *settling pond* didapatkan dari perhitungan panjang, lebar dan kedalaman *settling pond*. Dari hasil perhitungan didapatkan luas total *settling pond* sebesar 1184 m² dengan daya tampung atau volume total *settling pond* terhadap air limbah tambang yang masuk dari *sump* yaitu sebanyak 4.736 m³.

Sketsa *settling pond* dibuat untuk mengetahui gambar visual *settling pond* pada PT. Fontana Resources Indonesia. PT. Fontana Resources Indonesia memiliki bentuk *settling pond* persegi dengan saluran yang sejajar dan memiliki 3 kompartemen.

4.2.2 Penanganan Limbah Air Pertambangan di *Settling Pond*

Penanganan air limbah tambang pada area pit PT. Fontana Resources Indonesia dilakukan dengan sistem dewatering atau mengeluarkan air yang telah masuk ke *sump* pit dengan menggunakan pompa menuju *settling pond* untuk dilakukan penanganan lanjutan.

1) Pengukuran tingkat pH, tingkat warna dan kekeruhan air limbah sebelum penanganan di *Settling Pond*

Pengukuran tingkat keasaman, tingkat warna dan kekeruhan pada air limbah tambang sebelum dilakukan penanganan penting diketahui untuk menentukan perlu atau tidaknya untuk melakukan kegiatan penanganan di *settling pond*. Berdasarkan pengukuran pH, tingkat warna dan kekeruhan *settling pond*, di dapatkan air limbah

tambang pada *settling pond* memiliki pH 6, berwarna abu-abu tua dan keruh. Tingkat pH air limbah tambang sudah masuk kedalam syarat baku mutu air limbah pertambangan batubara yang telah ditentukan yaitu 6-9, namun warna air limbah tambang yang gelap dan keruh karena adanya padatan tersuspensi pada air. Sehingga apabila air limbah tambang dilepaskan ke lingkungan dapat menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan perairan atau menurunnya kualitas air.

Pengambilan sampel air sebelum penanganan ini bertujuan sebagai monitoring kandungan air limbah tambang di *settling pond* berskala laboratorium berdasarkan parameter Baku Mutu Kepmen LH No.113 Tahun 2003. Hasil uji laboratorium sebelum penanganan menunjukkan pH air limbah tambang sebesar 6,47, Fe sebesar 13,360 mg/L, TSS sebesar 627 mg/L, dan Mn sebesar 0,152 mg/L. Berdasarkan hasil uji laboratorium tingkat TSS dan Fe yang melebihi ambang baku mutu (TSS>400 dan Fe>7). Berdasarkan data dan perhitungan di atas penyebab tingkat TSS yang melebihi ambang baku mutu merupakan tingkat curah hujan tinggi yang menyebabkan erosi sehingga terbawanya partikel-partikel tanah dan batubara yang ada di area tambang sehingga membuat tingkat padatan tersuspensi menjadi tinggi (TSS>400). Diasumsikan bahwa penyebab tingginya tingkat kandungan logam Fe pada air limbah tambang (Fe>7) dipengaruhi oleh logam Fe yang merupakan komposisi dari kandungan batubara dan korosi terhadap alat mekanis di area pertambangan yang terbawa akibat air hujan.

2) Penanganan Limbah Air Tambang di *Settling Pond* Menggunakan Tawas dan Kapur

Penanganan limbah air tambang dilakukan dengan menggunakan metode *active treatment* yaitu mencampurkan bahan koagulan (tawas) untuk menjernihkan air dan menurunkan kadar Fe dan juga menetralkan tingkat pH menggunakan kapur tohor.

- **Penanganan Menggunakan Tawas**

Pemberian tawas dilakukan dengan cara, tawas dilarutkan terlebih dahulu ke dalam sebuah wadah bersama air lalu dialirkan bersama masuknya air pada saluran antar kolam (saluran kolam 2 ke 3), hal ini bertujuan agar supaya mempercepat dan meratakan atau menyeragamkan koagulan (tawas) dalam air limbah tambang di *settling pond*.

Dari hasil perhitungan pada kolam 3 dengan volume air sebesar 1.848.000 L dengan penggunaan tawas sebanyak 50 kg didapatkan bahwa untuk menurunkan tingkat TSS sebesar 627 mg/L menjadi 107 mg/L, tingkat Fe sebesar 13,360 mg/L menjadi 2,116 mg/L dan Mn sebesar 0,152 mg/L menjadi 0,053 mg/L maka tawas yang diperlukan yaitu 0,0259 gram/liter. Hasil percobaan penanganan menggunakan tawas menunjukkan penurunan pH dari 6 menjadi 4, namun pada tingkat warna dan kecerahan mengalami perubahan yaitu warna air limbah tambang menjadi lebih muda dan tidak terlalu keruh. Hal ini

menunjukkan bahwa tawas mampu mengendapkan padatan tersuspensi, Fe dan Mn yang ada pada air limbah tambang di *settling pond*. Penggunaan tawas akan menjernihkan dan mengendapkan Fe dan Mn pada air limbah tambang tetapi akan menurunkan pH air limbah tambang menjadi lebih asam (<6).

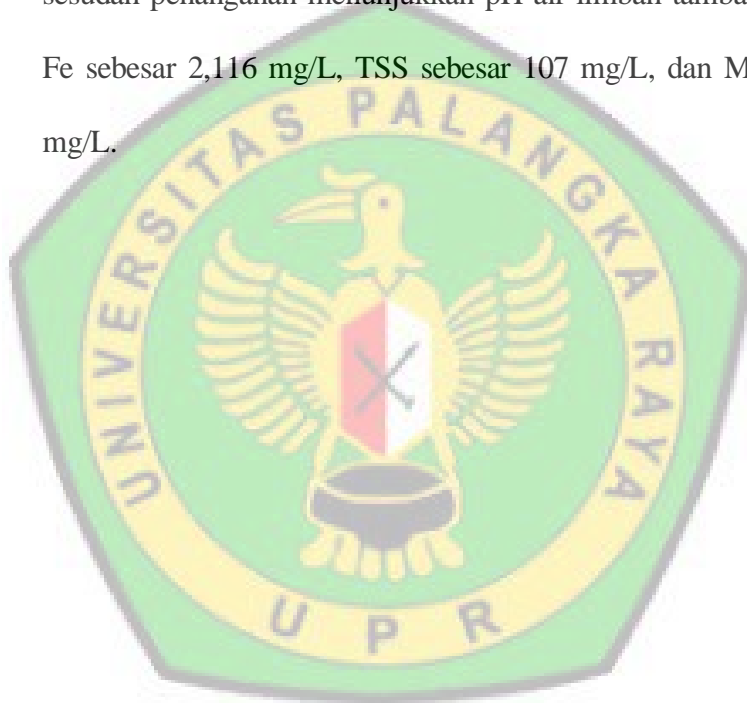
- **Penanganan Menggunakan Kapur Tohor**

Pemberian kapur tohor dilakukan dengan cara kurang lebih sama dengan pemberian tawas yaitu , kapur dilarutkan terlebih dahulu ke dalam sebuah wadah bersama air lalu air kapur tohor yang sudah dilarutkan di larutkan ke setiap sisi kolam ke 3. Pemberian kapur bertujuan untuk mengembalikan tingkat pH air limbah tambang setelah pemberian tawas dilakukan. Pemberian kapur dilakukan setelah \pm 2 jam setelah pemberian tawas dilakukan.

Dari hasil perhitungan pada kolam dengan volume air sebesar 1.848.000 L dengan penggunaan kapur tohor sebanyak 25 kg didapatkan bahwa untuk mengembalikan tingkat pH (4) memerlukan 0,0000119 kg/L atau 0,0119 gram/L kapur tohor untuk menaikkan 3 tingkat pH menjadi 7,10 atau sesuai ambang baku mutu (6-9). Pada tingkat warna dan kecerahan tidak mengalami perubahan yang signifikan, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kapur tohor efektif untuk menetralkan pH air limbah tambang sesuai dengan syarat baku mutu air limbah

penambangan batubara (6-9).

Pengambilan sampel air sesudah penanganan ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan penanganan air limbah tambang menggunakan tawas dan kapur tohor sekaligus untuk monitoring kandungan air limbah tambang di *settling pond* berskala laboratorium berdasarkan parameter Baku Mutu Kepmen LH No.113 Tahun 2003. Hasil uji laboratorium sesudah penanganan menunjukkan pH air limbah tambang sebesar 7,10, Fe sebesar 2,116 mg/L, TSS sebesar 107 mg/L, dan Mn sebesar 0,053 mg/L.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Air yang berada di *sump* PT. Fontana Resources Indonesia merupakan air yang berasal dari limpasan hujan. Berdasarkan pengamatan pada area *sump* dan perhitungan besarnya debit air limpasan, penyebab air limbang tambang yang ada di PT. Fontana Resources Indonesia merupakan terjadi karena tingkat curah hujan yang tinggi mengakibatkan proses erosi oleh air hujan sehingga terbawanya partikel-partikel tanah dan batubara serta korosi terhadap alat mekanis di area pertambangan yang ada di area tambang sehingga membuat tingkat padatan tersuspensi dan logam Fe menjadi tinggi ($TSS > 400$ dan $Fe > 7$).
2. Penanganan air limbah tambang pada area pit PT. Fontana Resources Indonesia dilakukan dengan sistem dewatering atau mengeluarkan air yang telah masuk ke *sump* pit dengan menggunakan pompa menuju *settling pond*. Penanganan limbah air tambang dilakukan dengan menggunakan metode *active treatment* yaitu mencampurkan bahan koagulan untuk menjernihkan air serta menurunkan tingkat Fe dan netralisasi pH.
 - Dari hasil perhitungan pada kolam 3 dengan volume air sebesar 1.848.000 L dengan penggunaan tawas sebanyak 50 kg didapatkan

bahwa untuk menurunkan tingkat TSS sebesar 627 mg/L menjadi 107 mg/L dan tingkat Fe sebesar 13,360 mg/L menjadi 2,116 mg/L dan Mn sebesar 0,152 mg/L menjadi 0,053 mg/L maka tawas yang diperlukan yaitu 0,0259 gram/liter.

- Dari hasil perhitungan pada kolam 3 dengan volume air sebesar 1.848.000 L dengan penggunaan kapur tohor sebanyak 25 kg didapatkan bahwa untuk mengembalikan tingkat pH (4) memerlukan 0,0119 gram/L kapur tohor untuk menaikkan 3 tingkat pH menjadi 7,10 atau sesuai ambang baku mutu (6-9).

5.2 Saran

1. Peneliti menyarankan penelitian selanjutnya untuk lebih mengoptimalkan kembali dosis tawas dan kapur tohor yang digunakan, agar mendapat hasil yang lebih efektif dan efisien.
2. Sebaiknya perusahaan menggunakan alat pH meter untuk pengecekan pH air limbah tambang agar hasil yang didapat lebih rinci dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, 2018. *Studi Pemantauan Air Limbah Cair Batubara Pada PT. XXX di Muara Teweh Kalimantan Tengah. Jukung Jurnal Teknik Lingkungan, 4 (1) : 65-71, ISSN : 2461-0437*
- Anshariah, A. (2015). Studi Pengelolaan Air Asam Tambang pada PT. Rimau Energy Mining Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Geomine, 1(1)*.
- Ferdian, I. (2020, December). Analisis Keberhasilan Penanganan Air Asam Tambang Berdasarkan Parameter pH, TSS, Fe dan Mn pada KPL AL 01 PT Bukit Asam, Tbk. In *Seminar Nasional Lahan Suboptimal* (No. 1, pp. 1080-1090).
- Gautama, Rudy Sayoga. 2019. *Air Asam Tambang*. ITB. Bandung
- Gautama, Rudy Sayoga. 2019. *Pengelolaan Air Asam Tambang di Indonesia*. ITB. Bandung
- Kiswanto, Wintah, Rahayu NL. 2020. Analisa Logam Berat (Mn, Fe, Cd) Sianida dan Nitrit Pada Air Asam Tambang Batubara, *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*
- Kiswanto, Susanto HS. 2018. Karakteristik Air Asam Batubara Di Kolam Bekas Tambang Batubara PT. Bukit Asam (PTBA), Seminar dan Konferensi Nasional IDEC 2018.
- Kurniawan, F., Hanifah, T. A., & Bali, S. (2015). *Analisis Logam (Fe, Pb), Nitrat (No₃-), dan Sulfida (S₂-) pada Limbah Tambang Batubara PT. Tri Bakti Sarimas di Desa Pangkalan Kuansing* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Larawa Ardianto & Marwan Zam Mili. (2018). Model Kolam Pengendapan (Settling pond) untuk Mengatasi Padatan Tersuspensi pada Pengelolaan IPAL Kegiatan Penambangan. *Jurnal. Universitas Halu Oleo*.
- Maha Putra, Novi, dkk. 2017. *Evaluasi Pengeolaan Limbah Cair Batubara di Stockpile PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Unit Dermaga Kertapati. JP, Vol. 1 No.3, ISSN 2549-1008*.
- Pemerintah Indonesia. 2003. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara*. Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Rahma, C., & Niani, C. R. (2021). Penggunaan Tawas (Al₂ (SO₄)₃) dalam Menurunkan Kadar Total Suspended Solid Air Limbah Batubara. *Jurnal Optimalisasi, 7(1)*, 60-70.
- Utamakno, L., Budiarto, B., & Tinungki, S. R. P. (2020, July). Rancangan pemodelan settling pond pada daerah imkasu di pt. gag nikel, pulau gag, kabupaten raja ampat, papua barat. In *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan* (Vol. 2, No. 1, pp. 95-104).
- Womal AM. 2019. Studi Penanganan Air Asam Tambang Dengan Metode Aktif (Active Treatment) Pada PT Bukit Asam, Tbk (Studi Kasus KPL Saluran ALP IUP Tambang Air Laya), 2019