

YAYASAN PENDIDIKAN DAYANG SUMBI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

Jl. PHH Mustapa 23, Bandung 40124 Indonesia, Telepon: +62-22-7272215 ext 157, Fax:022-720 2892
Web site: <http://www.itenas.ac.id>, e-mail: lpp@itenas.ac.id

SURAT KETERANGAN
MELAKUKAN KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
379/A.01/TL-FTSP/Itenas/VIII/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.
Jabatan : Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Itenas
NPP : 40909

Menerangkan bahwa,

Nama : Rachel Devina Shallom Kalua
NRP : 252019081
Email : rachelkalua10@gmail.com

Telah melakukan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat sebagai berikut:

Nama Kegiatan : Pengelolaan Kegiatan Penimbunan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (*Tailing*) Pada Bendungan *Tailing* PT. X
Tempat : Tapanuli Selatan, Sumatera Utara
Waktu : 1 Juli 2022 – 30 Juli 2022
Sumber Dana : Instansi Perusahaan

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 27 November 2023

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan
Itenas,

(Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.)
NPP. 40909

**PENGELOLAAN KEGIATAN PENIMBUNAN
LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN
(TAILING) PADA BENDUNGAN TAILING PT X**

KERJA PRAKTIK



Oleh:

RACHEL DEVINA SHALLOM KALUA

252019081

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG
2022**

LEMBAR PENGESAHAN**LAPORAN PRAKTIK KERJA****PENGELOLAAN KEGIATAN PENIMBUNAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN
BERACUN (TAILING) PADA BENDUNGAN TAILING PT X**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Mata Kuliah Kerja Praktik (TLA-490) Pada
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Bandung

Disusun Oleh:
Rachel Devina Shallom Kalua
25-2019-081
Bandung, 06 Februari 2023
Semester Ganjil 2022/2023

Mengetahui/Menyetujui

Dosen Pembimbing



Dr. Eng. Candra Nugraha, S.T.

NIDN/NIDK: 0428107506

Koordinator Kerja Praktik



Mila Dirgawati, S.T., M.T., Ph.D.

NIDN/NIDK: 0409058001

Ketua Program Studi



Dr. M. Ranga Sururi, S.T., M.T.

NIDN/NIDK: 0403047803

KATA PENGANTAR

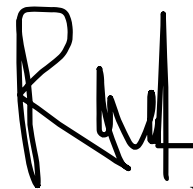
Salam sejahtera. Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa karena penyertaan dan berkat-Nya, sehingga Laporan Praktik Kerja dengan judul Pengelolaan Kegiatan Penimbunan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (*Tailing*) Pada Bendungan *Tailing* PT X dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Diri sendiri yang sudah berusaha semaksimal mungkin untuk mengerjakan laporan Praktik Kerja ini.
2. Orang tua serta seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan serta doa dalam pembuatan laporan ini baik dalam dukungan moril maupun material.
3. Bapak Dr. Eng. Mokhamad Candra Nugraha Deni, S.T., selaku dosen pembimbing kerja praktik yang sudah banyak membantu selama kerja praktik berlangsung dan dalam pembuatan laporan ini.
4. Ibu Mila Dirgawati, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, ilmu, dan arahan dalam melengkapi laporan ini.
5. Bapak, Ibu, Kakak, dan Abang dari *Environment Department*, *Mining Department*, *TSF Department*, *Processing Department*, dan *TMF Department* yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
6. Teman – teman dari penulis yaitu Blessy, Claudya, dan Thalia yang sudah banyak membantu dalam pembuatan laporan ini.
7. Teman – teman Teknik Lingkungan angkatan 2019 yang sudah banyak membantu dalam pembuatan laporan ini terutama Nabila, Nila, Rezi, Shelvy, Syifa, Zannuba, dan Alnisa.
8. Teman – teman dari penulis yaitu Riza, Ella, dan Teh Asyifa yang selalu memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan laporan ini

9. Pihak lain yang tidak disebutkan, tetapi telah membantu dalam pembuatan tugas ini.

Akhir kata penulis berharap walaupun kiranya laporan ini jauh dari kata sempurna, tetapi dapat bermanfaat bagi penulis dan siapapun yang membacanya. Untuk itu demi perbaikan kedepannya, semua saran dan kritik dari siapapun yang sudah membaca laporan ini akan penulis terima dengan senang hati. Terima kasih.

Bandung, 15 Desember 2022



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.3 Ruang Lingkup.....	3
1.4 Tahapan Pelaksanaan Praktik Kerja.....	3
1.5 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	5
1.6 Sistematika Pembahasan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).....	8
2.2 Pengelolaan Penimbunan Limbah B3	9
2.3 Industri Pertambangan	11
2.4 Limbah Tambang (<i>Tailing</i>).....	12
2.4.1 Definisi.....	12
2.4.2 Sifat <i>Tailing</i>	13
2.4.3 Karakteristik <i>Tailing</i>	15
2.5 Pengelolaan <i>Tailing</i>	15
2.5.1 Pengeringan dan Pengentalan <i>Tailing</i>	15
2.5.2 Metode Pembuangan <i>Tailing</i>	17
2.5.2.1 Pembuangan Lumpur <i>Tailing</i>	17
2.5.2.2 Pembuangan <i>Tailing</i> Kental dan Pasta.....	18
2.5.2.3 Susun Kering.....	19
2.5.2.4 Pembuangan Gabungan Limbah Butiran Kasar dan <i>Tailing</i> . 21	21
2.5.2.5 Pembuangan Limbah Kasar dan <i>Tailing</i> Yang Terpadu	21
2.5.3 Transportasi <i>Tailing</i>	22

2.5.4 Jenis – jenis fasilitas penyimpanan permukaan	24
2.5.5 Penyimpanan <i>Tailing</i> di Dalam <i>Pit</i>	24
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	26
3.1 Proses Produksi dan Sumber <i>Tailing</i>	26
3.2 Pengelolaan Limbah <i>Tailing</i>	34
3.2.1 Pengurangan Kadar Zat Pencemar	35
3.2.2 Pengujian Limbah B3.....	41
3.2.3 Penimbunan Limbah B3.....	44
3.2.4 Pengelolaan Air Lindi	48
3.2.5 Pemeriksaan Fasilitas Dam <i>Tailing</i>	61
3.2.6 Penanggulangan Ketidakstabilan dan Kebocoran Fasilitas TSF.....	72
3.2.7 Pencatatan Kegiatan Penimbunan Limbah B3	78
3.2.8 Pelaporan Tata Kelola Kegiatan Penimbunan Limbah B3	89
3.2.9 Penutupan Fasilitas Dam <i>Tailing</i>	89
3.2.10 Penanganan Kondisi Darurat.....	90
3.3 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Penimbunan <i>Tailing</i>	93
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	96
4.1 Kesimpulan	96
4.2 Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Metodologi Kerja Praktik.....	4
Gambar 2. 1 Tren Dalam Pengentalan, Penyaringan dan Pembuangan Tailing	17
Gambar 2. 2 Tailing Susun Kering Dan Saringan Diangkut Dengan Konveyor dan Dipadatkan Oleh Buldoser	20
Gambar 2. 3 Rangkaian Kesatuan (Continum) Tailing	23
Gambar 3. 1 Lokasi Stockpile	27
Gambar 3. 2 SAG Mill dan Ball Mill	28
Gambar 3. 3 Kayu Sisa dari Trash Screen	29
Gambar 3. 4 Pipa OSR Hyperjet PT X	30
Gambar 3. 5 Alarm Pendeteksi Gas HCN	30
Gambar 3. 6 Pipa Penyaluran.....	34
Gambar 3. 7 Tata Cara Detoksifikasi	37
Gambar 3. 8 Penggunaan SMBS	40
Gambar 3. 9 Penggunaan Cyanide	41
Gambar 3. 10 Struktur Bendungan TSF	46
Gambar 3. 11 Metode Enkapsulasi	47
Gambar 3. 12 Penyaluran Menggunakan Spigot	48
Gambar 3. 13 Diagram Alir WPP	53
Gambar 3. 14 Flokulan Mixing Tank.....	55
Gambar 3. 15 Tangki WPP	55
Gambar 3. 16 Pembacaan pH di WPP	56
Gambar 3. 17 Mercury Presipitant	56
Gambar 3. 18 Pipa Penyaluran Lime.....	57
Gambar 3. 19 Clarifier	57
Gambar 3. 20 Sumur Pantau di PT X (DGW 7)	61
Gambar 3. 21 Pengambilan Sampel Air Tanah di DGW 10	62

Gambar 3. 22 Surface Monitoring Report.....	73
Gambar 3. 23 Vibrating Wire Piezometer (VWP) Data Monitoring	74
Gambar 3. 24 Neraca Pengolahan Limbah B3.....	88
Gambar 3. 25 SOP Tanggap Darurat Bagian 1	91
Gambar 3. 26 SOP Tanggap Darurat Bagian 2	92

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jadwal Kegiatan Praktik Kerja	6
Tabel 2. 1 Konsentrasi Lumpur Dan Pasta Padat Untuk Berbagai Jenis Tailing	14
Tabel 2. 2 Teknologi Pengentalan Yang Biasa Diterapkan.....	18
Tabel 2. 3 Hubungan Yang Biasa Antara Konsistensi Penempatan Dan Sudut Rata-Rata Pantai.....	19
Tabel 3. 1 Data Harian WAD CN dan pH	38
Tabel 3. 2 Data Harian WAD CN dan pH (Lanjutan)	39
Tabel 3. 3 Hasil Uji Tailing.....	41
Tabel 3. 4 Kualitas Air Lindi	50
Tabel 3. 5 Kualitas Air Lindi (Lanjutan).....	51
Tabel 3. 6 Debit Air di Outlet WPP Jan – Dec	59
Tabel 3. 7 Debit Air di Outlet WPP Jan – Dec (Lanjutan)	60
Tabel 3. 8 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan I 2021 (Januari – Maret)	64
Tabel 3. 9 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan I 2021 (Januari – Maret) (Lanjutan)	65
Tabel 3. 10 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan II 2021 (April - Juni)	66
Tabel 3. 11 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan II 2021 (April - Juni) (Lanjutan)	67
Tabel 3. 12 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan III 2021 (Juli - September).....	68
Tabel 3. 13 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan III 2021 (Juli - September) (Lanjutan)	69
Tabel 3. 14 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan IV 2021 (Oktober - Desember)	70

Tabel 3. 15 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan IV 2021 (Oktober - Desember) (Lanjutan).....	71
Tabel 3. 16 Analisa Data Vibrating Wire Piezometer (VWP) Oktober – Desember 2021.....	75
Tabel 3. 17 Analisa Data Vibrating Wire Piezometer (VWP) Oktober – Desember 2021 (Lanjutan)	76
Tabel 3. 18 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021.....	79
Tabel 3. 19 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)	80
Tabel 3. 20 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)	81
Tabel 3. 21 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)	82
Tabel 3. 22 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)	83
Tabel 3. 23 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)	84
Tabel 3. 24 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)	85
Tabel 3. 25 Neraca Limbah B3 Tailing 2021 Dalam Satuan Berat (Ton).....	86
Tabel 3. 26 Neraca Limbah B3 Tailing 2021 Dalam Satuan Volume (m3)....	87
Tabel 3. 27 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Penimbunan <i>Tailing</i>	94
Tabel 3. 28 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Penimbunan <i>Tailing</i> (Lanjutan)	95

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah bahan berbahaya dan beracun atau disebut juga limbah B3 didefinisikan sebagai sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3. Limbah B3 biasanya dihasilkan oleh industri, terutama yang bergerak di bidang pertambangan mineral dan batubara. PT X adalah sebuah perseroan terbatas yang bergerak di bidang industri pertambangan emas. Dalam industri ini, limbah B3 yang dihasilkan dari proses pengolahan biji emas disebut *Tailing*.

Tailing yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan ini dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 dengan kode limbah B416 dan kategori bahaya 2. Keberadaan *Tailing* dalam dunia pertambangan dalam jumlah yang besar tidak bisa dihindari, dikarenakan dari penggalian atau penambangan yang dilakukan, sangat kecil persentase bijih yang menjadi produk, sementara sisanya menjadi *tailing* (Purnama, 2016). Oleh karena itu, jika *tailing* tidak dikelola dengan baik, akan mengakibatkan dampak negatif bagi lingkungan dan kerugian bagi makhluk hidup. Maka, diperlukan pengelolaan lingkungan yang benar termasuk seperti penimbunan *tailing* di PT X yaitu dengan menempatkan *tailing* secara khusus ke dalam kolam *tailing* yang disebut juga dengan *Tailing Storage Facility (TSF)*.

Bendungan *tailing* atau *Tailing Storage Facility (TSF)* adalah salah satu fasilitas vital dalam proses pertambangan di PT X membangun TSF yang berfungsi sebagai fasilitas penimbunan *tailing* yang berasal dari sisa proses pengolahan bijih emas. TSF ini dirancang untuk menghalangi rembesan yaitu *impermeable* agar *tailing* tidak merembes melalui dinding bendungan. Selain manajemen pengolahan *tailing*, PT X mengelola batuan penutup (*overburden*). Material *overburden* akan diangkut

oleh *Articulated Dump Truck* (ADT) menuju bendungan TSF sesuai dengan tingkatannya, untuk selanjutnya ditempatkan sesuai dengan spesifikasi dan *typical section desain* AMD (PT X, 2020).

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari praktik kerja yang dilaksanakan pada PT X dapat dijabarkan dalam 2 poin berikut.

Maksud dari praktik kerja ini adalah:

1. Mengevaluasi pengelolaan kegiatan penimbunan limbah B3 (*tailing*) di bendungan *tailing* PT X.

Tujuan dari praktik kerja ini adalah:

1. Mengidentifikasi kegiatan pertambangan di PT X sebelum masuk ke tahap proses pengolahan bijih.
2. Mengidentifikasi proses pengolahan bijih yang menghasilkan limbah B3 (*tailing*).
3. Mengevaluasi kegiatan penimbunan *tailing* pada TSF di PT X.
4. Menganalisis daya tahan bendungan atau *Tailing Storage Facility* (TSF).
5. Mengidentifikasi kondisi gawat darurat yang mungkin terjadi akibat dari penimbunan *tailing* di TSF.
6. Memberikan rekomendasi pengelolaan *tailing* yang dibiarkan terbuka dalam *Tailing Storage Facility* dan pengelolaan *waste material* sebagai bahan pembangunan *Tailing Storage Facility*.

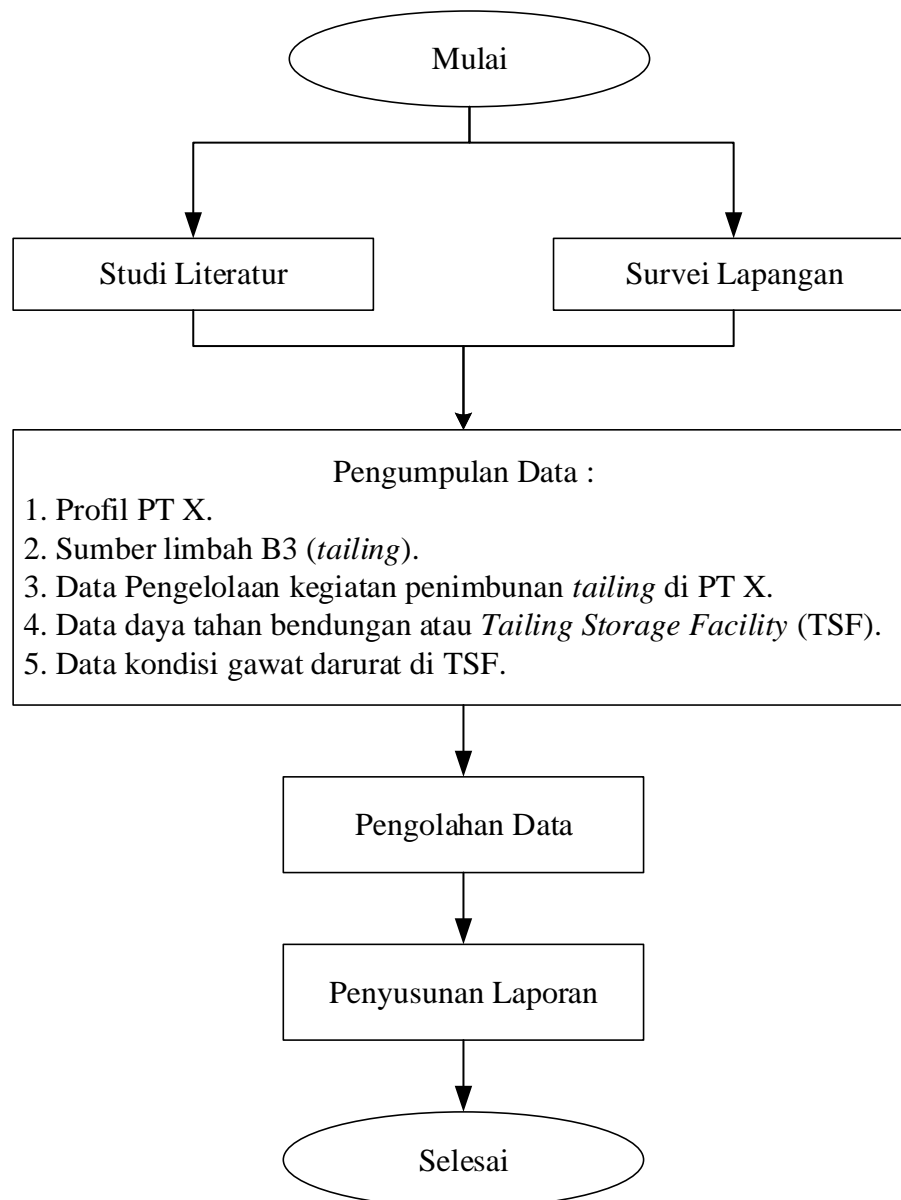
1.3 Ruang Lingkup

Laporan praktik kerja ini membatasi pembahasan mengenai:

1. Lokasi PT X dengan waktu pelaksanaan praktik kerja dari tanggal 1 juli sampai dengan 30 juli 2022.
2. Limbah B3 (*tailing*) yang dihasilkan dari proses pengolahan bijih di PT X.
3. Penimbunan limbah B3 (*tailing*) ke *Tailing Storage Facility* (TSF).
4. Daya tahan bendungan dan kondisi gawat darurat dari *Tailing Storage Facility*.

1.4 Tahapan Pelaksanaan Praktik Kerja

Tahapan pelaksanaan dalam praktik kerja di PT X dapat dilihat pada **Gambar 1.1**:



Gambar 1. 1 Metodologi Kerja Praktik

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Penjelasan untuk tahapan-tahapan pelaksanaan praktik kerja yang dilakukan adalah:

1. Studi Literatur

Studi literatur adalah kegiatan untuk mencari sumber-sumber pustaka tentang beberapa hal yang berkaitan dengan topik yang akan diteliti. Adapun pustaka

yang digunakan dalam berasal dari buku, jurnal, instansi, dan peraturan dalam industri terkait.

2. Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan dengan mengamati secara langsung untuk mengetahui kondisi eksisting dari lokasi penelitian.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam pembuatan laporan. Pengumpulan data berdasarkan cara memperolehnya dibedakan menjadi dua yaitu:

- Data Primer

Data primer yang diperlukan dalam pelaksanaan praktik kerja ini diperoleh dengan cara observasi langsung di lapangan terkait proses pengolahan bijih sebelum menjadi *tailing*, pengelolaan *tailing* sebelum masuk ke TSF, sampling di lapangan, dan dokumentasi.

- Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapat dari dokumen yang tersedia di instansi terkait seperti profil perusahaan, proses produksi, dan pengelolaan kegiatan penimbunan sebelum *tailing* masuk ke TSF.

4. Pengolahan Data

Dalam kegiatan ini, data yang sudah diperoleh akan diolah sesuai dengan kebutuhan dalam penyusunan laporan.

5. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan tahap terakhir dalam pelaksanaan praktik kerja.

1.5 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Lokasi praktik kerja bertempat di PT X dan praktik kerja ini dilaksanakan dari tanggal 1 juli 2022 sampai 30 juli 2022. Dengan *timeline* pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1. 1 Jadwal Kegiatan Praktik Kerja

Jadwal Kegiatan Praktik Kerja																														
Jenis Kegiatan	Tanggal																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pengenalan di Environment Department	█	█		█			█			█																				
Orientasi Lapangan - Sampling Air Lindi TSF			█																											
Orientasi Lapangan - Monitoring (Daily Monitoring Sampling Point)					█	█																								
Orientasi Lapangan - Rehabilitasi (Nursery dan Reclamation Area)								█	█																					
Pengenalan di Mining Department											█	█	█																	
Orientasi Lapangan - Short Term Mine Plan											█	█	█																	
Environment Department														█	█															
Pengenalan di Metallurgy Department																█														
Orientasi Lapangan - Processing Plant dan WPP																█														
Environment Department - LB3 dan Reporting																	█	█	█	█										
Orientasi Lapangan - Inspeksi Limbah B3																						█								
Pengenalan di TSF Department																							█							
Orientasi Lapangan - TSF																							█							
Pengenalan di TMF Department																								█						
Orientasi Lapangan - TMF																								█						
Penyusunan Laporan																									█	█	█	█	█	
Presentasi																														█
Laporan																														█
Selesai																														█

Sumber: Hasil Analisis, 2022

1.6 Sistematika Pembahasan

Laporan kerja praktik ini terdiri dari 5 (lima) bab, yaitu:

Bab I Pendahuluan

Berisi penjelasan secara umum mengenai latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup, tahapan pelaksanaan praktik kerja, tempat dan waktu pelaksanaan, dan sistematika laporan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Berisi penjelasan mengenai teori yang berkaitan dengan topik yang akan dibahas. Adapun Pustaka yang digunakan dapat berasal dari buku, jurnal, instansi, dan landasan peraturan.

Bab III Gambaran Umum Perusahaan

Berisi penjelasan mengenai profil dan sejarah dari perusahaan, visi misi dan nilai-nilai inti perusahaan, struktur organisasi perusahaan, proses dan aktivitas produksi, dan landasan peraturan.

Bab IV Analisis dan Pembahasan

Berisi analisis dan pembahasan dari data yang sudah dikumpulkan dan akan diolah sesuai dengan kebutuhan dalam penyusunan laporan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dan saran dari praktik kerja yang sudah dilaksanakan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah bahan berbahaya dan beracun atau disebut juga limbah B3 didefinisikan sebagai sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3. B3 atau Bahan Berbahaya dan Beracun adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup dan kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Pada umumnya limbah B3 mengandung logam berat dan zat kimia berbahaya seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), cadmium (Cd), kromium (Cr) dan nikel (Ni), pestisida, sianida, sulfida, fenol dan lain-lain (PP RI No. 22, 2021).

Penetapan limbah B3 dibedakan berdasarkan beberapa kategori sebagai berikut (PP RI No. 22, 2021):

1. Berdasarkan kategori bahaya
 - a. Kategori 1 dimana limbah B3 berdampak akut dan langsung terhadap manusia.
 - b. Kategori 2 dimana limbah memiliki efek tunda dan tidak berdampak langsung terhadap manusia.
2. Berdasarkan sumbernya
 - a. Sumber tidak spesifik diantaranya adalah pelarut terhalogenasi, asam basa, pelarut tidak terhalogenasi, pelumas bekas, limbah minyak disel industri, fiber, asbes, dll.
 - b. Sumber spesifik diantaranya berasal dari industri baik dari sisa bahan baku, buangan laboratorium, katalis, dll.

- c. Limbah B3 dari B3 kadaluarsa, B3 yang tumpah, B3 yang tidak memenuhi spesifikasi produk yang akan dibuang, dan bekas kemasan B3.
3. Berdasarkan karakteristiknya
- a. Mudah meledak (*explosive* – E)
 - b. Mudah menyala (*ignitable* – I)
 - c. Reaktif (*reactive* – R)
 - d. Infeksius (*infectious* – X)
 - e. Korosif (*corrosive* – C)
 - f. Beracun (*toxic* – T)

2.2 Pengelolaan Penimbunan Limbah B3

Pengelolaan limbah B3 bisa dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan penimbunan limbah B3. Akan tetapi, penimbunan yang dilakukan tidak asal menimbun. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021, apabila tidak mampu melakukan sendiri, penimbunan limbah B3 diserahkan kepada penimbun limbah B3. Untuk melakukan penimbunan limbah B3 diperlukan izin pengelolaan limbah B3 untuk kegiatan penimbunan limbah B3. Penimbunan limbah B3 dapat dilakukan pada fasilitas penimbunan limbah B3 berupa (PP RI No. 22, 2021):

1. Penimbunan akhir kelas I, kelas II, dan kelas III.
2. Sumur injeksi
3. Penempatan kembali di area bekas tambang
4. Dam tailing
5. Fasilitas Penimbunan Limbah B3 lain sesuai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Lokasi Penimbunan Limbah B3 harus memenuhi persyaratan yang meliputi (PP RI No. 22, 2021):

1. Bebas banjir;
2. Permeabilitas tanah (tidak berlaku untuk sumur injeksi; penempatan kembali di area bekas tambang; dam tailing; fasilitas Penimbunan Limbah B3 lain sesuai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi);

3. Permeabilitas tanah yang memiliki nilai paling banyak 10⁻⁷ cm/detik (sepuluh pangkat minus tujuh sentimeter per detik), untuk fasilitas penimbunan akhir Limbah B3 kelas I dan kelas II;
4. Permeabilitas tanah yang memiliki nilai paling banyak 10⁻⁵ cm/detik (sepuluh pangkat minus lima sentimeter per detik), untuk fasilitas penimbunan akhir Limbah B3 kelas III;
5. Merupakan daerah yang secara geologis aman, stabil, tidak rawan bencana, dan di luar kawasan lindung; dan
6. Tidak merupakan daerah resapan air tanah, terutama yang digunakan untuk air minum.

Fasilitas penimbunan limbah B3 harus memenuhi persyaratan yang meliputi (PP RI No. 22, 2021):

1. Desain fasilitas;
2. Memiliki sistem pelapis yang dilengkapi dengan saluran untuk pengaturan aliran air permukaan; pengumpulan air lindi dan pengolahannya; sumur pantau; dan lapisan penutup akhir; (tidak berlaku untuk fasilitas Penimbunan Limbah B3 berupa sumur injeksi dan/atau penempatan kembali di area bekas tambang);
3. Memiliki peralatan pendukung Penimbunan Limbah B3 yang paling sedikit terdiri atas peralatan dan perlengkapan untuk mengatasi keadaan darurat, alat angkut untuk Penimbunan Limbah B3; dan alat pelindung dan keselamatan diri;
4. Memiliki rencana Penimbunan Limbah B3, penutupan, dan pasca penutupan fasilitas Penimbunan Limbah B3.

Untuk memperoleh izin Pengelolaan Limbah B3 untuk kegiatan Penimbunan Limbah B3 harus mengajukan permohonan izin secara tertulis kepada Menteri. Permohonan izin Pengelolaan Limbah B3 untuk kegiatan Penimbunan Limbah B3 dilengkapi dengan persyaratan yang meliputi (PP RI No. 22, 2021):

1. Salinan izin lingkungan;
2. Identitas pemohon;
3. Akta pendirian badan hukum;

4. Dokumen mengenai nama, sumber, karakteristik, dan jumlah limbah b3 yang akan ditimbun;
5. Dokumen mengenai tempat penyimpanan limbah b3 sesuai dengan ketentuan;
6. Dokumen mengenai pengemasan limbah b3 sesuai dengan ketentuan (Tidak berlaku untuk permohonan izin Pengelolaan Limbah B3 untuk kegiatan Pengolahan Limbah B3 kategori 2 dari sumber spesifik khusus);
7. Dokumen mengenai lokasi dan fasilitas Penimbunan Limbah B3 sesuai dengan ketentuan;
8. Dokumen mengenai desain, teknologi, metode, proses Penimbunan Limbah B3;
9. Prosedur Penimbunan Limbah B3;
10. Bukti kepemilikan atas dana Penanggulangan Pencemaran Lingkungan Hidup dan/atau Kerusakan Lingkungan Hidup dan dana penjaminan Pemulihan Fungsi Lingkungan Hidup; dan
11. Dokumen lain sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

2.3 Industri Pertambangan

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 yang dimaksud dengan pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan/atau pemurnian atau pengembangan dan/atau pemanfaatan, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang (UU No.3, 2020).

Pertambangan secara umum menimbulkan pencemaran baik pada tanah maupun lingkungannya, dan pertambangan rakyat sering tidak diikuti dengan rehabilitasi lahan pasca tambang. Besarnya manfaat ekonomi dari eksploitasi emas tersebut tidak akan dapat menutupi dampak negatif yang ditimbulkan bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat sekitarnya jika tidak dikelola dengan baik. Proses penambangan dan ekstraksi mineral terutama emas yang menggunakan berbagai bahan kimia terutama Merkuri (Hg) dan Sianida (CN) dapat merusak lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan penambang dan juga makhluk hidup lainnya (Ainun,

Aiyen, dan Samudin, 2013). Penambangan dekat permukaan tanah (dimana *strip mining*/penambangan terbuka merupakan salah satu bentuknya) adalah proses pemindahan timbunan tanah penutup (*cover burden*) seperti *topsoil*, *subsoil*, batuan, dan lainnya yang didalamnya terdapat simpanan mineral yang dapat dipindahkan (Maryani, 2007).

Salah satu proses produksi emas dan perak dalam industri pertambangan adalah dengan ekstraksi emas dan perak dalam bentuk *dore bullion* dengan cara *leaching* atau pelarutan menggunakan sianida. Sebagai contoh pada PT X, *plant* di PT X menerapkan prinsip *atmospheric agitation leaching* yaitu pelindian pada tekanan atmosfer dengan menggunakan agitator untuk mempercepat laju pelindian. Sebelum dilindi material dikominusi terlebih dahulu dengan *crushing* dan *grinding* yang bertujuan untuk menghaluskan bijih sehingga luas permukaan menjadi lebih besar. Material yang telah direduksi ukurannya kemudian ditransfer dalam bentuk *slurry* ke tangki *leaching* dimana emas dan logam-logam lainnya akan dilarutkan dan membentuk kompleks dengan sianida. Pelarutan berlangsung efektif dengan penambahan oksigen terlarut untuk mengoksidasi Au menjadi Au^+ yang kemudian diikat oleh sianida membentuk ikatan aurosianid $[Au(CN)_2]^-$. Oksigen bersumber dari udara, oksigen murni, atau H_2O_2 . Emas yang sudah terlarut kemudian diadsorb oleh *carbon* aktif (PT X, 2022).

2.4 Limbah Tambang (*Tailing*)

Tailing adalah salah satu jenis limbah yang dihasilkan oleh industri pertambangan sebagai limbah sisa dari proses ekstraksi bijih. Penjelasan mengenai *tailing* akan dijelaskan dalam beberapa subbab berikut.

2.4.1 Definisi

Tailing adalah kombinasi dari butiran halus (biasanya berukuran endapan dalam kisaran 0,001-0,6 mm) bahan padat yang tersisa setelah logam mulia dan mineral telah diekstraksi dari bijih yang ditambang, bersama-sama dengan air yang digunakan dalam proses pemulihan. Karakteristik fisik dan kimiawi *tailing*

bervariasi dengan sifat bijih dan metode pengolahan. Pengelolaan *tailing* merupakan masalah pengelolaan proses limbah mineral.

Tailing dapat disimpan dalam berbagai cara, tergantung pada sifat fisik dan kimiawi, lokasi topografi, kondisi iklim, peraturan dan kendala lingkungan, dan konteks sosial ekonomi di mana operasi tambang dan pabrik pengolahan berada. *Tailing* paling sering diangkut dalam bentuk lumpur (*slurry*) ke permukaan fasilitas penyimpanan, yang dapat menempati hingga setengah daerah gangguan pada operasi pertambangan. *Tailing* juga dapat disimpan dalam pit dan lahan limbah terpadu (DMP, 2013).

2.4.2 Sifat *Tailing*

Tailing umumnya tidak mudah meledak, tidak menyala, tidak reaktif, tidak infeksius dan tidak korosif tetapi beracun (Nugraha, 2019).

Adapun karakteristik dari *tailing* adalah sebagai berikut:

1. Kekentalan

Saat limbah cair keluar dari titik buang pengolahan, *tailing* berbentuk cairan kental (*slurry*) yang diatur kekentalannya dengan perbandingan antara cairan dan padatan tertentu, supaya penyaluran *tailing* ke tempat penampungan (kolam *tailing* atau laut) lebih mudah, baik dengan sistem gravitasi atau dengan bantuan pompa. Berbagai cara yang dapat dilakukan dalam penyaluran *tailing* dan atau limbah adalah membuat puritan/saluran atau melalui pipa. Untuk pelaksanaan penyaluran *tailing* tersebut agar dapat berjalan dengan lancar, maka kekentalan *tailing* harus dipertimbangkan untuk mencegah terjadinya penyumbatan saluran pipa (Nugraha, 2019).

Konsentrasi padatan pada *tailing* bervariasi karena distribusi ukuran partikel, kandungan mineral, bentuk partikel, mineralogi, gaya elektrostatik dan flokulan dosis bervariasi (DMP, 2013). Konsentrasi lumpur dan pasta padat (rasio massa padat ke massa padat ditambah air) khas untuk berbagai jenis *tailing* dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Konsentrasi Lumpur Dan Pasta Padat Untuk Berbagai Jenis Tailing

Jenis – Jenis Tailing	Pasokan % Padat	Pasta % Padat
Lumpur bauksit merah	25	45
Tailing metal dasar	40	75
Tailing batubara	25-30	-
Tailing emas	45	72
Lendiran pasir mineral	15	24
Tailing nikel	35	45 sampai dengan 55

Sumber: Williams & Williams, 2004

Apabila tailing terlalu kental, maka proses pengendapan material tailing menjadi lebih sulit. Kegiatan penyaluran tailing umumnya menggunakan pipa atau puritan, sedangkan tailing dari detoksifikasi berbentuk lumpur dengan kandungan padatan antara 20%-45% dengan berat jenis rata-rata 2,6 (Nugraha, 2019).

2. Ukuran Butiran

Yang dimaksud ukuran butiran adalah ukuran partikel *tailing* yang berpengaruh terhadap cepat atau lambatnya partikel tersebut mengendap pada suatu media pengendapan (kolam *tailing*). Kecepatan pengendapan juga dipengaruhi berat jenis partikel yang bersangkutan, dibandingkan dengan berat jenis media pengendapannya. Dengan demikian dalam media pengendapan yang sama, semakin halus ukuran butiran dan semakin kecil berat jenis partikel, maka semakin lama waktu yang diperlukan untuk pengendapannya. Demikian juga sebaliknya, semakin besar ukuran butiran dan berat jenis partikel, maka semakin cepat partikel tersebut dalam pengendapannya (Nugraha, 2019).

3. Derajat Keasaman

Derajat keasaman pada tailing terjadi akibat reaksi antara senyawa mineral sulfida dalam tailing dengan oksigen, atau hasil pengkondisian dalam proses pengolahan bahan galian, sehingga tailing dan atau limbah yang keluar memiliki derajat keasaman yang hampir sama. Derajat keasaman ini dapat mempengaruhi kelarutan logam-logam berat dari batuan yang kemudian mempengaruhi kualitas fase cair dari *tailing* (*supernatant*) (Nugraha, 2019).

4. Senyawa Kimia dan Logam Berat

Kandungan kimia di dalam unsur logam berat pada *tailing* dapat berasal dari kondisi awal (*insitu*) dan dari material batuan induk serta penambahan reagen dalam proses pengolahan/pemurnian, sehingga sebagian dari senyawa atau unsur logam berat tersebut masih terkandung dalam *tailing* (Ditjen Minerba, 2006).

2.4.3 Karakteristik *Tailing*

Tailing umumnya memiliki komposisi sekitar 50 % lumpur batuan dan 50 % air, berbentuk lumpur (*slurry*) dengan sekitar 45 -55 % padatan (% berat) dan densitas kurang lebih $1,336 \text{ kg/m}^3$ pada suhu 40°C sampai 50°C . Padatan *tailing* terdiri dari partikel-partikel yang sangat halus, lebih dari 93 persen partikel tersebut akan berukuran lebih halus dari 74 mikron. Penggunaan Natrium hidroksida dan Natrium sianida pekat digunakan untuk memisahkan emas yang melekat pada karbon aktif (elektroda). Proses ini dilakukan untuk mendestruksi sianida dan logam berat. Walaupun proses detoksifikasi telah dilakukan, ternyata *tailing* yang dibuang umumnya masih mengandung sejumlah logam berat/berbahaya (Hg, Mn, As, Zn) dan sianida (CN). Diketahui dan dimengerti bahwa limbah *tailing* ini sangat berbahaya bagi kesinambungan eksploitasi sumberdaya alam dan kelestarian fungsi lingkungan hidup, maupun bagi kesehatan masyarakat (Susilawaty, 2013).

2.5 Pengelolaan *Tailing*

Pengelolaan *tailing* meliputi pengelolaan limbah B3 sisa proses penyesihan mineral sejak dari pabrik hingga tempat penimbunan. Secara teknis, penimbunan *tailing* dapat dilakukan dalam berbagai cara, tergantung pada sifat fisik dan kimiawi, lokasi topografi, kondisi iklim, peraturan dan kendala lingkungan, dan konteks sosial ekonomi di mana operasi tambang dan pabrik pengolahan berada (Nugraha, 2019).

2.5.1 Pengeringan dan Pengentalan *Tailing*

Karena konsentrasi padatan sangat bervariasi dari *tailing* lumpur, kental dan pasta dari sumber bijih yang berbeda, konsistensi *tailing* dari konsentrasi padatan yang

berbeda lebih baik diukur dari segi perilaku fisiknya. Kerucut uji kekenyalan (*slump*) terkadang digunakan untuk menggambarkan konsistensi *tailing* kental atau pasta untuk meningkatkan konsentrasi padatan. Karakteristik fisik *tailing* dapat digambarkan secara kuantitatif oleh tegangan luluhnya (*yield stress*) (Jewell & Fourie, 2006).

Pada penyalurannya, lumpur *tailing* memisahkan diri, dengan partikel yang lebih kasar dan partikel dengan berat jenis lebih tinggi yang ditimbun (*deposited*) di pantai atas, dan menghasilkan air *supernatant* berjumlah besar yang membawa partikel yang lebih halus dan partikel dengan berat jenis lebih rendah ke kolam penguras air. Pemisahan dan pengendapan hasil partikel dalam lengkungan signifikan dari profil pantai (menjadi lebih datar di bagian lebih ke bawah pantai). *Tailing* yang kental menunjukkan beberapa segregasi, menetap dan merembes (*bleed*) pada penempatan, disertai oleh beberapa kelengkungan profil pantai. *Tailing* pasta memiliki konsistensi non-segregasi (tidak memisahkan diri), tidak mengendapkan (*non-settling*) yang melepaskan hanya sejumlah kecil air setelah penempatan (Jewell & Fourie, 2006).

Keuntungan menggunakan *tailing* kental atau pasta mencakup (Jewell & Fourie, 2006):

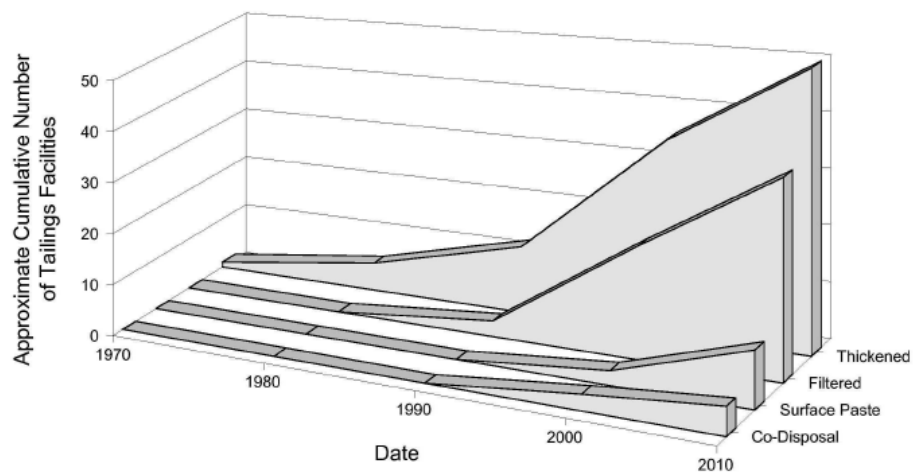
1. Kualitas air ditingkatkan dan proses pemulihan bahan kimiawi di pabrik pengolahan;
2. Berpotensi mengurangi volume penyimpanan *tailing*, meskipun volume *tailing* lumpur dapat dikurangi secara dramatis oleh pengeringan;
3. Mengurangi rembesan, dan;
4. Bentuk lahan yang lebih stabil.

Keuntungan tersebut merupakan pertimbangan utama untuk bangunan berkelanjutan dan mencerminkan harapan masyarakat. Jewell & Fourie (2006) memberikan referensi yang komprehensif dan definitif tentang teknologi ini. *Tailing* dapat dibawa ke keadaan 'seperti-zat padat' dengan sentrifugasi atau filtrasi, menghasilkan konsistensi yang berpotensi pergerakan lalu lintas dengan truk atau konveyor. Untuk *tailing* tertentu, baik dari teknik ini dapat menghasilkan

cake berkadar air yang sama atau pun persentase padatan, tetapi tekanan yang lebih besar diterapkan dalam proses penyaringan akan membuat “struktur” yang membuat kue filtrasi (*filtration cake*) lebih mudah diangkut dan dikelola (DMP, 2013).

2.5.2 Metode Pembuangan Tailing

Metode pembuangan tailing meliputi pembuangan lumpur *tailing*, kental dan pasta, susun kering dan pembuangan gabungan dengan limbah butiran kasar, termasuk batubara kasar sisa tambang, *scat* atau *slag* peleburan metal, dan batuan sisa atau rusak (DMP, 2013).



Gambar 2. 1 Tren Dalam Pengentalan, Penyaringan dan Pembuangan Tailing

Sumber: Davies, 2011

2.5.2.1 Pembuangan Lumpur Tailing

Tailing biasanya dipompa sebagai lumpur dalam jaringan pipa dan dibuang di bawah air (*sub-aerially*) menjadi TSF permukaan. Konsistensi lumpur (% padatan massa) tergantung pada jenis tailing, distribusi ukuran partikel dan berat jenis, dan sejauh mana pengentalan di pabrik pengolahan. Lumpur tailing biasanya dipompa pada 25% padatan (untuk tailing batubara berat jenis rendah) untuk lebih dari 50% (untuk tailing batu keras berlogam) (DMP, 2013).

Pembuangan lumpur mungkin dari titik pelepasan sekali saja, atau, lebih disukai, dari keran (spigots) majemuk. Keran majemuk memiliki keunggulan dibandingkan titik pelepasan tunggal, mencakup:

1. Produksi pantai tailing lebih rata,
2. Pencapaian kendali yang lebih besar ke arah pantai tailing dan karenanya atas arah air supernatan dan limpasan permukaan menuju ke kolam pengurasan,
3. penimbunan tumpukan tailing yang tipis dan terkendali, dan pemutaran penimbunan tailing untuk memfasilitasi konsolidasi dan pengeringan di seluruh kedalaman tailing yang disimpan
4. fasilitasi peninggian hulu, bersama dengan potensi untuk menggunakan tailing kering, berbutir kasar, ditimbun di dekat dinding untuk peninggian dinding.

Sistem pengurasan untuk pengumpulan air supernatan dari pembuangan tailing lumpur dan kental konvensional, serta limpasan curah hujan dari daerah tangkapan TSF, termasuk penguras yang terletak di pusat, melingkar dan mengambang (DMP, 2013).

2.5.2.2 Pembuangan Tailing Kental dan Pasta

Pengentalan tailing di pabrik pengolahan sebelum dibuang memungkinkan air hasil pengolahan untuk didaur ulang langsung kembali ke pabrik, mengurangi kehilangan air dan mengurangi kebutuhan air baku tanaman. Berbagai teknologi pengentalan tersedia; yang paling umum diterapkan dijabarkan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 2 Teknologi Pengentalan Yang Biasa Diterapkan

Konsistensi Tailing	Persyaratan Peralatan Pengentalan
Lumpur (slurry)	Pengental konvensional atau tingkat tinggi
Kental	Pengental dengan sistem kompresi tinggi
Pasta dengan kekenyalan tinggi	Pengental sistem deep bed
Pasta dengan kekenyalan rendah atau kue saringan	Saringan

Sumber: Williams & Williams, 2004

Tailing kental mengurangi jumlah air yang dikirim ke TSF. Hal ini pada gilirannya akan mengurangi risiko luberan dan mengurangi kehilangan rembesan dan penguapan. Selanjutnya, juga mengurangi risiko kegagalan tanggul penahan air TSF dengan menurunkan ketinggian kolam dan mengurangi permukaan air tanah (*phreatic*) dalam tanggul. Pelepasan *tailing* kental juga memungkinkan kendali yang lebih baik dari kolam penguras dan mengembalikan sistem air. Di mana *tailing* dibuang ke fasilitas penyimpanan permukaan, sudut pantai penimbunan curam sementara *tailing* dilepaskan pada konsistensi lebih kental, dan pengurangan kadar air, pada gilirannya, mengurangi risiko bendungan. Hubungan khusus antara konsistensi penempatan dan sudut rata-rata pantai untuk tailing yang dipompa diperlihatkan pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2. 3 Hubungan Yang Biasa Antara Konsistensi Penempatan Dan Sudut Rata-Rata Pantai

Konsistensi Penempatan	Sudut Pantai (%)
Lumpur/ <i>slurry</i>	Sampai dengan 1
Kental	1 sampai dengan 3
Pasta dengan kekenyalan tinggi	3 sampai dengan 6
Pasta dengan kekenyalan rendah*	6 sampai dengan 10

* Perhatikan bahwa bahkan *tailing* pasta dengan kekenyalan tinggi jarang diproduksi untuk pembuangan permukaan, dan diketahui pernah ada pelepasan pasta dengan kekenyalan rendah ke TSF permukaan.

2.5.2.3 Susun Kering

Susun kering yang benar membutuhkan penyaringan *tailing* flokulasi, biasanya di bawah tekanan atau mungkin di bawah vakum (Davies, 2011), untuk menghasilkan produk yang diangkat dan dapat disusun menggunakan teknik transportasi bahan ‘kering’ dan pembuangan. Istilah susun kering (*dry stacking*) terkadang disalahgunakan saat mengacu pada teknik pembuangan tailing kental dan/atau pasta yang tidak memindahkan tailing dalam keadaan kering.

Drum, piring horizontal atau vertikal ditumpuk dan sabuk horizontal merupakan metode filtrasi tekanan paling umum. Kedua gradasi tailing dan mineraloginya merupakan penentu penting dalam desain filtrasi. Secara khusus, proporsi tinggi

dari mineral tanah liat cenderung membatasi filtrasi efektif, seperti halnya beberapa mineral sisa (residu), misalnya aspal di tailing pasir minyak. Hal ini penting untuk mengantisipasi mineralogi dan perubahan penggilingan yang dapat terjadi selama LoM sebagai operasi pertambangan bergerak melalui berbagai tubuh bijih (Davies, 2011).

Tailing yang telah disaring diangkut dengan truk atau konveyor, dan kemudian dapat ditempatkan, disebar dan dipadatkan untuk membentuk tailing '*dry stack*' jenuh, padat dan stabil, dalam beberapa kasus, seperti *tailing* geokimia jinak, tidak memerlukan bendungan untuk retensi dan tidak ada tailing terkait kolam (Davies, 2011).



Gambar 2. 2 Tailing Susun Kering Dan Saringan Diangkut Dengan Konveyor dan Dipadatkan Oleh Buldoser

Sumber: AU.GOV, 2016

Filtrasi dan susunan *tailing* biasanya diperhitungkan di daerah-daerah yang sangat gersang di mana konservasi air sangat penting, terutama di daerah gurun Chili dan Peru, tetapi juga di Western Australia, barat daya Amerika Serikat, bagian gersang Amerika Selatan, beberapa bagian Afrika, dan daerah Kutub Kanada dan Rusia, di mana penanganan tailing sangat sulit di musim dingin yang beku. Filtrasi meningkatkan pemulihan reagen proses, dan susun kering memberikan metode peningkatan stabilitas seismik penimbunan tailing basah. Susun kering juga dapat mengatasi lokasi topografi dan pondasi kondisi sulit, atau lokasi yang sangat

dibatasi, yang membuat bendungan *tailing* konvensional sangat sulit untuk dibangun. Susun kering juga memfasilitasi rehabilitasi, termasuk rehabilitasi progresif, sehingga mengurangi risiko dan kewajiban penutupan. Dua pendorong utama filtrasi dan susun kering *tailing* saat ini telah menjadi pemulihan air hasil pengolahan yang langka dan kondisi topografi dan pondasi yang sulit (Davies 2011).

2.5.2.4 Pembuangan Gabungan Limbah Butiran Kasar dan Tailing

Pembuangan gabungan limbah butiran kasar dan *tailing* dari tambang menyediakan cara untuk mengurangi volume atau jejak yang dibutuhkan untuk menyimpan limbah yang terpisah yaitu dengan cara pengurukan *tailing* ke ruang rongga antara limbah butiran kasar. Endapan yang lebih stabil juga terbentuk, dengan manfaat ekonomi, sosial dan lingkungan yang nyata. Tantangan utama pembuangan gabungan adalah menemukan metode yang aman, praktis dan ekonomis dari pencampuran dua aliran limbah. Secara logistik, dapat sulit untuk mencampur dua operasi dari truk angkut besar membuang limbah batu dan pelepasan jaringan pipa lumpur, terutama karena permukaan timbunan terus menerus bergerak. Salah satu operasi pembuangan gabungan yang berhasil melibatkan pengisian pit terbuka setelah menyelesaikan akhir-pembuangan batuan sisa jinak dari puncak di satu ujung dan penimbunan *tailing* jinak kental dari ujung yang lain (Williams, 2002).

2.5.2.5 Pembuangan Limbah Kasar dan Tailing Yang Terpadu

Campuran batuan sisa dan *tailing* pasta terpadu dapat berpotensi untuk digunakan sebagai bahan penyegelan di lapisan penutup limbah tambang yang berpotensi pencemaran. Untuk aplikasi ini, *tailing* dan batuan sisa yang dipilih harus jinak secara geokimia (*geochemically benign*). Batuan sisa biasanya terbatas pada ukuran tertinggi 100 mm dengan penghancuran dan penyaringan. Pembatasan ukuran ini memfasilitasi pencampuran dan memastikan konsistensi campuran yang baik. Batuan sisa dapat dikombinasikan dengan lumpur *tailing*, dengan *tailing* kering (dan dicampur secara mekanis) atau dengan *tailing* pasta (DMP, 2013).

Limbah butiran kasar dan butiran halus yang terpadu mencapai kepadatan tinggi dan konduktivitas hidrolis rendah, membuat campuran tepat untuk digunakan sebagai bahan penyegelan. Ini memiliki aplikasi tertentu di lokasi tambang di mana pasokan tanah liat alami untuk tujuan penyegelan terbatas atau tidak ada, dan mencapai konduktivitas hidrolis setidaknya sebanding dengan, dan sering lebih rendah dari yang dicapai oleh tanah liat alami yang dipadatkan (DMP, 2013).

Batuan sisa sering digunakan sebagai bahan bangunan tanggul penahan air TSF. Pembuangan limbah butiran kasar dan tailing terpadu, di mana timbunan batuan sisa dan TSF digabungkan dalam bentuk lahan tunggal, merupakan perpanjangan dari hal ini. Limbah batu digunakan untuk membentuk enkapsulasi (pencungkupan timbunan) lebar ke mana tailing dibuang. Tailing dapat dikeringkan untuk membatasi hilangnya air untuk enkapsulasi limbah batu berbutir kasar, dan batuan sisa dapat didorong secara progresif ke dalam *tailing* untuk memfasilitasi pencungkupan (*capping*) timbunan. Ini mungkin menguntungkan untuk menenggelamkan batuan sisa bawah tailing lumpur yang berpotensi membentuk asam guna membatasi oksidasi (DMP, 2013).

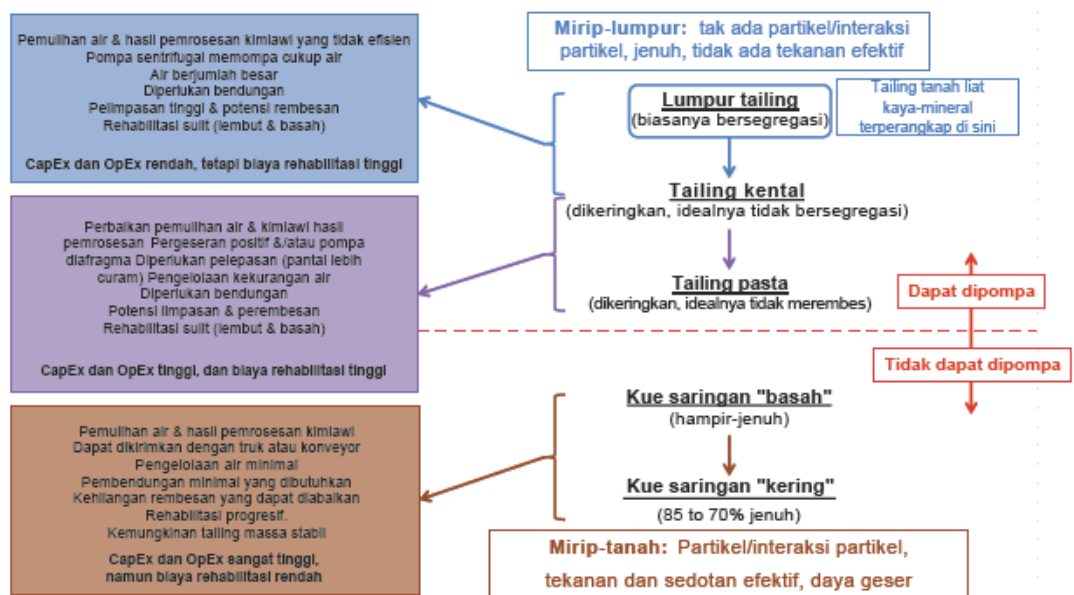
2.5.3 Transportasi *Tailing*

Transportasi *tailing* dengan memompa dalam jaringan pipa tetap metode yang paling umum digunakan. Semakin kental *tailing* yang dihasilkan di pabrik pengolahan, semakin sulit dan mahal untuk mengangkutnya dengan memompa, dan pengelolaan pelepasan juga dapat meningkat karena pantai *tailing* kental di sudut yang lebih curam, membutuhkan gerakan yang lebih sering dari jaringan pipa pelepasan (Davies, 2004).

Transportasi *tailing* dengan memompa umumnya melibatkan optimalisasi pengentalan *tailing* sehingga *tailing* dapat dipompa menggunakan pompa sentrifugal dan jaringan pipa tekanan rendah, sementara masih cukup mengalir pada pelepasan untuk memastikan distribusi tailing yang efektif dan siap di seluruh TSF. Hal ini dikarenakan biaya modal dari perpindahan pompa positif untuk mengangkut tailing kental atau pasta dapat menjadi lebih tinggi tingkat besarannya (*order of*

magnitude) daripada kapasitas setara sistem pompa sentrifugal untuk tailing yang kurang kental (Davies, 2004).

Gambar 2.3 mengilustrasikan berbagai pilihan untuk *tailing* kental yang dapat dipompa dan tapisan tailing yang tak dapat dipompa. Tergantung pada jarak memompa dan kepala, tailing kental biasanya dapat dipompa menggunakan pompa sentrifugal. Perkembangan terakhir memungkinkan untuk memompa tailing dengan tegangan leleh lebih dari 100 Pa menggunakan pompa sentrifugal, dan kemungkinan perbaikan lebih lanjut. Namun, pasta tailing cenderung membutuhkan kekuatan semakin besar dari pompa pemindahan positif dan erosi jaringan pipa bertekanan tinggi untuk pengiriman ke TSF permukaan. Aliran gravitasi dapat digunakan untuk memberikan tailing pasta bersemen untuk pengurukan tanah, dan dapat digunakan untuk menyampaikan tailing pasta ke permukaan penyimpanan, dengan menempatkan pengental di lokasi yang ditinggikan (Davies, 2004).



Gambar 2. 3 Rangkaian Kesatuan (Continum) Tailing

Sumber: Davies and Rice, 2004

Sementara biaya modal pompa dengan pemindahan positif dapat jauh lebih tinggi dari sistem pompa sentrifugal berkapasitas setara, sistem pasta dapat memberikan

manfaat biaya usia sistem (*life-of-system*), termasuk persyaratan pengolahan air untuk produksi (*make-up water*) yang berkurang, kemudahan rehabilitasi dan pengurangan rembesan pasca-penutupan. Jika merupakan biaya efektif untuk mengeringkan tailing ke kue saringan basah atau kering, *tailing* diangkut dengan truk atau konveyor ke TSF, dan di situ dapat ‘ditumpuk’ atau dijadikan satu dengan pembuangan limbah butiran kasar (Davies, 2004).

2.5.4 Jenis – jenis fasilitas penyimpanan permukaan

TSF permukaan mencakup:

1. Penyimpanan di lembah melibatkan pembuangan tailing di bagian hilir menuju dinding bendungan air di mana ditempatkan penguras untuk mengumpulkan air supernatan, atau bagian hulu menjauhi dinding bendungan dengan fasilitas penguras yang terletak di ujung hulu (struktur pengalihan signifikan umumnya diperlukan untuk mengalihkan air tawar hulu ke sekitar tempat penyimpanan);
2. Pembuangan dari perimeter atau dinding bendungan ‘lingkar’ di lahan relatif datar, biasanya dengan fasilitas pengurasan berlokasi di pusat;
3. Pembuangan ke serangkaian sel atau ‘*paddock*’ (padang), dengan penimbunan tailing berputar antara sel-sel untuk memfasilitasi penggabungan dan pengeringan;
4. Pembuangan kental yang terpusat (*central thickened discharge (CTD)*) di lahan relatif datar, dengan air supernatan terkumpul di balik dinding bendungan lingkar atau di saluran lingkar kedap air atau fasilitas penyimpanan khusus dan;
5. Pembuangan sel-sel dalam gabungan dengan pengeringan dengan penguapan yang ditingkatkan secara mekanis, seperti “pertanian” lumpur merah pada industri alumina (Williams, 2000).

2.5.5 Penyimpanan *Tailing* di Dalam *Pit*

Penambangan terbuka (*open-pit*) menciptakan rongga, dan kelihatannya tempat menyimpan tailing yang secara lingkungan paling bertanggung jawab adalah di rongga yang dulunya sumber limbah, meskipun pembuangan *tailing* di tambang terbuka yang telah selesai mungkin mensterilkan sumber daya dan *pit* terbuka

tunggal mungkin tidak ada untuk pembuangan tailing selama operasi penambangan aktif. *Tailing* dapat ditempatkan di lubang terbuka yang telah diselesaikan sebagai lumpur, tebal atau saringan, atau dalam gabungan dengan batuan sisa. Penempatan di dalam pit sering memfasilitasi rehabilitasi. Di Western Australia dan Northern Territory, telah ditunjukkan bahwa dapat menjadi ekonomis bagi tambang untuk meniadakan TSF dan menempatkan tailingnya di lubang terbuka yang telah selesai, terutama di mana *tailing* menimbulkan risiko masa depan lingkungan (seperti drainase air asam dan metal). Biasanya, dalam kasus ini *tailing* akan ditambang kembali, dikondisikan untuk konsistensi pasta dan kemudian dipompa atau dimasukkan dengan sistem gravitasi (*gravitation-fed*) ke dalam lubang. Sekop atau eskavator dan truk *rehandling* (penurunan muatan yang ada dalam palet) dapat digunakan untuk tailing yang telah cukup dikeringkan dan digabungkan (DMP, 2013).

BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Produksi dan Sumber *Tailing*

Pabrik pengolahan di PT X termasuk dalam pabrik *carbon-in-leach* (CIL) konvensional dengan kapasitas lebih dari 6 juta ton bijih per tahun. Pabrik akan selalu melakukan pengolahan kecuali saat proses *maintenance (shutdown)* dengan proses sebagai berikut:

a. *Crushing* (Peremukan)

Bijih yang dibawa dari pit menggunakan ADT dimasukkan ke dalam ROM *Bin* dengan kapasitas 180 ton. Di atas ROM *Bin* terdapat *static grizzly* dengan bukaan 735 mm sehingga bijih yang lebih besar dari bukaan tersebut akan diambil lagi oleh ADT. Kemudian bijih akan diteruskan menuju *vibrating grizzly* dengan bukaan 80 mm, apabila ukuran bijih masih *oversize* maka akan masuk ke *jaw crusher* sedangkan *undersize*-nya akan jatuh ke *conveyor 6*, hasil di *conveyor 6* akan dibawa menuju *secondary process* melalui *conveyor 7*. Selanjutnya bijih diteruskan ke *double deck screen* dimana bijih dibagi menjadi 3 bagian yaitu *undersize* (< 40 mm), *middlesize* (40-120 mm), dan *oversize* (> 120 mm). Ukuran *middlesize* akan diteruskan ke *conveyor 8* yang terdapat *metal detector*, jika terdapat metal maka *diverter gate* akan membuka jalur *by pass* selama 30 detik menuju *conveyor 9*, jika tidak akan diteruskan ke *bin cone crusher*. Bijih yang sudah diremuk di *cone crusher* akan diteruskan ke *conveyor 9* menuju *conveyor 10* lalu dibawa ke *conveyor 1*. Pada *conveyor 1* terdapat *weightometer* untuk mengetahui tonase bijih dari unit *crushing* kemudian menuju ke *stockpile*.



Gambar 3. 1 Lokasi Stockpile

Sumber: Dokumentasi, 2022

b. *Grinding* (Pengerusan)

Setelah proses *crushing*, bijih dari *stockpile* akan digerus atau dihaluskan di proses *grinding*. Bijih tersebut akan diangkut oleh 2 *feeder* menuju *conveyor 4* lalu diteruskan menuju *conveyor 2*. Bijih pada *conveyor 2* diteruskan ke SAG Mill bersamaan dengan bola baja yang akan dimasukkan ke dalam SAG Mill. Di PT X, SAG Mill memiliki diameter sebesar 8.25 m dan panjang 5.475 m dengan ukuran bola baja 125 mm. Dalam SAG Mill diharapkan pH-nya adalah 7 sehingga ditambahkan *lime* atau *calcium oxide* agar *liner mill* tidak mengalami korosi karena kondisi bijih yang asam dan menghindari terbentuknya ion Fe^{3+} yang dapat mengonsumsi sianida pada proses *leaching*. Selain itu, ditambahkan *process water* untuk mengatur persen solid dalam SAG Mill. Kemudian, bijih keluar melalui *grate* SAG Mill yang berukuran 70-75 mm, bola baja juga keluar secara bertahap karena ukurannya yang semakin kecil. Bijih dilanjutkan menuju *conveyor 3* dimana terdapat *metal detector*, ketika metal terdeteksi *diverter gate* akan membuka jalur *by pass* selama 16 detik menuju ke *conveyor 4*, jika tidak maka bijih menuju ke *bin pebble crusher*. Setelah dari *pebble crusher*, bijih dilanjutkan menuju *conveyor 4* dan diteruskan

ke *conveyor 2*, kemudian masuk ke *SAG Mill*. *Undersize SAG Mill* akan masuk ke *cyclone feed hopper* dimana *underflow primary cyclone* akan masuk ke *ball mill*. *Slurry* digerus dengan bola baja berukuran 50 mm.



Gambar 3. 2 SAG Mill dan Ball Mill

Sumber: Dokumentasi, 2022

c. *Classification (Klasifikasi)*

Dari *cyclone feed hopper*, *slurry* menuju ke *primary cyclone*. Di PT X terdapat 12 *cyclone*, namun biasanya hanya digunakan 6-8 *cyclone*. Seperti pada penjelasan sebelumnya, *underflow* menuju ke *ball mill* sedangkan *overflow* menuju ke *regrind cyclone feed hopper*. Kemudian *slurry* menuju *regrind cyclone* untuk diklasifikasikan kembali kemudian *underflow regrind cyclone* akan masuk ke *vertimill*. *Vertimill* berfungsi untuk mereduksi ukuran partikel *slurry* dari *overflow primary cyclone*. Produk *vertimill* akan masuk ke *regrind cyclone feed hopper* dan *overflow regrind cyclone* menuju ke *trash screen*. Untuk *undersize trash screen* akan ditampung pada *leach feed hopper*.



Gambar 3. 3 Kayu Sisa dari Trash Screen

Sumber: Dokumentasi, 2022

d. *Leaching* (Ekstraksi)

PT X memiliki 3 tangki *leaching* dengan ketinggian 15 m dan volume 2019 m³. *Leaching* adalah proses pelarutan logam dari bijih yang dikontakkan dengan sianida. Setelah dari *leach feed hopper* ditambahkan *lime* agar pH *slurry* menjadi 10.5-11 untuk mencapai pH ideal. Setelah dari *leach feed hopper*, *slurry* dipompa ke *distribution box*, kemudian ke tangki *leaching* melalui *launder* secara *gravity* yang mulai masuk dari tangki 1 – 2 – 3. Sianida yang ditambahkan pada tangki 1 dan 2 berupa NaCN melalui pipa dari tangka sianida. Pada tangki 1 terdapat pompa *lime* untuk *stand by* jika diperluka. Pada umumnya, penambahan sianida di tangki 2 apabila bijih mengandung banyak *copper*. Kemudian menuju ke tangki 3. Selain itu, terdapat penambahan oksigen melalui pipa OSR *hyperjet* pada tangki 1 dan 2. Pada tangki 1, penambahan sianida adalah 370 ppm sedangkan pada tangki 2 adalah 280 ppm. Terdapat alarm pendeteksi gas HCN yang akan berbunyi apabila konsentrasi gas mencapai 5 ppm. Dilakukan juga pengecekan persen solid secara manual pada *leach feed*, biasanya kadar persen solid di *leaching* dan CIL sekitar 50%.

Oxygen yang di-*inject* berpengaruh untuk mengoksidasi Au dan Ag menjadi Au^+ dan Ag^+ dengan kadar 20-30 ppm.



Gambar 3. 4 Pipa OSR Hyperjet PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022



Gambar 3. 5 Alarm Pendeteksi Gas HCN

Sumber: Dokumentasi, 2022

e. *Carbon In Leach* (Adsorpsi)

Pada proses ini, terjadi penyerapan senyawa kompleks logam-logam terlarut dari *slurry* yang merupakan hasil pelindian, di PT X terjadi penyerapan emas menggunakan karbon. PT X memiliki 7 tangki CIL dengan jalur zig-zag. *Slurry* akan melewati tangki 1-2-3-4-5-6-7 sedangkan karbon dipompa dari arah tangki 7 agar karbon tidak jenuh karena menangkap emas dan perak dengan konsentrasi tinggi di tangki 1 dan agar semua emas dan perak di tangki 7 dapat terserap semua.

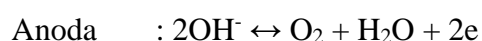
f. *Desorption* (Desorpsi)

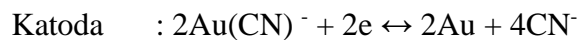
Terdapat 2 tahap yaitu *acid wash* dan *elution*. Pada tahap *acid wash* dilakukan pencucian karbon dengan HCL 3% selama 2 jam untuk menghilangkan pengotor anorganik seperti CaCO_3 pada karbon yang berasal dari penambahan *lime*. PT X memiliki 2 buah *acid wash column* dengan 2 *line* unit desorpsi dengan kapasitas 14 ton dengan ketinggian 13.8m yang terisi 80% air. Sebelum terjadi proses *acid wash*, HCL 3% dibuat dengan memasukkan HCL 33% kemudian ditambahkan *filtered raw water* sampai volumenya menjadi 57 m³. Setelah *acid wash*, *loaded karbon* dibilas dengan air bersih selama 1.5 jam dimana karbon akan ditransfer menuju kolom elusi sedangkan air bilasan (*acid rinse*) karbon dan *spent acid* akan dibuang ke *tailing hopper*.

Pada tahap *elution*, terjadi pelepasan emas dari *loaded carbon*. Proses elusi adalah kebalikan dari proses CIL. Pada proses CIL untuk penyerapan emas agar berlangsung efektif menggunakan konsentrasi dan suhu yang rendah serta air yang banyak mengandung ion sedangkan pada proses elusi digunakan konsentrasi sianida dan suhu yang tinggi (120°C) serta air yang mengandung sedikit ion (air jernih). Pada PT X NaCN dan NaOH yang digunakan adalah 3% untuk menjaga pH tetap basa.

g. *Electrowinning* dan *Smelting*

Solution hasil desorpsi selanjutnya akan mengalami proses *electrowinning* dimana terjadi proses elektrolisis larutan logam untuk mengendapkan (*deposisi*) logam dengan menggunakan arus listrik dengan reaksi kimia sebagai berikut:





Sel *electrowinning* merupakan alat untuk mengubah emas dari bentuk larutan menjadi bentuk padatan logam melalui proses elektrolisis. Sel *electrowinning* menggunakan 2 pelat logam yang dicelupkan ke dalam larutan emas. Emas yang diperoleh dari hasil *electrowinning* berupa serbuk halus dan masih dalam keadaan *slurry* dan ada kemungkinan emas tersebut mengandung *mercury* yang dihasilkan oleh bijih untuk diolah. Maka dilakukan *filtrasi* untuk menghilangkan kadar air dan *mercury*.

Selanjutnya ada tahap *smelting* yang merupakan proses akhir dari pengolahan bijih yaitu peleburan emas dengan tujuan menghilangkan metalik dan zat pengotor. Tanur untuk peleburan diisi dengan material hasil elektrolisis dicampur bahan *flux* dan kemudian hasilnya dituang. Logam cair dituangkan ke dalam cetakan karbon untuk membentuk *ingot dore*. Terak dipisahkan dari logam berharga dan dikumpulkan ke dalam pot terak. Emas/perak membeku dan didinginkan dalam air kemudian dibersihkan untuk menghilangkan terak, dicap untuk identifikasi, analisis sampel, ditimbang kemudian disimpan di lemari besi.

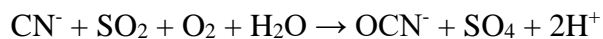
h. *Carbon Regeneration* (Regenerasi Karbon)

Pada proses ini terjadi proses pengaktifan kembali pori-pori karbon sehingga karbon dapat digunakan kembali untuk menyerap emas pada proses CIL.

i. *Detoxification* (Detoksifikasi)

Pada unit detoksifikasi dilakukan penghilangan kandungan berbahaya yaitu sianida. Di PT X terdapat 2 tangki *detox*, tetapi hanya 1 tangki saja yang digunakan sedangkan tangki lainnya *stand by*. Tangki yang digunakan saat ini adalah tangki 2, sedangkan tangki 1 berisi *process water*. Sianida yang dikurangi adalah jenis WAD CN hingga <50 mg/l atau ppm. Pada tahap ini terdapat penambahan reagen SMBS atau *Sodium Metabisulphite* ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) dan juga oksigen. Selain itu, terkadang ditambahkan *lime*, CuSO_4 , dan Hidrogen Peroksida (H_2O_2). *Lime* ditambahkan agar pH *detox* tetap terjaga di rentang 8.8, CuSO_4 ditambahkan saat WAD CN pada *detox* tinggi dan juga saat kandungan

copper dalam *slurry* rendah, dimana *copper* bertindak sebagai katalis reaksi detoksifikasi serta tidak mempengaruhi konsentrasi emas dan perak. Tetapi, di PT X kandungan *copper* yang berasal dari bijih sudah tinggi sehingga kadang tidak perlu menambahkan CuSO₄. Hidrogen Peroksida sebagai alternatif pengganti oksigen karena oksigen murni yang dihasilkan di *oxygen plant* terbatas dan ditambahkan jika oksigen yang dibutuhkan masih kurang. Kegunaan SMBS adalah untuk menghasilkan SO₂ yang larut ke cairan *slurry*. Selain itu, O₂ berperan untuk mengikat sianida yang terlepas menjadi *cyanate* (OCN⁻) yang merupakan bentuk stabil di alam. Ketika O₂ sudah larut, O₂ bereaksi dengan CN⁻ dan SO₂. Reaksi oksidasi akan menghasilkan ion asam sulfat yang berarti pH *slurry* di detox akan menjadi asam, sehingga *lime* ditambahkan untuk menjaga pH dan agar tidak menghasilkan CN⁻ bebas. Tetapi, *lime* tidak selalu ditambahkan ketika kandungan WAD CN⁻ meningkat karena kebutuhan SMBS yang digunakan juga semakin meningkat sehingga pH yang dihasilkan semakin asam. Berikut adalah reaksi *detoxification*:



Setelah dari proses detox, *slurry* akan menuju ke *tailing feed hopper* kemudian menuju ke TSF dengan menginjeksikan flokulan yang berfungsi untuk mengendapkan *tailing solid* menggunakan Magnafloc atau Rheomax. *Tailing* yang telah diproses kemudian dialirkan melalui pipa HDPE menuju tempat penimbunan *tailing* (*Tailing Storage Facility/TSF*) dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3. 6 Pipa Penyaluran

Sumber: Dokumentasi, 2022

j. *Recyanide (ReCYN)*

Di unit *ReCYN*, sekitar 40% *slurry* dari CIL 7 dibawa ke unit *detoxification* sedangkan sisanya dialirkan ke *recyn tank*. Dalam *recyn tank* dimasukkan water resin, pada tangki 1 dan 2 terdapat agitator agar resin dan *slurry* yang masuk ke tangki tidak mengendap. *Slurry* dialirkan ke *loaded screen* untuk memisahkan resin dan *slurry* sehingga tidak ada lumpur yang masuk. Kemudian *underflow* dari *screen* ini akan masuk ke *recyn tailing hopper* sedangkan *overflow*-nya masuk ke *loaded recyn tank*. Pada *tailing hopper* ditambahkan flokulan dan *slurry*-nya akan dikembalikan ke tangki detox.

3.2 Pengelolaan Limbah Tailing

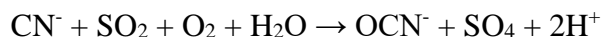
Tailing yang sudah mengalami proses *detoxification* dan penambahan koagulan, akan dialirkan menuju TSF. *Tailing* yang awalnya berbentuk *slurry* akan mengalami perubahan karena penambahan flokulan, dimana *tailing solid* akan mengendap sementara *tailing supernatant* akan terakumulasi ke daerah yang lebih rendah karena pengaruh gravitasi. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan

Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia dalam melaksanakan kegiatan penimbunan hal yang wajib dilakukan akan dibahas dalam subbab berikut.

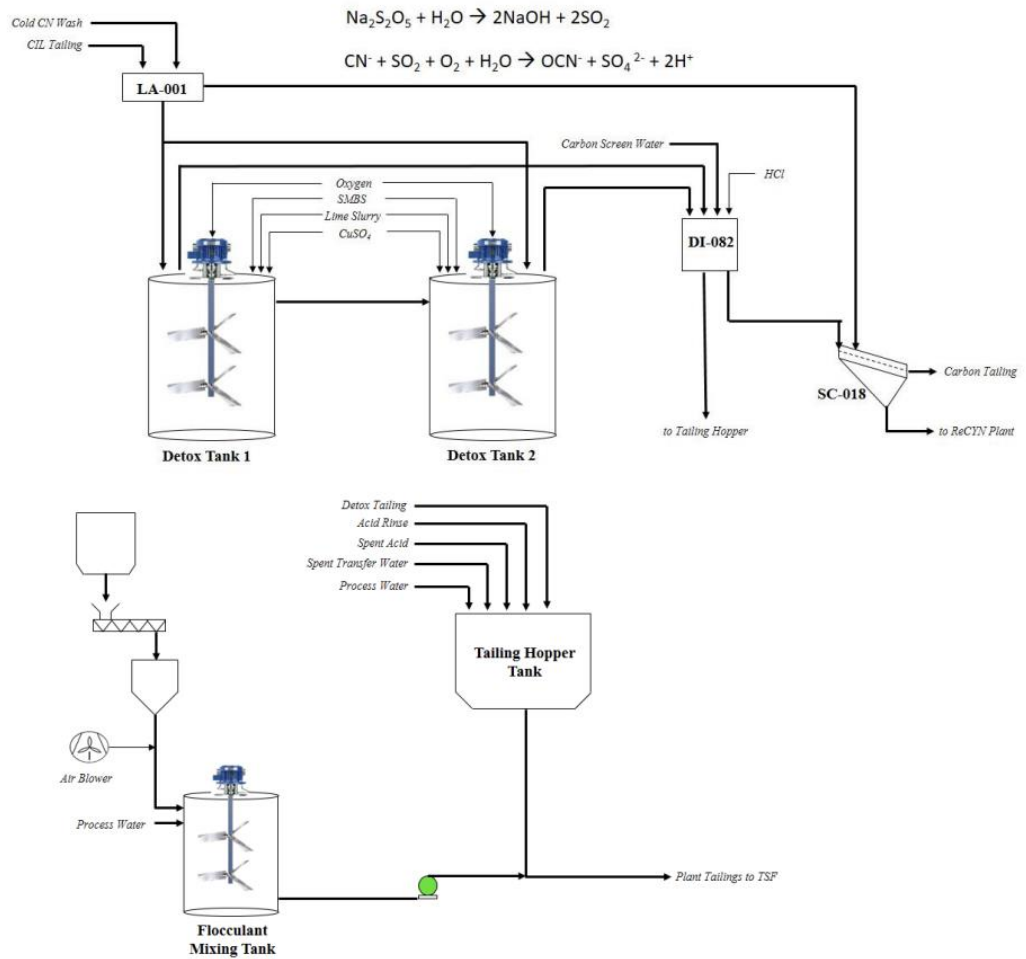
3.2.1 Pengurangan Kadar Zat Pencemar

Pengurangan kadar zat pencemar dilakukan dengan cara *detoxification*. Proses detoksifikasi bertujuan untuk mengurangi kadar sianida yang ada dalam *tailing*. Pada tahap ini terjadi penghilangan *toxic* (kandungan berbahaya seperti sianida). Pada tahap ini terdapat 2 tangki detoks dimana hanya 1 tangki yang digunakan sedangkan tangki lainnya standby. Hal ini terjadi karena dengan menggunakan 1 tangki saja sudah cukup untuk menghilangkan kandungan berbahaya, jika menggunakan 2 tangki akan menambah *cost*. Pada tangki detoks tersebut sianida yang dikurangi adalah jenis WAD CN hingga < 50 ppm akan tetapi 0 ppm sangat diharapkan. Pada setiap tangki detoks juga terdapat agitator untuk mengaduk secara mekanis dan diberi oksigen untuk aerasinya. Slurry dari tangki CIL 7 akan dialirkan melewati launder dimana 40% *slurry* menuju tangki detox dan sisanya menuju ke *Recyn Plant*. Setelah dari tangki detox, *slurry* akan masuk ke *detox distribution box* secara *gravity* sebelum memasuki *Tailing Hopper*. Pada tahap ini terdapat 4 penambahan reagen yaitu SMBS atau Sodium Metabisulphite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), lime, CuSO_4 , dan juga oksigen. Selain itu, hidrogen peroksida (H_2O_2) juga terkadang ditambahkan dalam proses detoksifikasi sebagai pengganti oksigen. Kegunaan Sodium metabisulphite akan menghasilkan SO_2 yang akan larut ke cairan *slurry* dan menjadi agen pengoksidasi sianida. Selain itu, oksigen berperan untuk mengikat sianida yang terlepas menjadi cyanate (OCN yang merupakan keadaan stabil di alam). Ketika oksigen sudah larut, oksigen akan bereaksi dengan CN- dan SO_2 . Oksidasi sianida yang tercepat terjadi saat pH *slurry* tetap tercapai antara pH 8-9. Reaksi oksidasi akan menghasilkan asam sulfat yang berarti bahwa pH *slurry* akan menurun hingga kurang dari 7 sehingga diperlukan penambahan reagen lainnya seperti lime digunakan untuk mempertahankan kisaran pH yang diinginkan. Namun, lime tidak selalu ditambahkan dikarenakan penambahan lime terjadi ketika bacaan menunjukkan kandungan WAD CN- yang meningkat. Ketika WAD CN- meningkat maka kebutuhan SMBS yang digunakan akan semakin meningkat

sehingga pH yang dihasilkan akan semakin rendah (asam). Hal ini terjadi karena reaksi detoksifikasi menghasilkan asam sulfat, untuk itu perlu ditambahkan lime agar menjaga pHnya agar tidak menghasilkan CN yang bebas. CuSO₄ digunakan ketika bijih mengandung sangat sedikit Cu. CuSO₄ akan menguraikan Cu yang berfungsi sebagai katalis reaksi. Akan tetapi, di PT X sendiri kandungan Cu sudah tinggi yang berasal dari Ore sehingga terkadang tidak perlu menggunakan CuSO₄. Selama proses, larutan harus memiliki logam sianida kompleks lemah, seperti Cu dalam jumlah yang cukup karena logam sianida kompleks ini kurang beracun dibandingkan dengan sianida bebas. HCl ditambahkan pada detoks distribution box yang berfungsi untuk menurunkan pH menjadi kisaran 8. Pada tahap ini terdapat analyser untuk melihat kandungan WAD CN⁻ pada tangki dan juga WAD CN⁻ yang keluar menuju Tailing. Hal itu dapat dilihat pada detoks hut. Selain analyser WAD CN⁻ pada detox hut, terdapat juga analyser DO (dissolved oxygen). Berikut adalah reaksi detoksifikasi:



Setelah dari proses detox, *slurry* menuju *Tailing Feed hopper* yang akan dialirkan menuju TSF. Kemudian pada TSF juga diinjeksikan flokulan yang berfungsi untuk mengendapkan Solid pada TSF dimana flokulan tersebut dibuat dari plant sendiri. Flokulan dibuat dari *powder flocculant* dan *process water* yang diproses pada tangki *mixer flokulan*. Terdapat *blower* yang terletak sebelum *flocculant mixer tank* agar memastikan powder flocculant benar-benar dalam keadaan kering sehingga tidak menggumpal. Tata cara detoksifikasi dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3. 7 Tata Cara Detoksifikasi

Sumber: Metalurgy Department, 2022

Data harian CN WAD dan pH dibandingkan dengan baku mutu dalam Izin TSF yaitu konsentrasi Sianida (< 50 mg/L) dan Derajat Keasaman (7-9) dapat dilihat pada **Tabel 3.1** dan **Tabel 3.2**.

Tabel 3. 1 Data Harian WAD CN dan pH

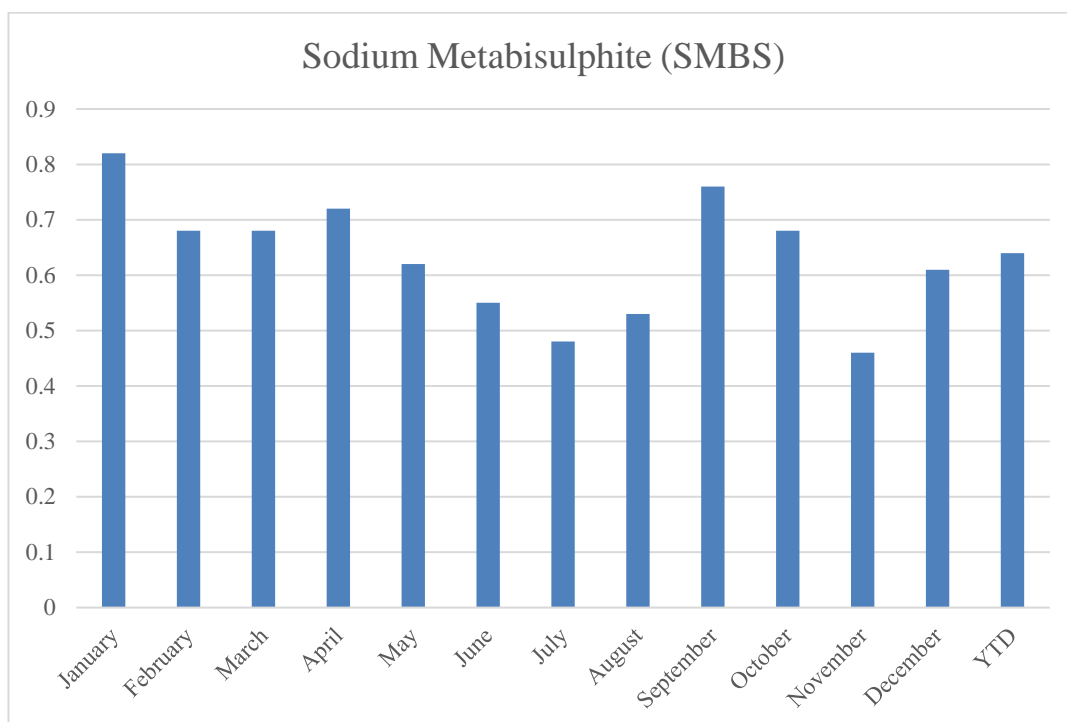
Date	Detox Discharge		Date	Detox Discharge		Date	Detox Discharge		Date	Detox Discharge		Date	Detox Discharge		Date	Detox Discharge	
	WAD CN	pH		WAD CN	pH		WAD CN	pH		WAD CN	pH		WAD CN	pH		WAD CN	pH
1-Jul	13.3	8.91	1-Aug	1.1	8.87	1-Sep	1.3	8.67	1-Oct	2.6	8.79	1-Nov	3.5	8.84	1-Dec	1.9	8.92
2-Jul	1.1	8.78	2-Aug	1.7	8.94	2-Sep	5	8.66	2-Oct	1.9	8.66	2-Nov	0.3	8.84	2-Dec	3.8	8.97
3-Jul	10.8	8.72	3-Aug	2.9	8.97	3-Sep	0.3	8.67	3-Oct	9	8.9	3-Nov	2.4	8.84	3-Dec	2.6	8.85
4-Jul	10.3	8.71	4-Aug	0.2	8.98	4-Sep	0.5	8.81	4-Oct	6.8	8.9	4-Nov	2	8.84	4-Dec	2.4	9.04
5-Jul	4.8	8.81	5-Aug	0.2	8.92	5-Sep	2.2	8.69	5-Oct	2.3	8.66	5-Nov	0.4	8.87	5-Dec	3.5	8.96
6-Jul	3.9	8.9	6-Aug	0.8	8.9	6-Sep	3.3	8.8	6-Oct	10.1	8.78	6-Nov	0.1	8.89	6-Dec	0.7	8.64
7-Jul	1.6	8.8	7-Aug	0.3	8.5	7-Sep	0.8	8.73	7-Oct	2.9	8.7	7-Nov	0.6	8.84	7-Dec	11.2	8.65
8-Jul	9.7	8.8	8-Aug	1.6	8.96	8-Sep	8.8	8.6	8-Oct	2.4	8.71	8-Nov	1	8.84	8-Dec	10.9	8.66
9-Jul	9.1	8.7	9-Aug	1.5	8.95	9-Sep	11.5	8.67	9-Oct	1.2	8.83	9-Nov	7.6	8.84	9-Dec	9	8.69
10-Jul	0.5	8.73	10-Aug	0.3	8.98	10-Sep	15	8.58	10-Oct	5.1	8.91	10-Nov	9.2	8.81	10-Dec	4.6	8.49
11-Jul	3	8.8	11-Aug	0.7	8.95	11-Sep	5	8.74	11-Oct	6	8.85	11-Nov	5.1	8.9	11-Dec	5	8.8
12-Jul	0.9	8.72	12-Aug	1.4	8.78	12-Sep	1.3	8.67	12-Oct	8	8.84	12-Nov	7	8.84	12-Dec		
13-Jul	3.9	8.9	13-Aug	2.7	8.78	13-Sep	3.4	8.9	13-Oct	0.8	8.84	13-Nov	0.2	8.84	13-Dec		
14-Jul	3.8	8.71	14-Aug	3.2	8.7	14-Sep	5.8	8.2	14-Oct	0.5	8.84	14-Nov	5.3	8.8	14-Dec	5.1	8.8
15-Jul	4.9	8.71	15-Aug	0.8	8.75	15-Sep	4.3	8.65	15-Oct	2	8.85	15-Nov	9.1	8.84	15-Dec	0.9	8.7
16-Jul	2.8	8.74	16-Aug	2.1	8.81	16-Sep	3.1	8.65	16-Oct	2.1	8.87	16-Nov	7.3	8.84	16-Dec	0.2	8.84
17-Jul	2.1	8.75	17-Aug	3	8.87	17-Sep	6.3	8.83	17-Oct		8.23	17-Nov	4.2	8.84	17-Dec	0.5	8.86
18-Jul	0.1	8.9	18-Aug	3.3	8.84	18-Sep	5.6	8.74	18-Oct	9	8.89	18-Nov	5.1	8.85	18-Dec	0.3	8.86
19-Jul	0.7	8.8	19-Aug	9.3	8.63	19-Sep	7.7	8.69	19-Oct	5	8.85	19-Nov	5.1	8.84	19-Dec	3.9	8.66
20-Jul	0.5	8.84	20-Aug	4	8.64	20-Sep	4.9	8.61	20-Oct	1.3	8.89	20-Nov	2.6	8.84	20-Dec	0.2	8.54

Tabel 3. 2 Data Harian WAD CN dan pH (Lanjutan)

Date	Detox Discharge		Date	Detox Discharge		Date	Detox Discharge		Date	Detox Discharge		Date	Detox Discharge		Date	Detox Discharge	
	WAD CN	pH		WAD CN	pH		WAD CN	pH		WAD CN	pH		WAD CN	pH		WAD CN	pH
21-Jul	0.2	8.79	21-Aug	7	8.66	21-Sep	6.8	8.32	21-Oct	1.2	9.09	21-Nov	0.1	8.85	21-Dec	6.5	8.69
22-Jul	0.2	8.85	22-Aug	9	8.66	22-Sep	4.8	8.6	22-Oct	1.6	8.87	22-Nov	0.1	8.84	22-Dec	2.7	8.82
23-Jul	1.2	8.88	23-Aug	10.2	8.67	23-Sep	7.1	8.9	23-Oct	1.7	8.84	23-Nov	0.2	8.8	23-Dec	0.6	8.77
24-Jul	4.4	8.94	24-Aug			24-Sep	2.3	8.9	24-Oct	2.5	8.88	24-Nov	1.4	8.81	24-Dec	2	8.83
25-Jul	3.1	8.88	25-Aug			25-Sep	2.2	8.64	25-Oct	1.4	8.84	25-Nov	0.8	8.84	25-Dec	0.1	8.94
26-Jul	4.3	8.89	26-Aug			26-Sep	2.9	8.9	26-Oct	0.9	8.84	26-Nov	0.8	8.78	26-Dec	14	8.82
27-Jul	4.8	8.95	27-Aug	0.6	8.69	27-Sep	0.7	8.75	27-Oct	0.2	8.92	27-Nov	5.9	8.81	27-Dec	0.3	8.96
28-Jul	1.5	8.94	28-Aug	1.2	8.9	28-Sep	0.3	8.9	28-Oct	2	8.84	28-Nov	0.1	8.84	28-Dec	7	8.86
29-Jul	1	8.92	29-Aug	2.1	8.66	29-Sep	2.2	8.39	29-Oct	0.2	8.84	29-Nov	0.4	8.89	29-Dec	5.7	8.81
30-Jul	1.1	8.91	30-Aug	2.8	8.66	30-Sep	5.4	8.79	30-Oct	0.2	8.84	30-Nov	2	8.92	30-Dec	9	8.82
31-Jul	2.3	8.9	31-Aug	0.3	8.66				31-Oct	0.1	8.85				31-Dec	0.1	8.8

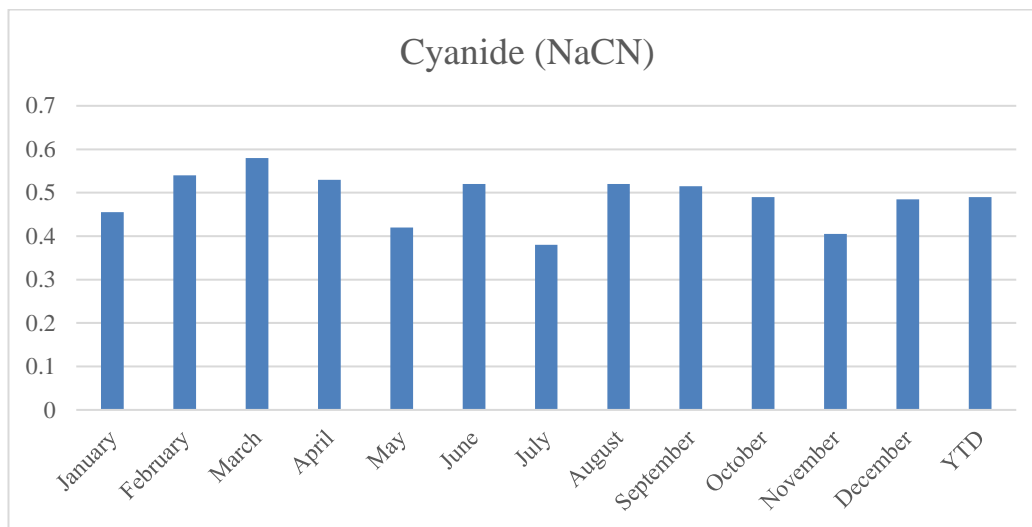
Sumber: PT X, 2021

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai konsentrasi CN WAD yang memenuhi baku mutu sedangkan untuk parameter pH, terdapat beberapa yang melebihi baku mutu pada tanggal 21 Oktober 2021 dan 4 December 2021. Hal ini disebabkan oleh penambahan Sodium Metabisulphite (SMBS) yang merupakan bagian dari proses destruksi sianida. Banyaknya sianida yang digunakan dalam proses produksi, mengakibatkan konsumsi SMBS juga meningkat sehingga mempengaruhi pH yang dihasilkan. Grafik penggunaan Sodium Metabisulphite (SMBS) dan *Cyanide* (NaCN) dapat dilihat pada **Gambar 3.8 dan 3.9**.



Gambar 3. 8 Penggunaan SMBS

Sumber: Metalurgy Department, 2022



Gambar 3. 9 Penggunaan Cyanide

Sumber: Metalurgy Department, 2022

3.2.2 Pengujian Limbah B3

Pengujian terhadap limbah B3 pada PT X meliputi Uji *Toxicity Characteristik Leaching Procedure* (TCLP) yang digunakan untuk mengetahui kandungan logam berat pada *tailing*, Uji Konsentrasi Sianida dan Uji Derajat Keasaman (pH). Dilakukan pengujian TCLP paling sedikit satu kali selama masa berlaku dan Uji Konsentrasi Sianida dan pH satu kali dalam satu hari.

Di PT X, uji TCLP dilakukan 10 tahun sekali sejak 8 Agustus 2016. Sampel diambil pada 20 Oktober 2016 dan dianalisa oleh laboratorium yang terakreditasi. Hasil Uji TCLP di PT X dapat dilihat pada **Tabel 3.3** di bawah.

Tabel 3. 3 Hasil Uji Tailing

No	Zat Pencemar	Baku Mutu TCLP	Hasil Uji Tailing
		(mg/l)	20/20/2016
Parameter Wajib			
Anorganik	Antimoni, Sb	1	0.0797
	Arsen, As	0.5	0.0051
	Barium, Ba	35	1.2
	Berilium, Be	0.5	< 0.001
	Boron, B	25	<0.01

Tabel 3.3 Hasil Uji Tailing (Lanjutan)

No	Zat Pencemar	Baku Mutu TCLP	Hasil Uji Tailing
		(mg/l)	20/20/2016
Parameter Wajib			
Anorganik	Kadmium, Cd	0.15	<0.005
	Krom Valensi Enam, Cr ⁶⁺	2.5	<0.002
	Tembaga, Cu	10	0.99
	Timbal, Pb	0.5	0.25
	Merkuri, Hg	0.05	<0.0001
	Molibdenum, Mo	3.5	<0.1
	Nikel, Ni	3.5	<0.02
	Selenium, Se	0.5	0.0063
	Perak, Ag	5	<0.02
	<i>Tributyltin Oxide</i>	0.05	<0.01
	Seng, Zn	50	0.165
Anion			
	Klorida, Cl ⁻	12500	1.4
	Sianida (total), CN ⁻	3.5	<0.005
	Flourida, F ⁻	75	0.04
	Iodida, I ⁻	5	<0.01
	Nitrat, NO ₃ ⁻	2500	<0.005
	Nitrit, NO ₂ ⁻	150	<0.001
Organik			
	Benzena	0.5	<0.001
	Benzo(a)pirena	0.0005	<0.0001
	Karbon Tetraklorida	0.2	<0.0001
	Klorobenzena	15	<0.002
	Kloroform	3	<0.001
	2 Klorofenol	5	<0.01
	Kresol (total)	100	<0.02
	Di (2 etilheksil) ftalat	0.4	<0.001
	1,2-Diklorobenzena	50	<0.005
	1,4-Diklorobenzena	15	<0.001
	1,2-Dikloroetena	2.5	<0.001
	1,1-Dikloroetena	3	<1
	1-2-Dikloroetena	2.5	<1

Tabel 3.3 Hasil Uji Tailing (Lanjutan)

No	Zat Pencemar	Baku Mutu TCLP	Hasil Uji Tailing
		(mg/l)	20/20/2016
Parameter Wajib			
Organik	Diklorometana (metilen klorida)	1	<0.005
	2,4-Diklorofenol	10	<0.01
	2,5-Dinitrotoluena	0.065	<0.001
	Etilbenzena	15	<0.001
	<i>Ethylene Diamine</i> <i>Tetra Acetic Acid</i> (EDTA)	30	<0.02
	Formaldehida	25	<0.1
	Heksaklorobutadiena	0.03	<0.001
	Metil Etil keton	100	<0.001
	Nitrobenzena	1	<0.1
	Fenol (total, non- terhalogenasi)	7	<0.001
	Stirena	1	<0.001
	1,1,1,2- Tetrakloroetana	4	<0.001
	1,1,2,2- Tetrakloroetana	0.65	<0.001
	Tetrakloroetana	2.5	<0.001
	Toluena	35	<0.001
	Triklorobenzena (total)	1.5	<0.001
	1,1,1-Trikloroetana	15	<0.001
	1,1,2-Trikloroetana	0.6	<0.001
	Trikloroetana	0.25	<0.001
	2,4,5-Triklorofenol	200	<0.0035
	2,4,6-Triklorofenol	1	<0.01
Vinil Klorida	0.015	<0.0035	
Ksilena (total)	25	<0.033	
Pestisida			
	Aldrin + dieldrin	0.0015	<0.000031
	DDT + DDD + DDE	0.05	<0.001
	2,4-D	1.5	<0.0001

Tabel 3.3 Hasil Uji Tailing (Lanjutan)

No	Zat Pencemar	Baku Mutu TCLP	Hasil Uji Tailing
		(mg/l)	20/20/2016
Parameter Wajib			
	Klordana	0.01	<0.000031
	Heptaklir	0.015	<0.001
	Lindana	0.1	<0.004
	Metoksiklor	1	<0.001
	Pentaklorofenol	0.45	<0.02

Sumber: PT X, 2016

Hasil pengujian sampel *tailing* PT X menunjukkan bahwa kadar parameter zat pencemar di dalam *tailing* yang sudah diolah oleh PT X berada di bawah baku mutu dan berada dalam batas aman.

3.2.3 Penimbunan Limbah B3

Penimbunan Limbah B3 harus mengikuti instruksi kerja operasional atau *Standard Operating Procedure* (SOP), seperti:

1. Pengurangan kadar zat pencemar
2. Penempatan limbah B3
3. Pengelolaan air lindi
4. Pemeliharaan dan pemeriksaan sarana dan prasarana pendukung

Tailing Storage Facility adalah bendungan yang digunakan untuk menampung limbah dari unit pengolahan melalui pipa. Bendungan yang dimiliki oleh PT X adalah bendungan urugan tanah yang telah mendapatkan persetujuan Desain Bendungan dengan Elevasi 330-360 pada tanggal 10 Oktober 2014 No. PR.01.04-Mn/517 dan diawasi langsung oleh Kementerian PUPR (Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat). Rancang bangun dan proses pembangunan TSF dibuat dengan mempertimbangkan banyak faktor dengan desain kriteria berdasarkan standard ICOLD (*International Commision of Large Dam*), ANCOLD (*Australian National Committee on Large Dam*), SNI (Standard Nasional Indonesia), dan GISTM (*Global Industri Standard on Tailing Management*).

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi bendungan TSF ini, sebelum dan sesudah diletakkan, material – material tersebut diatas telah melalui proses pengetesan di laboratorium maupun pengetesan langsung dilapangan sebagai bagian dari quality control and quality assurance (QA/QC). Struktur bendungan terdiri dari zona lapisan inti, zona lapisan filter, zona lapisan transisi dan zona lapisan struktur. Pembagian zona pada struktur bendungan didasarkan pada material penyusunnya.

a. Zona 1: Lapisan Inti

Zona 1 adalah lapisan inti yang tersusun atas material clay (tanah liat) dengan luas 12 meter dan kepadatan 96%. Zona ini adalah zona kedap air yang berfungsi untuk mencegah air merembes ke dalam bendungan.

b. Zona 2 : Lapisan Filter

Zona 2 adalah lapisan filter yang tersusun atas material pasir. Sebagai lapisan filtrasi, zona 2 berfungsi untuk meloloskan air yang masuk. Selain itu jika terjadi keretakan desekitar zona 1, maka pasir akan mengisi dan menjaga migrasi butir.

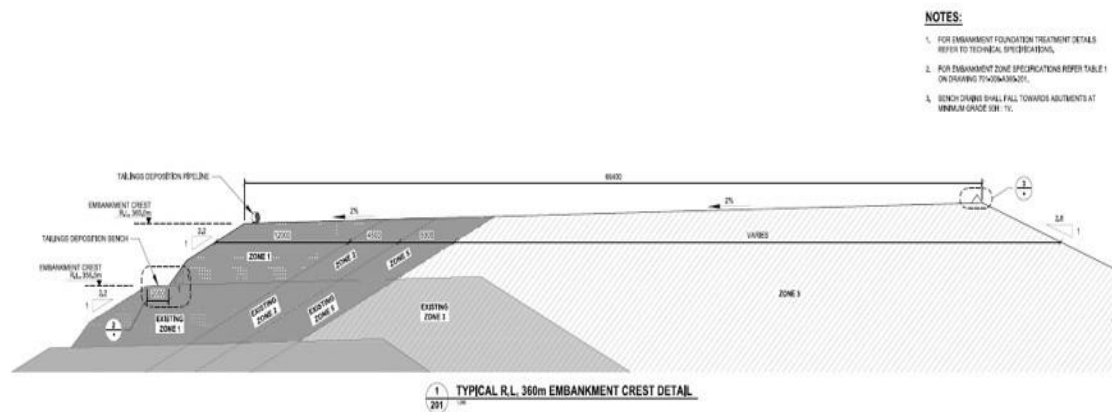
c. Zona 5 : Lapisan Transisi (Mine Waste)

Zona 5 adalah lapisan berbatu yang berasal dari pit. Zona ini berfungsi untuk mengalirkan rembesan air sehingga tidak sempat masuk ke dalam zona 2 dan menahan tercampurnya lapisan filter dengan lapisan struktur. Zona ini memiliki kepadatan yaitu 96%

d. Zona 3 : lapisan struktur

Zona 3 merupakan badan bendungan yang berfungsi sebagai perkuatan tubuh bendungan. Zona ini menggunakan material waste yang berasal dari tanah atau pit dengan kepadatan 95%.

Rencana penimbunan waste di TSF dan struktur bendungan dapat dilihat pada **Gambar 3.10** dan **3.11**.

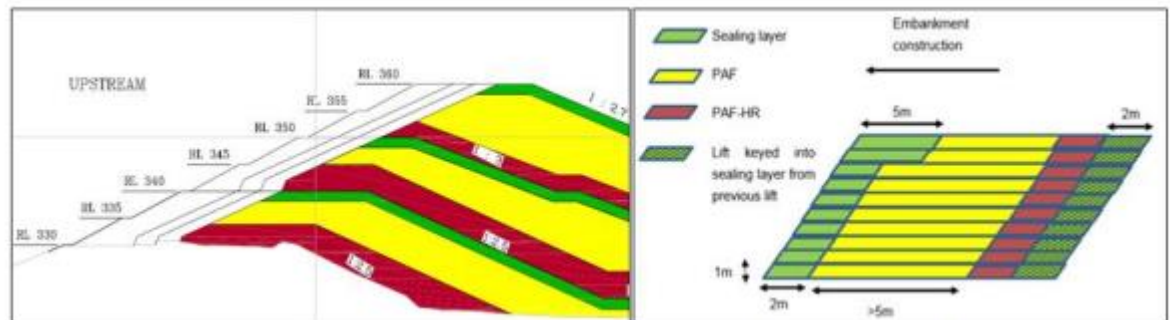


Gambar 3. 10 Struktur Bendungan TSF

(Sumber: PT X, 2021)

Peletakan waste pada TSF menggunakan metode enkapsulasi dengan tujuan untuk membungkus material yang mengandung sulfide sulfur yang berpotensi menimbulkan air asam tambang dengan bahaya resiko tinggi (PAF – *High Risk*) menggunakan material yang tidak berpotensi menimbulkan air asam tambang sampai dengan material yang memiliki bahaya resiko rendah.

Tujuan metode ini dilakukan yaitu untuk menghindari terjadinya kontaminasi material waste yang berpotensi menghasilkan air asam tambang dengan resiko tinggi dengan oksigen. *Sealing layer* yang berada pada lapisan paling luar terdiri dari material waste kelas 1 dan 2 dengan ketebalan 12 meter, lapisan ini dapat ditumbuhi oleh tanaman sehingga dimanfaatkan menjadi media tumbuh sebagai tindakan awal reklamasi. Setelah lapisan *sealing layer* terdapat lapisan waste kelas 5 yaitu material yang berpotensi membentuk asam tetapi juga memiliki zat penetral secara alami sehingga dapat menunda produksi keasaman dengan ketebalan 3 meter. Lapisan selanjutnya adalah lapisan yang berpotensi membentuk asam yaitu terdiri dari waste kelas 3 dan waste kelas 4. Lapisan waste tersebut adalah lapisan yang harus disegel karena dapat menimbulkan air asam tambang yang sangat signifikan jika terkontaminasi dengan oksigen. Berikut adalah ilustrasi enkapsulasi model.



Gambar 3. 11 Metode Enkapsulasi

Sumber: PT X, 2021

Pengaliran tailing ke TSF menggunakan spigot ataupun jalur singkat tunggal (*single short liner*). Tetapi, jalur singkat tunggal hanya digunakan jika terdapat pemeliharaan ataupun kerusakan pada jalur spigot.

Sistem spigot memiliki klem penutup dan juga 1 jalur terbuka tanpa katup. Dengan adanya spigot ini maka tailing dapat dialirkan ke TSF melalui lubang pembuangan (spigot) di sepanjang dinding TSF secara lebih merata. Penempatan spigot ini membantu untuk menjauhkan air dari dinding TSF seperti pada **Gambar 3.12**.

Pengecekan lapangan terhadap pipa tailing dilakukan secara teratur setiap hari. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi terkini pipa dan melakukan tindakan perbaikan jika diperlukan. Selain itu, pengecekan fasilitas pipa tailing secara berkala juga dilakukan dengan mengukur ketebalan pipa. Hal ini dilakukan untuk memonitor kondisi fisik pipa dan memberikan data yang cukup untuk memprediksi penggantian pipa. Hal-hal tersebut dilakukan untuk mencegah adanya kebocoran di area pipa.



Gambar 3. 12 Penyaluran Menggunakan Spigot

Sumber: PT X, 2021

3.2.4 Pengelolaan Air Lindi

Posisi sumur pengumpul lindi mengalami pergeseran sekitar 15 meter dari titik dengan koordinat seperti yang disebutkan dalam izin, karena terjadinya longsoran sumur saat konstruksi di titik awal tersebut. Titik koordinat sumur pengumpul lindi saat ini adalah $99^{\circ} 04' 17.5581''$ BT; $1^{\circ} 30' 35.6673''$ LU, dengan dasar kedalaman pada 243.134 mRL. Pemantauan ketinggian air di sumur pengumpul lindi dilakukan secara berkala. Berdasarkan perencanaannya, jarak 3 meter dari *end of hole* (EOH) atau dasar sumur merupakan tampungan yang terisi sisa cutting hasil pengeboran. Berdasarkan pengukuran pada 31 December 2021, ketinggian permukaan air pada sumur adalah 244.99 mRL. Dengan demikian, belum ada air yang terkumpul pada sumur pengumpul lindi.

Di PT X, pemantauan kualitas air lindi dilakukan setiap 3 (tiga) bulan yang kemudian akan dibandingkan dengan baku mutu yang tertera pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor : SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 Lampiran IV. Air lindi dapat dibuang ke media lingkungan dalam hal ini adalah Sungai jika sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Namun apabila kualitas baku mutu tidak memenuhi baku mutu yang ditentukan, maka air lindi wajib diolah terlebih dahulu di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau *Water Polishing Plant* (WPP).

Hasil Analisis kualitas air lindi di laboratorium yang sudah terakreditasi dapat dilihat pada **Tabel 3.4** di bawah ini.

Tabel 3. 4 Kualitas Air Lindi

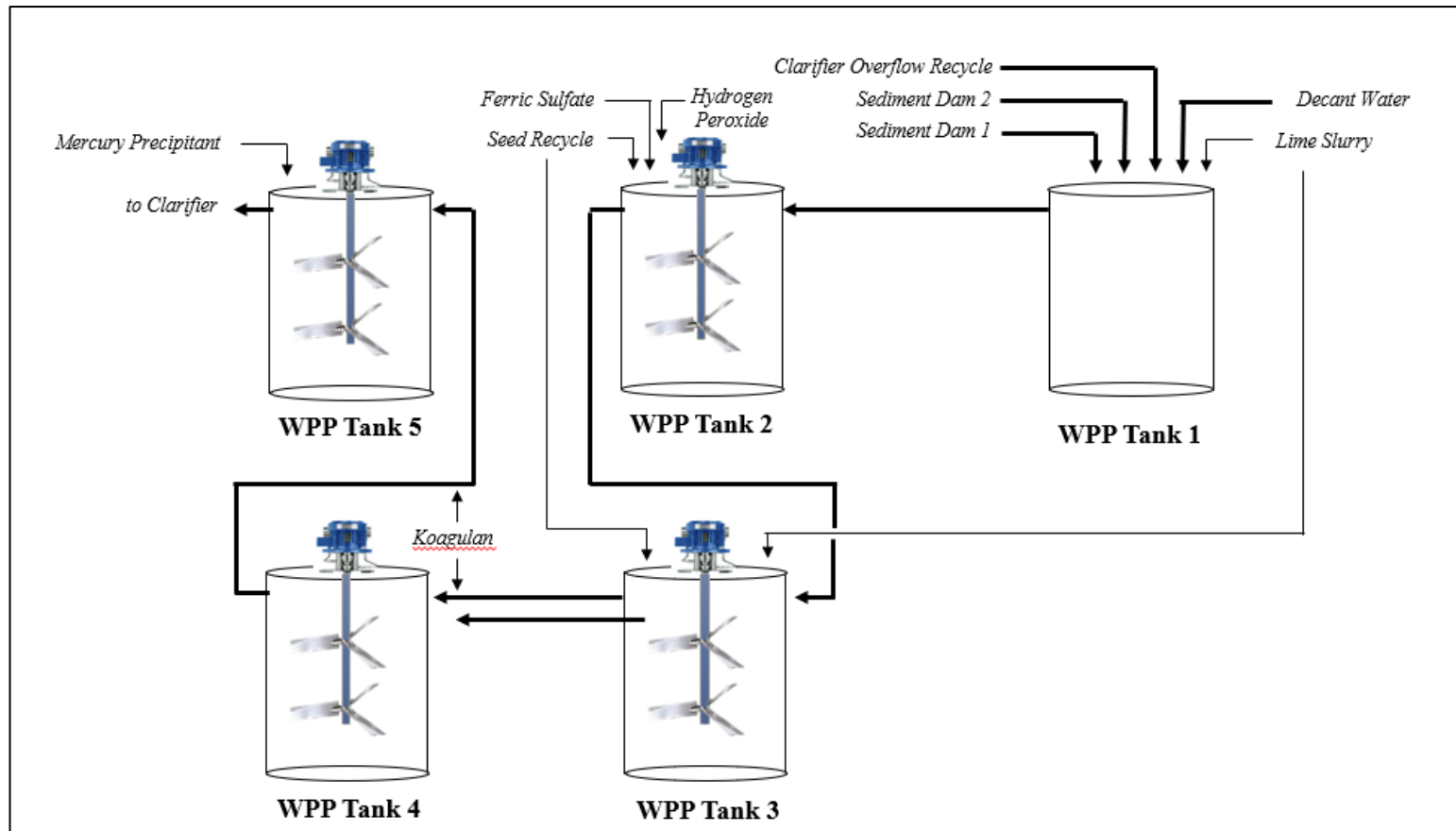
Parameter	Unit	Baku Mutu	2021			
			Maret	Mei	Agustus	Oktober
Temp	°C	38	28.4	27.4	28.6	27.3
pH	-	6-9	7.08	5.96	7.45	4.74
TDS	mg/l	2000	2800	1420	2140	2470
TSS	mg/l	200	8	10	7	3
F	mg/l	2	1.27	1.68	0.37	1.69
S2	mg/l	0.05	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
T. CN	mg/l	0.05	0.534	0.333	0.066	0.298
NH ₃ -N	mg/l	1	0.53	<0.002	1.68	1.67
NO ₃ -N	mg/l	20	4.52	2.52	2.82	2.02
NO ₂ -N	mg/l	1	2.62	<0.001	1.58	<0.01
Fe	mg/l	5	0.063	2.9	0.04	0.007
Mn	mg/l	2	1.01	3.46	1.91	3.16
Cr ⁶⁺	mg/l	0.1	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
As	mg/l	0.1	0.0075	0.0047	0.0071	0.0054
Ba	mg/l	2	0.02	0.02	0.03	0.02
Cd	mg/l	0.05	0.0097	0.0602	0.0099	0.0263
Cr	mg/l	0.5	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Co	mg/l	0.4	0.086	0.092	0.068	0.085

Tabel 3. 5 Kualitas Air Lindi (Lanjutan)

Parameter	Unit	Baku Mutu	2021	Parameter	Unit	Baku Mutu
			Maret	Mei	Agustus	Oktober
Cu	mg/l	2	1.96	1.46	0.08	0.947
Pb	mg/l	0.1	<0.001	<0.001	0.002	0.003
Hg	mg/l	0.002	0.00018	0.0002	0.00009	0.00011
Ni	mg/l	0.2	0.028	0.09	0.026	0.049
Se	mg/l	0.05	0.214	0.0386	0.05	0.0833
Sn	mg/l	2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Zn	mg/l	5	0.035	0.883	0.041	0.245
BOD	mg/l	50	19	7	8	15
Cl ₂	mg/l	1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
COD	mg/l	100	89	37	47	60
O&G	mg/l	10	<1	<1	<1	<1
T. Phenois	mg/l	0.5	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
MBAS	mg/l	5	<0.01	<0.01	<0.001	<0.01
AOX	mg/l	0.5	<0.02	<0.02	0.04	0.03
PCBs	mg/l	0.005	<0.000005	<0.000005	<0.000005	<0.000005
PCDDs *	mg/l	10	<0.07553×10 ⁻⁶	<0.07553×10 ⁻⁶	<0.07553×10 ⁻⁶	<0.07553×10 ⁻⁶
PCDFs *	mg/l	10	<0.03853×10 ⁻⁶	<0.03853×10 ⁻⁶	<0.03853×10 ⁻⁶	<0.03853×10 ⁻⁶

Sumber: PT X, 2022

Maka, sebelum dialirkan ke Sungai, harus di olah terlebih dahulu di WPP. Apabila terjadi hujan, *tailing supernatant* akan bercampur dengan air hujan dan dapat digunakan kembali untuk proses pengolahan bijih. Apabila TSF mengalami kenaikan level air contohnya saat kondisi hujan, maka air dari TSF akan dialirkan menuju ke WPP untuk diolah sebelum dialirkan ke Sungai. Diagram alir WPP dapat dilihat pada **Gambar** berikut.



Gambar 3. 13 Diagram Alir WPP

Sumber: Processing PT X, 2022

Di WPP, terjadi proses penghilangan sianida dan logam berat (arsenik dan merkuri) serta pengaturan pH yang sesuai dengan bakumutu sebelum dialirkan ke sungai. Terdapat 5 tangki di WPP dan *clarifier*. Pada tangki 2 hingga 5, terdapat agitator untuk mengaduk reagen yang ditambahkan pada tangki 1 yaitu Hidrogen Peroksida untuk menurunkan kadar sianida, karena tangki 1 memiliki flow yang tinggi yaitu hingga 3000 m³/h, maka reagen dapat bercampur sendiri tanpa menggunakan agitator. Pada tangki 2 biasanya ditambahkan *reagen ferric sulfat* (FeSO₄), tetapi penambahan reagen ini sudah jarang dilakukan karena kadar arsenik PT X yang selalu berada di bawah standard. Setelah air mengalir dari tangki 2 ke tangki 3, dilakukan penambahan *lime* untuk menjaga pH pada range 6-9 kemudian dialirkan ke tangki 4. Pada tangki 4 dilakukan penambahan koagulan dengan flow 0.3 L/menit untuk membantu pengendapan partikel-partikel diskrit dan partikel yang sudah terikat oleh koagulan akan mengendap di *clarifier*. Kemudian, air dari tangki 4 mengalir ke tangki 5 untuk penambahan *mercury precipitant* yang berfungsi mengurangi sisa merkuri dengan bakumutu sebesar 0.005 mg/liter, tetapi *mercury precipitant* di PT X tidak ditambahkan lagi karena kadar merkuri sudah rendah. Dari tangki 5, air dialirkan ke *clarifier* dimana endapan padat akan dipisahkan dengan air. *Water treatment clarifier* juga selalu dipantau pH-nya menggunakan alat pengukur pH otomatis. Beberapa endapan dari *clarifier* akan dipompa ke TSF sebagai *underflow*, sedangkan *overflow* air yang diolah dari tangki dan sudah memenuhi bakumutu akan dialirkan ke Sungai dan akan selalu dilakukan *sampling* untuk memastikan kualitas air pengolahan di WPP.



Gambar 3. 14 Flokulan Mixing Tank

Sumber: Dokumentasi, 2022



Gambar 3. 15 Tangki WPP

Sumber: Dokumentasi, 2022



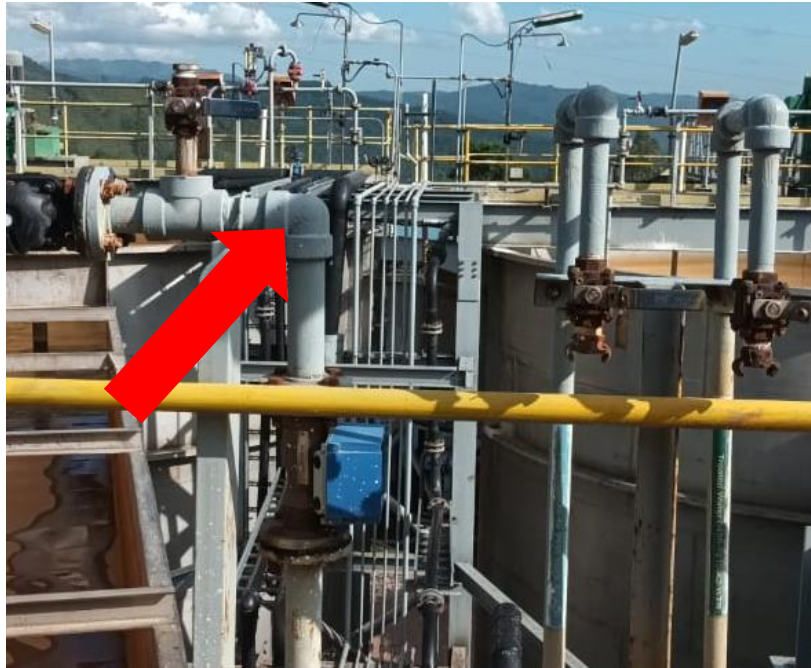
Gambar 3. 16 Pembacaan pH di WPP

Sumber: Dokumentasi, 2022



Gambar 3. 17 Mercury Presipitant

Sumber: Dokumentasi, 2022



Gambar 3. 18 Pipa Penyaluran Lime

Sumber: Dokumentasi, 2022



Gambar 3. 19 Clarifier

Sumber: Dokumentasi, 2022

Air lindi yang berasal dari TSF akan diolah ke WPP sebelum dialirkan ke Sungai dengan menggunakan pipa *High Density Polyethylene* (HDPE), dengan kapasitas maksimum pembuangan 3.300 m³/jam atau 79.200 m³/hari. Debit air selama satu tahun dari bulan januari hingga desember 2021 yang diolah di WPP dapat dilihat pada **Tabel 3.6** di bawah.

Tabel 3. 6 Debit Air di Outlet WPP Jan – Dec

Tanggal	2021											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sept	Okt	Nov	Dec
	Debit (m ³ /hari)											
1	62,603	51,796	-	61,765	46,587	-	32,034	-	62,929	-	69,706	74,225
2	71,226	59,409	-	62,177	49,135	-	37,001	-	44,013	23527	69,166	67,852
3	63,722	56,061	-	64,333	21,385	21,956	37,942	-	30,301	3,536	55,900	75,179
4	60,097	48,582	-	59,547	4,413	28,565	38,195	32,035	43,462	27,318	7,143	66,627
5	60,620	50,419	-	62,222	29,052	61,696	63,022	-	49,041	5,510	1,432	55,298
6	60,781	53,521	19,680	55,136	-	61,133	68,309	-	43,420	23,402	50,601	64,861
7	62,753	57,567	48,180	61,470	-	72,638	70,230	10,924	31,951	6,598	50,389	51,757
8	66,887	17,464	11,703	61,406	-	70,301	34,876	16,061	45,986	-	58,630	52,240
9	61,244	-	21,900	67,741	14,434	23,021	33,346	30,420	48,621	-	21,497	49,698
10	69,984	15,938	41,106	63,330	49,664	24,789	34,305	62,559	42,003	-	18,142	51,957
11	66,385	25,777	43,787	52,402	54,090	23,340	38,021	26,367	36,268	-	21,303	55,382
12	68,883	25,863	44,163	49,811	56,784	22,648	39,278	27,027	34,663	-	12,880	29,505
13	71,499	16,752	46,904	45,566	49,837	46,021	35,176	21,465	36,568	-	6,418	29,333
14	67,496	12,269	66,747	35,202	57,346	69,389	68,231	38,806	30,460	-	61,441	68,524
15	55,872	-	66,961	33,999	72,546	67,019	66,953	36,751	30,505	-	65,514	68,523

Tabel 3. 7 Debit Air di Outlet WPP Jan – Dec (Lanjutan)

Tanggal	2021											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sept	Okt	Nov	Dec
	Debit (m ³ /hari)											
16	57,850	-	67,435	42,484	72,839	70,686	61,182	52,762	30,491	-	65,510	64,265
17	58,895	16,675	70,300	42,778	72,947	63,606	47,585	64,800	33,466	-	66,701	-
18	39,319	22,987	69,188	39,884	17,659	64,686	49,425	56,974	36,393	7,343	66,828	50,379
19	50,289	1,567	72,905	32,947	46,649	66,216	22,263	47,844	46,235	8,289	66,662	69,973
20	23,496	11,899	49,908	26,050	53,901	60,415	3,105	63,438	32,974	-	66,421	73,083
21	49,713	-	65,404	9,427	63,641	72,320	45,841	69,582	26,908	-	65,097	74,486
22	17,187	-	61,219	43,481	71,673	65,738	4,119	68,109	-	11,267	65,396	75,646
23	26,266	-	24,327	36,202	30,684	73,859	-	65,558	-	-	65,825	62,967
24	52,657	2,931	73,889	45,220	26,164	2,722	-	27,920	25,270	-	65,652	73,683
25	45,796	-	62,489	51,801	48,741	48,418	-	26,882	36,351	26,951	65,659	72,553
26	41,610	-	61,533	28,262	38,205	73,884	-	24,408	22,538	60,931	63,842	73,126
27	47,543	-	69,435	40,140	31,240	75,944	-	59,389	21,998	68,533	63,293	73,645
28	43,237	-	63,885	32,995	37,857	34,234	-	64,500	25,027	43,254	71,445	63,593
29	45,969		57,200	30,083	48,300	66,846	-	64,047	37,821	58,240	64,351	71,115
30	64,137		63,051	41,366	-	35,548	-	55,286	11,936	57,703	73,486	71,297
31	55,609		63,320		-		-	57,566		68,154		66,160

Sumber: PT X, 2021

Berdasarkan data debit yang diolah di WPP, debit tertinggi berada pada tanggal 27 Juni 2021 dengan total debit yang diolah adalah 75.944 m³/hari dan masih berada di bawah kapasitas maksimum pembuangan yaitu 79.200 m³/hari.

3.2.5 Pemeriksaan Fasilitas Dam Tailing

Di PT X, dilakukan pemantau kualitas air tanah yang dilakukan di hulu dan hilir TSF. Terdapat 10 lokasi sumur pantau yang terpasang (DGW) dengan letak 2 sumur di hulu dan 8 sumur di hilir.



Gambar 3. 20 Sumur Pantau di PT X (DGW 7)

Sumber: Dokumentasi, 2022

Pelaksanaan sampling kualitas air tanah dilakukan setiap bulan pada tahun pertama dan selanjutnya setiap 3 bulan pada tahun kedua dan seterusnya selama kegiatan operasional penimbunan tailing terus berlangsung menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor : SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 Lampiran IV Republik Indonesia Nomor: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 Tentang Izin Pengeolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Untuk Kegiatan

Penimbunann Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Pada Fasilitas Dam Tailing Atas Nama PT X. Apabila kualitas air tanah pada sumur pantau melebihi baku mutu diasumsikan adanya kebocoran fasilitas dam tailing.



Gambar 3. 21 Pengambilan Sampel Air Tanah di DGW 10

Sumber: Dokumentasi, 2022

Dari 10 sumur pantau, terdapat 3 sumur pantau yang mengalami kendala dalam pemantauannya yaitu sumur DGW01, DGW05, dan DGW08. Pemantauan pada sumur DGW01 tidak dapat dilakukan karena longsor di bagian atas sehingga lokasi tersebut tidak aman untuk bekerja dan akses jalan menuju sumur tersebut ditutup. Untuk DGW05 tidak dapat dilakukan pemantauan karena kondisi sumur yang kering. Terakhir, untuk sumur DGW08 tidak dapat dilakukan pemantauan karena kondisi sumur yang tersumbat dan seiring dengan perkembangan konstruksi TSF, lokasi tersebut telah digunakan untuk konstruksi kaki TSF.

Pemantauan sumur DGW01 tidak dapat dilakukan sejak September 2017, hal ini di sebabkan karena ada longsor di bagian atas sehingga lokasi tersebut tidak aman untuk bekerja dan akses jalan menuju sumur tersebut telah ditutup. Pembuatan sumur baru untuk menggantikan DGW05 telah dilakukan pada bulan Desember

2015 tetapi masih belum dapat dilakukan pengambilan conto hingga saat ini dikarenakan kondisi sumur tidak ada air. Pemantauan sumur DGW08 masih tidak dapat dilakukan pada periode ini di karenakan kondisi sumur tersumbat dan seiring dengan perkembangan kontruksi TSF, lokasi tersebut telah digunakan untuk konstruksi kaki TSF. Terkait dengan hal-hal tersebut diatas, PT X telah menyampaikan surat pemberitahuan No. PT X 1785/XI-17/DIR tertanggal 24 November 2017 mengenai Pemberitahuan Perubahan Desain Konstruksi, Fungsi, dan/atau Pengelolaan Limbah B3 di Fasilitas *Dam Tailing*.

Data sampling air tanah pada masing-masing sumur pantau berdasarkan waktu sampling yaitu per triwulan dapat dilihat pada **Tabel** dibawah ini:

Tabel 3. 8 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan I 2021 (Januari – Maret)

No	Test Description	Units	Results						
			DGW 02	DGW 03	DGW 04	DGW 06	DGW 07	DGW 09	DGW 10
Physical Tests									
1	pH	S.U	5.91	6.2	8.26	5.1	6.52	5.17	6.4
2	Temperature	oC	28.3	24.5	26.5	22.7	27.6	29.2	26.7
3	Total Dissolved Solids, TDS	mg/L	42	68	644	34	134	216	158
4	Total Hardness as CaCO ₃	mg/L	12	29.8	4.2	4.8	86.8	121	126
Anions									
1	Alkalinity Bicarbonate as CaCO ₃	mg/L	25	44	488	15	89	16	111
2	Chloride, Cl ⁻	mg/L	<0.5	0.6	1.9	0.5	<0.5	<0.5	<0.5
3	Cyanide (Free), CN	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
4	Cyanide (Total), CN	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
5	Flouride, F	mg/L	0.02	0.04	2.96	0.05	<0.07	<0.02	0.07
6	Sulphate, SO ₄ 2 ⁻	mg/L	<2	<2	<2	7	<2	157	3
7	Sulphide as H ₂ S	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.156	<0.002	0.033
Nutrients									
1	Free Ammonia, NH ₃ N	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
2	Nitrate, NO ₃ -N	mg/L	0.178	0.027	<0.005	0.008	0.013	0.007	<0.005
3	Nitrite, NO ₂ -N	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Dissolved Metals									
1	Chromium Hexavalent, Cr 6 ⁺	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
2	Iron, Fe	mg/L	<0.005	0.484	0.064	0.206	0.069	0.048	0.159
3	Manganese, Mn	mg/L	<0.001	0.146	0.006	0.028	0.124	0.19	0.236

Tabel 3. 9 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan I 2021 (Januari – Maret) (Lanjutan)

No	Test Description	Units	Results	No	Test Description	Units	Results	No	Test Description
Total Metals			DGW 02	DGW 03	DGW 04	DGW 06	DGW 07	DGW 09	DGW 10
1	Arsenic, As	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.0032	0.0054	0.0019	0.0021	0.0144
2	Barium, Ba	mg/L	0.06	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.16	<0.01
3	Cadmium, Cd	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
4	Calcium, Ca	mg/L	4.01	8.58	2.13	1.32	23	45	29.1
5	Chromium, Cr	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
6	Cobalt, Co	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
7	Copper, Cu	mg/L	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
8	Lead, Pb	mg/L	0.002	0.005	0.01	<0.001	0.021	<0.001	<0.001
9	Magnesium, Mg	mg/L	0.98	1.78	0.29	0.32	6	5.64	8.77
10	Mercury, Hg	mg/L	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
11	Nickel, Ni	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
12	Potassium, K	mg/L	3.67	1.42	0.75	0.56	2.3	4.42	1.76
13	Selenium, Se	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
14	Sodium, Na	mg/L	4.69	5.31	229	7.17	8.84	10.2	7.75
15	Tin, Sn	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
16	Zinc, Zn	mg/L	<0.005	0.008	0.01	<0.005	0.027	<0.005	<0.005

Sumber: PT X, 2021

Tabel 3. 10 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan II 2021 (April - Juni)

No	Test Description	Units	Results						
			DGW 02	DGW 03	DGW 04	DGW 06	DGW 07	DGW 09	DGW 10
Physical Tests									
1	pH	S.U	5.59	6.67	7.88	5.46	7.06	5.28	6.78
2	Temperature	oC	26.9	24.8	25	26.7	27.2	29.2	25.5
3	Total Dissolved Solids, TDS	mg/L	40	64	688	34	114	294	164
4	Total Hardness as CaCO ₃	mg/L	11.3	30.6	6.3	5.4	63.5	158	99.9
Anions									
1	Alkalinity Bicarbonate as CaCO ₃	mg/L	28	45	505	16	88	17	115
2	Chloride, Cl ⁻	mg/L	<0.5	0.5	2.1	0.7	<0.5	<0.5	<0.5
3	Cyanide (Free), CN	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
4	Cyanide (Total), CN	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
5	Flouride, F	mg/L	0.03	0.03	3.81	0.06	0.07	<0.02	0.07
6	Sulphate, SO ₄ 2 ⁻	mg/L	<2	<2	6	8	<2	201	3
7	Sulphide as H ₂ S	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.035
Nutrients									
1	Free Ammonia, NH ₃ N	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.002	<0.02	<0.02
2	Nitrate, NO ₃ -N	mg/L	0.144	0.026	0.018	<0.005	<0.005	<0.005	0.006
3	Nitrite, NO ₂ -N	mg/L	<0.001	<0.001	0.016	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Dissolved Metals									
1	Chromium Hexavalent, Cr ₆₊	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
2	Iron, Fe	mg/L	<0.005	0.608	0.277	0.216	0.12	0.071	0.125
3	Manganese, Mn	mg/L	<0.001	0.135	0.015	0.027	0.114	0.259	0.188

Tabel 3. 11 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan II 2021 (April - Juni) (Lanjutan)

No	Test Description	Units	Results						
			DGW 02	DGW 03	DGW 04	DGW 06	DGW 07	DGW 09	DGW 10
	Total Metals								
1	Arsenic, As	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.0046	0.0049	0.0024	<0.0005	0.0134
2	Barium, Ba	mg/L	0.06	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.16	<0.01
3	Cadmium, Cd	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
4	Calcium, Ca	mg/L	3.52	9.41	3.12	1.92	16.5	55.2	26.6
5	Chromium, Cr	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
6	Cobalt, Co	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
7	Copper, Cu	mg/L	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	0.002	<0.001	<0.001
8	Lead, Pb	mg/L	<0.001	<0.001	0.009	0.006	0.007	<0.001	<0.001
9	Magnesium, Mg	mg/L	0.79	1.65	0.6	0.37	4.67	6.44	7.13
10	Mercury, Hg	mg/L	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
11	Nickel, Ni	mg/L	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
12	Potassium, K	mg/L	3.2	1.21	0.89	0.61	1.88	4.15	1.44
13	Selenium, Se	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
14	Sodium, Na	mg/L	4.14	5.72	267	7.44	7.47	10.7	6.58
15	Tin, Sn	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.006	<0.001	<0.001
16	Zinc, Zn	mg/L	<0.005	0.007	0.013	0.017	<0.005	0.008	<0.005

(Sumber: PT X, 2021)

Tabel 3. 12 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan III 2021 (Juli - September)

No	Test Description	Units	Results						
			DGW 02	DGW 03	DGW 04	DGW 06	DGW 07	DGW 09	DGW 10
Physical Tests									
1	pH	S.U	5.7	5.91	8.39	5.17	7.23	5.41	6.86
2	Temperature	oC	26.1	24	38.1	23.3	26.9	29.2	24.3
3	Total Dissolved Solids, TDS	mg/L	40	70	880	34	125	314	166
4	Total Hardness as CaCO ₃	mg/L	12	33.8	8.8	5.3	64.1	180	99.8
Anions									
1	Alkalinity Bicarbonate as CaCO ₃	mg/L	27	49	510	15	89	16	122
2	Chloride, Cl ⁻	mg/L	<0.5	<0.5	2.1	0.6	<0.5	<0.5	<0.5
3	Cyanide (Free), CN	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
4	Cyanide (Total), CN	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
5	Flouride, F	mg/L	0.03	0.05	3.81	0.07	0.09	<0.02	0.08
6	Sulphate, SO ₄ 2 ⁻	mg/L	<2	<2	<2	8	<2	207	3
7	Sulphide as H ₂ S	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Nutrients									
1	Free Ammonia, NH ₃ N	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.002	<0.02	<0.02
2	Nitrate, NO ₃ -N	mg/L	0.184	<0.005	0.054	0.015	<0.005	0.015	<0.005
3	Nitrite, NO ₂ -N	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Dissolved Metals									
1	Chromium Hexavalent, Cr ₆₊	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
2	Iron, Fe	mg/L	0.013	0.502	0.583	0.2	0.096	0.049	0.126
3	Manganese, Mn	mg/L	0.006	0.151	0.013	0.032	0.113	0.233	0.177

Tabel 3. 13 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan III 2021 (Juli - September) (Lanjutan)

No	Test Description	Units	Results						
			DGW 02	DGW 03	DGW 04	DGW 06	DGW 07	DGW 09	DGW 10
	Total Metals								
1	Arsenic, As	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.0042	0.0055	0.0024	<0.0005	0.0135
2	Barium, Ba	mg/L	0.06	0.04	0.02	0.01	<0.01	0.17	0.02
3	Cadmium, Cd	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
4	Calcium, Ca	mg/L	3.88	11.3	3.47	1.61	16.1	51.3	24.9
5	Chromium, Cr	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
6	Cobalt, Co	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
7	Copper, Cu	mg/L	0.003	<0.001	0.004	0.001	<0.001	<0.001	0.004
8	Lead, Pb	mg/L	0.002	0.002	0.01	0.009	<0.001	<0.001	0.001
9	Magnesium, Mg	mg/L	0.05	1.59	0.74	0.35	5.21	7.17	7.77
10	Mercury, Hg	mg/L	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
11	Nickel, Ni	mg/L	<0.001	<0.001	0.005	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
12	Potassium, K	mg/L	3.83	1.17	0.86	0.56	5.21	4.64	1.46
13	Selenium, Se	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.00005	<0.0005	<0.0005
14	Sodium, Na	mg/L	4.03	8.49	246	6.85	8.31	11.1	7.17
15	Tin, Sn	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
16	Zinc, Zn	mg/L	<0.005	<0.005	0.016	0.008	<0.005	<0.005	0.007

Sumber: PT X, 2021

Tabel 3. 14 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan IV 2021 (Oktober - Desember)

No	Test Description	Units	Results						
			DGW 02	DGW 03	DGW 04	DGW 06	DGW 07	DGW 09	DGW 10
Physical Tests									
1	pH	S.U	5.93	6.13	8.66	5.47	7.23	5.16	7.23
2	Temperature	oC	26.2	24.2	26.9	24.2	27.1	26.6	25.4
3	Total Dissolved Solids, TDS	mg/L	40	68	652	32	122	396	164
4	Total Hardness as CaCO ₃	mg/L	16.1	31.5	5.9	5.4	71.4	287	118
Anions									
1	Alkalinity Bicarbonate as CaCO ₃	mg/L	24	45	514	14	84	15	113
2	Chloride, Cl ⁻	mg/L	<0.5	<0.5	3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
3	Cyanide (Free), CN	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
4	Cyanide (Total), CN	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
5	Flouride, F	mg/L	0.02	0.03	0.98	0.04	0.06	<0.02	0.05
6	Sulphate, SO ₄ 2 ⁻	mg/L	<2	<2	<2	5	<2	273	2
7	Sulphide as H ₂ S	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Nutrients									
1	Free Ammonia, NH ₃ N	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
2	Nitrate, NO ₃ -N	mg/L	0.158	0.017	0.125	0.008	<0.005	0.014	<0.005
3	Nitrite, NO ₂ -N	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Dissolved Metals									
1	Chromium Hexavalent, Cr 6 ⁺	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
2	Iron, Fe	mg/L	0.008	0.411	0.227	0.192	0.084	0.08	0.105
3	Manganese, Mn	mg/L	0.003	0.117	0.01	0.03	0.116	0.351	0.2

Tabel 3. 15 Data Sampling Air Tanah di Sumur Pantau Pada Triwulan IV 2021 (Oktober - Desember) (Lanjutan)

No	Test Description	Units	Results						
			DGW 02	DGW 03	DGW 04	DGW 06	DGW 07	DGW 09	DGW 10
	Total Metals								
1	Arsenic, As	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.0036	0.0055	0.0021	<0.0005	0.0147
2	Barium, Ba	mg/L	0.07	0.03	0.03	<0.01	<0.01	0.17	<0.01
3	Cadmium, Cd	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
4	Calcium, Ca	mg/L	4.77	11.1	4.85	1.79	18.3	83.2	31.3
5	Chromium, Cr	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
6	Cobalt, Co	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
7	Copper, Cu	mg/L	0.001	<0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
8	Lead, Pb	mg/L	0.004	<0.001	0.021	0.005	<0.001	<0.001	<0.001
9	Magnesium, Mg	mg/L	0.9	1.52	0.83	0.38	5.19	9.66	8.19
10	Mercury, Hg	mg/L	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
11	Nickel, Ni	mg/L	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
12	Potassium, K	mg/L	3.43	1.05	1.18	0.64	1.99	5.37	1.6
13	Selenium, Se	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
14	Sodium, Na	mg/L	3.93	6.18	275	7.45	8.67	13.7	7.95
15	Tin, Sn	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
16	Zinc, Zn	mg/L	0.008	<0.005	0.02	0.02	<0.005	<0.005	<0.005

(Sumber: PT X, 2021)

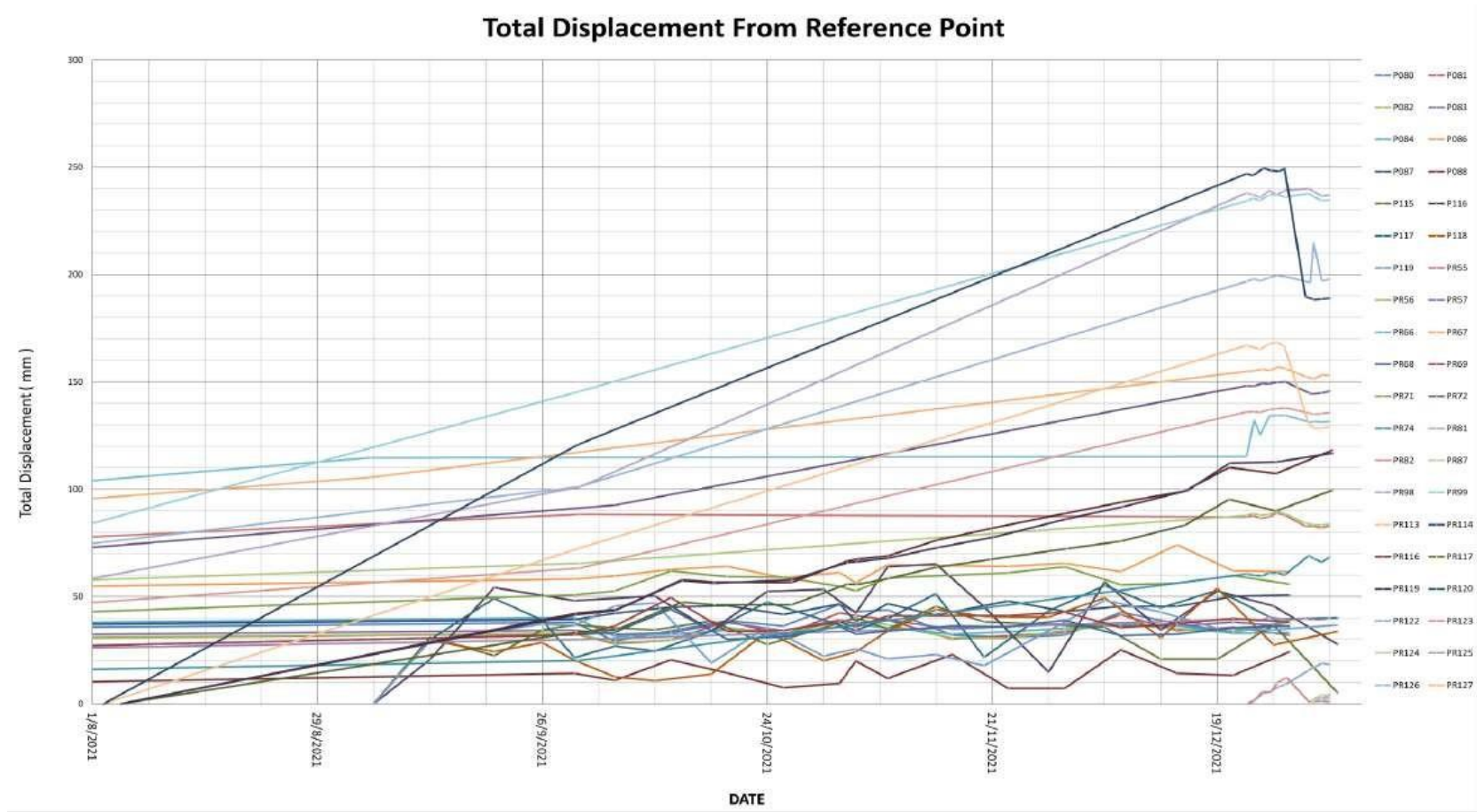
3.2.6 Penanggulangan Ketidakstabilan dan Kebocoran Fasilitas TSF

Pemantauan kestabilan dan kebocoran TSF dibantu dengan pengamatan melalui beberapa instrumentasi yaitu penempatan pin monitoring di 13 titik lokasi dan prisma di 29 titik lokasi. Selain itu, stabilitas lereng TSF juga dipantau dengan 40 piezometer dengan jenis *Vibrating Wire Piezometer* (VWPs) dan 9 inclinometer aktif. Juga tambahan instrumentasi seperti *Strong Motion Accelerograph* (SMA) dan *Waste Rock Storage Facility* (WRSF). Data pemantauan masing-masing instrument dapat dilihat pada subbab di bawah ini:

3.2.6.1 Prisma

Pemantauan kestabilan TSF dilakukan dengan penempatan pin monitoring di 13 titik lokasi dan prisma di 29 titik lokasi. Prisma akan dibaca secara otomatis oleh *Robotic Total Station* (RTS) dengan pengambilan data setiap minggu. Prisma akan menunjukkan pergerakan yang timbul pada permukaan tubuh bendungan selama periode pengamatan. Sampai bulan desember 2021, terdapat 5 prisma yang dicabut karena berada pada aktivitas penimbunan. Pergerakan di atas nilai prakiraan pada prisma tertentu telah diselidiki dan diketahui disebabkan oleh konstruksi atau pekerjaan lereng di daerah hilir. Beberapa prisma terhalang oleh vegetasi, saat ini sedang dilaksanakan pembersihan belukar di daerah lereng hilir.

Grafik pembacaan *surface monitoring report* pada dapat dilihat pada **Gambar berikut**.

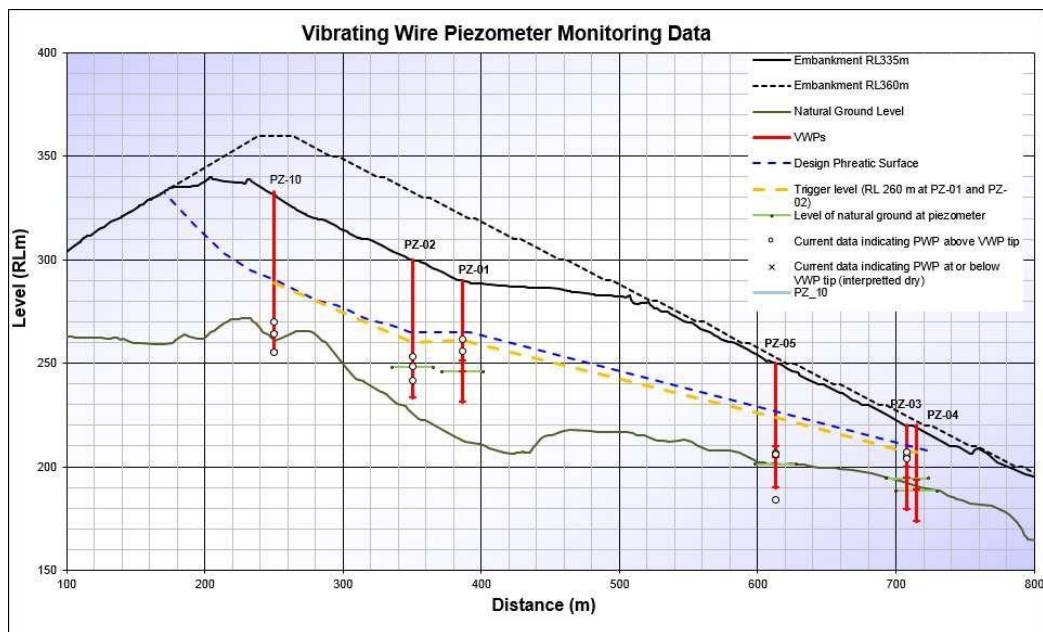


Gambar 3. 22 Surface Monitoring Report

Sumber: PT X, 2021

3.2.6.1 Vibrating Wire Piezometer (VWPs)

Piezometer berfungsi untuk mengukur tekanan air pori pada kedalaman tertentu di tubuh bendungan. Sampai akhir desember 2021, ada 40 VWPs yang terpasang di tanggul dan dipantau secara teratur terhadap level pemicu yang ditetapkan 5 m di bawah level freatik desain. Gambar *Vibrating Wire Piezometer (VWP) Data Monitoring* dapat dilihat pada **Gambar 4.30**.



Gambar 3. 23 Vibrating Wire Piezometer (VWP) Data Monitoring

Sumber: PT X, 2021

Pada Triw.4/2021, peningkatan pembacaan tekanan air pori tercatat pada pisometer PZ-04, PZ-10 dan PZ-15. Peningkatan pembacaan ini disebabkan oleh aktivitas konstruksi dan penempatan bahan pengisi di area tersebut. Pada akhir Desember 2021 nilai pisometer ini mulai stabil dan menurun, semua nilai pisometer tercatat berada di bawah level pemicu. Data pengamatan *piezometer* sampai akhir tahun 2021 di TSF dapat dilihat pada **Tabel** di bawah:

Tabel 3. 16 Analisa Data Vibrating Wire Piezometer (VWP) Oktober – Desember 2021

Bore hole	Piezo ID	Location	Current Fill Level	Phreatic Surface	Phreatic Surface	Phreatic Surface	Phreatic Surface	Change in phreatic level over this Month	Change in phreatic level over this Month	Change in phreatic level over this Month	Trigger Level*2	Trigger Level*2	Trigger Level*2	Variation Below Trigger	Variation Below Trigger	Variation Below Trigger	Variation Below Surface Level	Variation Below Surface Level	Variation Below Surface Level	Sensor Position	Remarks
				Sep 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dec 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dec 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dec 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dec 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dec 2021		
			(RLm)	(RLm)	(RLm)	(RLm)	(RLm)	(m)	(m)	(m)	(RLm)	(RLm)	(RLm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
PZ-01	VWP01	Upper downstream slope	332.8	257.71	257.68	257.61	257.71	-0.03	-0.06	0.10	261	261	261	3.32	3.39	3.29	75.12	75.19	75.09	at Embankment	OK
	VWP02		332.8	261.00	261.06	261.03	261.03	0.06	-0.03	0.00	261	261	261	-0.06	-0.03	-0.03	71.74	71.77	71.77	at Embankment	TRIGGERED
PZ-02	VWP04	Upper downstream slope	331	253.58	253.58	253.58	253.64	0.00	0.00	0.07	260	261	261	6.42	7.42	7.36	77.42	77.42	77.36	at Embankment	OK
	VWP05		331	249.19	249.22	249.19	249.22	0.03	-0.03	0.03	260	261	261	10.78	11.81	11.78	81.78	81.81	81.78	at Embankment	OK
	VWP06		331	241.63	241.78	241.81	242.27	0.14	0.04	0.46	260	261	261	18.22	19.19	18.73	89.22	89.19	88.73	at Foundation	OK
PZ-03	VWP07	Lower downstream slope	242.3	207.87	207.83	207.75	208.01	-0.04	-0.08	0.26	212	212	212	4.17	4.25	3.99	34.47	34.55	34.29	at Embankment	OK
	VWP08		242.3	207.42	207.32	207.17	207.37	-0.10	-0.15	0.20	212	212	212	4.68	4.83	4.63	34.98	35.13	34.93	at Embankment	OK
	VWP09		242.3	209.92	209.68	209.23	210.20	-0.24	-0.45	0.97	212	212	212	2.32	2.77	1.80	32.62	33.07	32.10	at Foundation	OK
PZ-04	VWP10	Lower downstream slope	243.3	210.98	210.92	210.74	210.71	-0.06	-0.19	-0.03	211.5	211.5	211.5	0.58	0.76	0.79	32.38	32.56	32.59	at Embankment	OK
	VWP11		243.3	211.50	211.39	210.90	211.13	-0.11	-0.50	0.24	211.5	211.5	211.5	0.11	0.60	0.37	31.91	32.40	32.17	at Embankment	OK
	VWP12		243.3	185.43	185.21	185.22	185.77	-0.22	0.01	0.55	211.5	211.5	211.5	26.29	26.28	25.73	58.09	58.08	57.53	at Foundation	OK
-	VWP13	Within tailings	-	344.40	344.31	344.20	344.14	-0.09	-0.11	-0.06	None	None	None	-	-	-	-	-	-	at Tailings	OK
-	VWP14		-	348.39	348.63	348.18	348.27	0.24	-0.46	0.09	None	None	None	-	-	-	-	-	-	at Tailings	OK
-	VWP15		-	346.21	347.69	346.76	347.44	1.48	-0.92	0.68	None	None	None	-	-	-	-	-	-	at Tailings	OK
PZ-05	VWP16	Mid downstream slope	256	223.48	223.71	223.65	223.39	0.23	-0.06	-0.26	224	226	226	0.29	2.35	2.61	32.29	32.35	32.61	at Embankment	OK
	VWP17		256	221.23	221.11	220.92	220.55	-0.12	-0.19	-0.37	224	226	226	2.89	5.08	5.45	34.89	35.08	35.45	at Embankment	OK
PZ-06	VWP19	Mid downstream slope	276	243.89	243.13	242.42	242.72	-0.76	-0.71	0.30	Dry	Dry	Dry	Dry	Dry	Dry	32.87	33.58	33.28	at Embankment	Interpreted as a dry zone
	VWP20		276	215.38	216.10	216.49	216.42	0.73	0.39	-0.07	225	235	235	8.90	18.51	18.58	59.90	59.51	59.58	at Embankment	OK
	VWP21		276	190.39	190.39	190.44	190.53	0.00	0.05	0.09	225	235	235	34.61	44.56	44.47	85.61	85.56	85.47	at Embankment	OK
PZ-07	VWP22	Mid RHS slope	295	257.67	257.57	257.57	257.71	-0.09	0.00	0.14	Dry	Dry	Dry	Dry	Dry	Dry	37.43	37.43	37.29	at Embankment	Interpreted as a dry zone
	VWP23		295	248.46	248.07	247.46	246.79	-0.39	-0.61	-0.67	253	253	253	4.93	5.54	6.21	46.93	47.54	48.21	at Foundation	OK
	VWP24		295	246.86	246.70	245.95	245.52	-0.16	-0.75	-0.43	253	253	253	6.30	7.05	7.48	48.30	49.05	49.48	at Foundation	OK
PZ-08	VWP031	Lower downstream	170	145.07	145.07	145.13	145.18	0.00	0.05	0.05	150	147	147	4.93	1.87	1.82	24.93	24.87	24.82	at Embankment	OK
	VWP032		170	143.35	143.52	143.41	143.69	0.17	-0.11	0.28	150	147	147	6.48	3.59	3.31	26.48	26.59	26.31	at Embankment	OK
	VWP033		170	143.21	143.27	143.21	143.44	0.06	-0.06	0.22	150	147	147	6.73	3.79	3.56	26.73	26.79	26.56	at Foundation	OK
PZ-10	VWP028	Upper downstream	360.3	270.29	270.33	270.33	270.27	0.04	-0.01	-0.05	289	294	294	18.67	23.67	23.73	89.97	89.97	90.03	at Embankment	OK
	VWP029		360.3	261.83	265.07	273.62	278.78	3.23	8.56	5.16	289	294	294	23.93	20.38	15.22	95.23	86.68	81.52	at Embankment	OK
	VWP030		360.3	255.71	255.62	255.74	255.45	-0.09	0.11	-0.29	289	294	294	33.38	38.26	38.55	104.68	104.56	104.85	at Foundation	OK
PZ-11	VWP025	Mid RHS slope	300	263.74	263.74	263.68	263.74	0.00	-0.06	0.06	264	264	264	0.26	0.32	0.26	36.26	36.32	36.26	at Embankment	Interpreted as a dry zone
	VWP026		300	262.99	262.82	262.32	262.10	-0.17	-0.50	-0.22	264	264	264	1.18	1.68	1.90	37.18	37.68	37.90	at Embankment	OK
	VWP027		300	262.76	262.65	262.21	261.82	-0.11	-0.44	-0.39	264	264	264	1.35	1.79	2.18	37.35	37.79	38.18	at Foundation	OK

Tabel 3. 17 Analisa Data Vibrating Wire Piezometer (VWP) Oktober – Desember 2021 (Lanjutan)

Bore hole	Piezo ID	Location	Current Fill Level	Phreatic Surface	Phreatic Surface	Phreatic Surface	Phreatic Surface	Change in phreatic level over this Month	Change in phreatic level over this Month	Change in phreatic level over this Month	Trigger Level*2	Trigger Level*2	Trigger Level*2	Variation Below Trigger	Variation Below Trigger	Variation Below Trigger	Variation Below Surface Level	Variation Below Surface Level	Variation Below Surface Level	Sensor Position	Remarks
				Sep 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dec 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dec 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dec 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dec 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dec 2021		
				(RLm)	(RLm)	(RLm)	(RLm)	(m)	(m)	(m)	(RLm)	(RLm)	(RLm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
PZ-13	VWP40	Lower downstream	242.25	197.14	196.87	196.89	196.71	-0.26	0.02	-0.18	202	202	202	5.13	5.11	5.29	45.38	45.36	45.54	at Embankment	OK
	VWP41		242.25	182.93	183.02	182.97	186.31	0.08	-0.04	3.34	202	202	202	18.98	19.03	15.69	59.23	59.28	55.94	at Embankment	OK
	VWP42		242.25	180.01	179.85	179.43	179.80	-0.15	-0.42	0.37	202	202	202	22.15	22.57	22.20	62.40	62.82	62.45	at Foundation	OK
PZ-14	VWP037	Upper downstream slope	332.8	259.63	259.64	259.64	259.64	0.01	0.00	0.01	261	261	261	1.36	1.36	1.36	73.16	73.16	73.16	at Embankment	OK
	VWP038		332.8	252.91	252.95	252.94	252.96	0.04	-0.01	0.02	261	261	261	8.05	8.06	8.04	79.85	79.86	79.84	at Embankment	OK
	VWP039		332.8	254.51	254.25	254.17	253.84	-0.25	-0.08	-0.33	261	261	261	6.75	6.83	7.16	78.55	78.63	78.96	at Foundation	OK
PZ-15	VWP034	Upper downstream slope	313.9	249.67	249.31	249.11	251.45	-0.36	-0.20	2.34	255	255	255	5.69	5.89	3.55	64.59	64.79	62.45	at Embankment	OK
	VWP035		313.9	248.11	247.80	247.62	250.09	-0.31	-0.19	2.47	255	255	255	7.20	7.38	4.91	66.10	66.28	63.81	at Embankment	OK
	VWP036		313.9	248.18	247.90	247.62	249.98	-0.28	-0.28	2.36	255	255	255	7.10	7.38	5.02	66.00	66.28	63.92	at Foundation	OK

(Sumber: PT X, 2021)

4.2.6.2 Inclinometer

Instrumentasi inclinometer juga dipasang untuk memantau stabilitas lereng TSF. Inclinometer adalah alat monitoring pergerakan bawah tanah dengan menggunakan sensor. Sensor akan ditanam melalui pengeboran dengan kedalaman tertentu. Pengukuran dilakukan setiap kurun waktu tertentu, sehingga pergerakan tidak boleh terlalu cepat dalam waktu yang singkat. Ketika terjadi getaran yang cepat maka harus dicurigai terjadi sesuatu didalam bendungan. PT X memiliki konsultan sebagai penilai batas getaran yang diperbolehkan. Saat ini terdapat 9 inclinometer yang aktif dimonitor setiap minggu untuk memantau pergerakan di dalam tubuh bendungan TSF dengan mengamati perubahan derajat kemiringannya.

4.2.6.4 SMA (Strong Motion Accelerograph)

Alat yang digunakan untuk memonitoring getaran akibat gempa, dalam aktivitas penambangan getaran dapat dihasilkan dari aktivitas alat berat dan peledakan. Getaran yang dihasilkan oleh aktivitas tersebut dapat mempengaruhi bendungan. Bendungan dengan kepadatan 96% tetap memiliki kemungkinan untuk terjadinya retakan dengan batas kekuatan tertentu. SMA akan mendeteksi percepatan permukaan tanah sehingga konsultan dapat menilai batas pergerakan yang dapat diterima oleh bendungan. WRSF akan melakukan pembacaan suhu, kadar oksigen dan tekanan air dengan batas oksigen yaitu dibawah 5% dan derajat kejenuhan diatas 85%.

4.2.6.4 WRSF (Water Rock Storage Facility)

Bendungan dibangun dari material waste yang memiliki mineral sulfida. Mineral sulfida jika terkontaminasi dengan oksigen dan air akan teroksidasi dan membentuk air asam tambang. WRSF berfungsi untuk memonitoring pembentukan air asam tambang menggunakan sensor yang akan membaca oksigen, derajat kejenuhan, suhu dan tekanan air

4.2.6.4 Leachate Collection

Limbah dari proses pengolahan termasuk limbah B3 yaitu limbah beracun karena

mengandung sianida. Sehingga bendungan dirancang agar limbah tidak merembes ke bendungan dan mengalir ke penampungan. Leachate Collection mengidentifikasi rembesan air dengan mengukur ketinggian air tanah yang terdapat di dalam bendungan. Posisi sumur pengumpul lindi mengalami pergeseran sekitar 15 meter dari titik dengan koordinat seperti yang disebutkan dalam izin, karena terjadinya longsor sumur saat konstruksi di titik awal tersebut. Titik koordinat sumur pengumpul lindi saat ini adalah $99^{\circ} 04' 17.5581''$ BT; $1^{\circ} 30' 35.6673''$ LU, dengan dasar kedalaman pada 243.134 mRL.

Pemantauan ketinggian air di sumur pengumpul lindi dilakukan secara berkala. Berdasarkan perencanaannya, jarak 3 meter dari *end of hole* (EOH) atau dasar sumur merupakan tampung yang terisi sisa cutting hasil pengeboran. Berdasarkan pengukuran pada 31 Desember 2021, ketinggian permukaan air pada sumur adalah 244.99 mRL. Dengan demikian, belum ada air yang terkumpul pada sumur pengumpul lindi dan belum ada analisa kualitas air yang bersumber dari sumur pengumpul lindi, untuk mengetahui kualitas air yang terkumpul di sumur pengumpul lindi sebagai indikator ada tidaknya rembesan air lindi dari TSF.

3.2.7 Pencatatan Kegiatan Penimbunan Limbah B3

Dalam kegiatan penimbunan, perlu dilakukan pencatatan untuk mengetahui volume limbah B3 yang ditampung di TSF. Sejak awal operasional TSF pada Juli 2012 hingga Desember 2021, telah terisi material sebanyak $34.844.522 \text{ m}^3$. Jumlah tersebut merupakan jumlah tailing yang dialirkan ke TSF ditambah air curah hujan dan limpasan hujan serta dikurangi jumlah air yang digunakan kembali dari TSF ke pabrik dan juga dikurangi jumlah air yang dipompa dari TSF dan diolah di WPP.

Pencatatan penimbunan limbah tailing pada TSF, neraca limbah, dan neraca pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun dapat dilihat pada **Tabel** dan **Gambar berikut**.

Tabel 3. 18 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021

No	Tanggal Masuk Limbah Tailing ke Lokasi Penimbunan	Sumber Limbah B3	Limbah Tailing yang Ditimbun		Akumulasi Limbah Sejak Awal Ditimbun		Keterangan
			(dalam satuan ton dan m ³)		(dalam satuan ton dan m ³)		
			ton	m ³	ton	m ³	
1	Jul-12	Processing	12,272	5,748	12,272	5,748	
2	Aug-12	Processing	1,070,975	999,462	1,083,247	1,005,210	
3	Sep-12	Processing	689,659	622,277	1,772,907	1,627,487	
4	Oct-12	Processing	1,004,585	990,998	2,777,492	2,618,486	
5	Nov-12	Processing	824,165	699,230	3,601,657	3,317,715	
6	Dec-12	Processing	353,185	173,844	3,954,842	3,491,559	
7	Jan-13	Processing	(141,189)	(298,691)	3,813,653	3,192,868	
8	Feb-13	Processing	69,440	(94,600)	3,883,093	3,098,268	
9	Mar-13	Processing	(134,216)	(306,652)	3,748,876	2,791,616	
10	Apr-13	Processing	992,340	800,225	4,741,217	3,591,841	
11	May-13	Processing	182,101	(35,706)	4,923,317	3,556,134	
12	Jun-13	Processing	454,697	266,921	5,378,014	3,823,055	
13	Jul-13	Processing	537,962	323,462	5,915,976	4,146,518	
14	Aug-13	Processing	731,123	552,713	6,647,099	4,699,231	
15	Sep-13	Processing	206,051	(2,263)	6,853,149	4,696,967	

Tabel 3. 19 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)

No	Tanggal Masuk Limbah Tailing ke Lokasi Penimbunan	Sumber Limbah B3	Limbah Tailing yang Ditimbun		Akumulasi Limbah Sejak Awal Ditimbun		Keterangan
			(dalam satuan ton dan m ³)		(dalam satuan ton dan m ³)		
			ton	m ³	ton	m ³	
16	Oct-13	Processing	539,027	388,062	7,392,176	5,085,030	
17	Nov-13	Processing	637,082	437,146	8,029,258	5,522,176	
18	Dec-13	Processing	246,650	246,650	8,275,908	5,768,826	
19	Jan-14	Processing	(176,322)	(370,230)	8,099,586	5,398,596	
20	Feb-14	Processing	88,382	(80,125)	8,187,968	5,318,471	
21	Mar-14	Processing	446,556	258,533	8,634,524	5,577,003	
22	Apr-14	Processing	1,436,871	1,239,104	10,071,394	6,816,107	
23	May-14	Processing	200,224	29,802	10,271,619	6,845,909	
24	Jun-14	Processing	(73,483)	(272,842)	10,198,136	6,573,066	
25	Jul-14	Processing	310,669	111,912	10,508,805	6,684,978	
26	Aug-14	Processing	750,802	531,392	11,259,606	7,216,370	
27	Sep-14	Processing	392,084	185,095	11,651,691	7,401,465	
28	Oct-14	Processing	315,694	99,113	11,967,385	7,500,578	
29	Nov-14	Processing	1,127,956	908,663	13,095,341	8,409,241	
30	Dec-14	Processing	177,709	(23,130)	13,273,050	8,386,111	
31	Jan-15	Processing	681,883	443,086	13,954,933	8,829,197	
32	Feb-15	Processing	120,485	(60,412)	14,075,418	8,768,785	

Tabel 3. 20 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)

No	Tanggal Masuk Limbah Tailing ke Lokasi Penimbunan	Sumber Limbah B3	Limbah Tailing yang Ditimbun		Akumulasi Limbah Sejak Awal Ditimbun		Keterangan
			(dalam satuan ton dan m ³)		(dalam satuan ton dan m ³)		
			ton	m ³	ton	m ³	
33	Mar-15	Processing	427,283	193,038	14,502,700	8,961,822	
34	Apr-15	Processing	27,840	(156,759)	14,530,540	8,805,064	
35	May-15	Processing	94,294	(118,727)	14,624,834	8,686,337	
36	Jun-15	Processing	192,725	(20,818)	14,817,559	8,665,519	
37	Jul-15	Processing	472,109	253,162	15,289,668	8,918,681	
38	Aug-15	Processing	609,720	367,524	15,899,388	9,286,205	
39	Sep-15	Processing	950,432	744,921	16,849,820	10,031,126	
40	Oct-15	Processing	146,051	(82,268)	16,995,871	9,948,858	
41	Nov-15	Processing	722,616	517,133	17,718,487	10,465,991	
42	Dec-15	Processing	474,408	243,278	18,192,894	10,709,269	
43	Jan-16	Processing	348,006	135,283	18,540,900	10,844,552	
44	Feb-16	Processing	269,047	32,691	18,809,947	10,877,243	
45	Mar-16	Processing	270,529	8,903	19,080,476	10,886,146	
46	Apr-16	Processing	542,441	321,779	19,622,917	11,207,925	
47	May-16	Processing	1,454,923	1,217,807	21,077,840	12,425,732	
48	Jun-16	Processing	203,596	(8,497)	21,281,435	12,417,236	
49	Jul-16	Processing	357,227	107,180	21,638,662	12,524,416	

Tabel 3. 21 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)

No	Tanggal Masuk Limbah Tailing ke Lokasi Penimbunan	Sumber Limbah B3	Limbah Tailing yang Ditimbun		Akumulasi Limbah Sejak Awal Ditimbun		Keterangan
			(dalam satuan ton dan m ³)		(dalam satuan ton dan m ³)		
			ton	m ³	ton	m ³	
50	Aug-16	Processing	375,207	106,111	22,013,869	12,630,526	
51	Sep-16	Processing	562,173	301,811	22,576,043	12,932,338	
52	Oct-16	Processing	1,166,620	876,206	23,742,663	13,808,544	
53	Nov-16	Processing	918,877	670,045	24,661,540	14,478,589	
54	Dec-16	Processing	744,295	465,087	25,405,835	14,943,677	
55	Jan-17	Processing	320,341	105,707	25,726,176	15,049,384	
56	Feb-17	Processing	(389,840)	(635,881)	25,336,336	14,413,503	
57	Mar-17	Processing	294,455	3,280	25,630,790	14,416,782	
58	Apr-17	Processing	(195,713)	(460,919)	25,435,077	13,955,864	
59	May-17	Processing	780,597	478,283	26,215,674	14,434,147	
60	Jun-17	Processing	741,885	465,464	26,957,560	14,899,611	
61	Jul-17	Processing	491,773	232,855	27,449,332	15,132,466	
62	Aug-17	Processing	450,043	154,930	27,899,375	15,287,395	
63	Sep-17	Processing	652,435	369,905	28,551,810	15,657,300	
64	Oct-17	Processing	794,181	518,718	29,345,990	16,176,018	
65	Nov-17	Processing	1,828,551	1,527,319	31,174,541	17,703,337	
66	Dec-17	Processing	(88,952)	(377,198)	31,085,589	17,326,139	

Tabel 3. 22 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)

No	Tanggal Masuk Limbah Tailing ke Lokasi Penimbunan	Sumber Limbah B3	Limbah Tailing yang Ditimbun		Akumulasi Limbah Sejak Awal Ditimbun		Keterangan
			(dalam satuan ton dan m ³)		(dalam satuan ton dan m ³)		
			ton	m ³	ton	m ³	
67	Jan-18	Processing	(105,817)	(362,669)	30,979,772	16,963,470	
68	Feb-18	Processing	954,687	672,673	31,934,460	17,636,143	
69	Mar-18	Processing	1,187,567	876,205	33,122,027	18,512,348	
70	Apr-18	Processing	795,769	489,002	33,917,796	19,001,351	
71	May-18	Processing	(137,257)	(403,940)	33,780,539	18,597,410	
72	Jun-18	Processing	488,703	196,075	34,269,242	18,793,485	
73	Jul-18	Processing	1,529,577	1,214,170	35,798,819	20,007,655	
74	Aug-18	Processing	(151,906)	(403,057)	35,646,913	19,604,598	
75	Sep-18	Processing	489,296	182,674	36,136,209	19,787,272	
76	Oct-18	Processing	825,212	522,250	36,961,421	20,309,522	
77	Nov-18	Processing	1,380,959	1,138,541	38,342,381	21,448,062	
78	Dec-18	Processing	253,965	(40,279)	38,596,346	21,407,783	
79	Jan-19	Processing	(53,751)	(377,734)	38,542,595	21,030,050	
80	Feb-19	Processing	609,149	321,706	39,151,744	21,351,756	
81	Mar-19	Processing	619,538	315,190	39,771,283	21,666,946	
82	Apr-19	Processing	646,153	328,293	40,417,436	21,995,238	
83	May-19	Processing	445,545	123,049	40,862,981	22,118,288	

Tabel 3. 23 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)

No	Tanggal Masuk Limbah Tailing ke Lokasi Penimbunan	Sumber Limbah B3	Limbah Tailing yang Ditimbun		Akumulasi Limbah Sejak Awal Ditimbun		Keterangan
			(dalam satuan ton dan m ³)		(dalam satuan ton dan m ³)		
			ton	m ³	ton	m ³	
84	Jun-19	Processing	732,287	414,717	41,595,268	22,533,005	
85	Jul-19	Processing	1,171,553	882,721	42,766,821	23,415,726	
86	Aug-19	Processing	579,239	249,188	43,346,060	23,664,914	
87	Sep-19	Processing	539,384	224,204	43,885,445	23,889,118	
88	Oct-19	Processing	933,400	614,355	44,818,845	24,503,473	
89	Nov-19	Processing	827,527	553,159	45,646,372	25,056,632	
90	Dec-19	Processing	703,020	389,710	46,349,393	25,446,342	
91	Jan-20	Processing	654,388	334,901	47,003,781	25,781,243	
92	Feb-20	Processing	(18,386)	(278,055)	46,985,395	25,503,188	
93	Mar-20	Processing	721,128	387,357	47,706,524	25,890,544	
94	Apr-20	Processing	213,522	(99,738)	47,920,046	25,790,807	
95	May-20	Processing	621,517	309,656	48,541,563	26,100,462	
96	Jun-20	Processing	438,171	156,875	48,979,734	26,257,337	
97	Jul-20	Processing	1,405,201	1,066,844	50,384,935	27,324,181	
98	Aug-20	Processing	1,146,683	819,661	51,531,618	28,143,842	
99	Sep-20	Processing	355,319	36,902	51,886,937	28,180,744	
100	Oct-20	Processing	771,542	468,479	52,658,479	28,649,223	

Tabel 3. 24 Lembar Penimbunan Tailing Juli 2012 – Desember 2021 (Lanjutan)

No	Tanggal Masuk Limbah Tailing ke Lokasi Penimbunan	Sumber Limbah B3	Limbah Tailing yang Ditimbun		Akumulasi Limbah Sejak Awal Ditimbun		Keterangan
			(dalam satuan ton dan m ³)		(dalam satuan ton dan m ³)		
			ton	m ³	ton	m ³	
101	Nov-20	Processing	877,739	558,676	53,536,218	29,207,899	
102	Dec-20	Processing	1,429,762	1,095,421	54,965,980	30,303,320	
103	Jan-21	Processing	(309,772)	(599,778)	54,656,208	29,703,542	
104	Feb-21	Processing	531,635	222,497	55,187,842	29,926,039	
105	Mar-21	Processing	988,557	671,355	56,176,399	30,597,395	
106	Apr-21	Processing	389,195	80,274	56,565,594	30,677,669	
107	May-21	Processing	1,017,710	723,718	57,583,304	31,401,387	
108	Jun-21	Processing	524,042	203,598	58,107,345	31,604,984	
109	Jul-21	Processing	811,586	508,371	58,918,932	32,113,355	
110	Aug-21	Processing	437,115	130,481	59,356,047	32,243,836	
111	Sep-21	Processing	906,494	575,463	60,262,541	32,819,299	
112	Oct-21	Processing	997,602	683,656	61,260,143	33,502,955	
113	Nov-21	Processing	592,736	249,639	61,852,879	33,752,594	
114	Dec-21	Processing	1,450,241	1,091,928	63,303,120	34,844,522	

(Sumber: PT X, 2021)

Tabel 3. 25 Neraca Limbah B3 Tailing 2021 Dalam Satuan Berat (Ton)

Tahun	Bulan	Kumulatif Tailing Ditimbun Di TSF Sebelumnya	Tailing/Air Masuk		Tailing/Air Keluar		Kumulatif Tailing Ditimbun Di TSF Saat Ini
			Tailing Masuk TSF	Air Permukaan Masuk TSF	Air Tailing Diolah Didetoksifikasi Di WPP	Air Tailing Dimanfaatkan Ke Processing	
2021	Jan	54,965,980	1,079,690	666,507	1,558,606	497,363	54,656,208
	Feb	54,656,208	1,116,116	505,174	584,406	505,249	55,187,842
	Mar	55,187,842	1,214,120	1,447,743	1,090,550	582,756	56,176,399
	Apr	56,176,399	1,152,117	914,363	1,137,422	539,863	56,565,594
	Mei	56,565,594	1,052,612	1,399,450	964,280	470,072	57,583,304
	Jun	57,583,304	1,205,952	1,127,876	1,240,223	569,563	58,107,345
	Jul	58,107,345	1,157,153	971,748	763,887	553,428	58,918,932
	Agust	58,918,932	1,166,810	599,705	777,289	552,110	59,356,047
	Sep	59,356,047	1,218,705	1,307,080	1,058,198	561,092	60,262,541
	Okt	60,262,541	1,194,053	635,879	259,153	573,179	61,260,143
	Nov	61,260,143	1,240,825	1,397,914	1,480,281	565,722	61,852,879
	Des	61,852,879	1,291,209	2,520,325	1,772,602	588,691	63,303,120

Sumber: PT X, 2021

Tabel 3. 26 Neraca Limbah B3 Tailing 2021 Dalam Satuan Volume (m3)

Tahun	Bulan	Kumulatif Tailing Ditimbun Di TSF Sebelumnya	Tailing/Air Masuk		Tailing/Air Keluar		Kumulatif Tailing Ditimbun Di TSF Saat Ini
			Tailing Masuk TSF	Air Permukaan Masuk TSF	Air Tailing Diolah Didetoksifikasi Di WPP	Air Tailing Dimanfaatkan Ke Processing	
2021	Jan	30,303,320	789,684	666,507	1,558,606	497,363	29,703,542
	Feb	29,703,542	806,978	505,174	584,406	505,249	29,926,039
	Mar	29,926,039	896,918	1,447,743	1,090,550	582,756	30,597,395
	Apr	30,597,395	843,196	914,363	1,137,422	539,863	30,677,669
	Mei	30,677,669	758,620	1,399,450	964,280	470,072	31,401,387
	Jun	31,401,387	885,508	1,127,876	1,240,223	569,563	31,604,984
	Jul	31,604,984	853,937	971,748	763,887	553,428	32,113,355
	Agu	32,113,355	860,176	599,705	777,289	552,110	32,243,836
	Sep	32,243,836	887,673	1,307,080	1,058,198	561,092	32,819,299
	Okt	32,819,299	880,108	635,879	259,153	573,179	33,502,955
	Nov	33,502,955	897,728	1,397,914	1,480,281	565,722	33,752,594
	Des	33,752,594	932,896	2,520,325	1,772,602	588,691	34,844,522

Sumber: PT X, 2021

NERACA PENGOLAHAN LIMBAH B3

Nama Perusahaan : PT X
 Bidang Usaha : Pertambangan Emas
 Periode Waktu : Tahun 2021
 Umur Penimbunan : Pada kondisi normal operasi
 Kapasitas Penimbunan : 52.000.000 m³
 Puncak Penimbunan (*Landfill*) : RL +360

I	JENIS AWAL LIMBAH	JUMLAH		CATATAN :			
		ton	m ³				
	1 Tailing (Lumpur)	59,587,079	33,084,718	1 Air permukaan adalah air dari larian air hujan baik langsung maupun melalui anak sungai. 2 Jumlah ditimbun adalah sisa jumlah tailing (lumpur) di penimbunan setelah penambahan air permukaan dan pengurangan air oleh pemanfaatan di processing dan pengolahan di WPP.			
	2 Air Permukaan	3,441,689	3,441,689				
	TOTAL	(A+) 63,028,768	36,526,407				
II	PERLAKUAN:	JUMLAH		JENIS LIMBAH YANG DIKELOLA	PERIZINAN LIMBAH B3 DARI KLH		
		ton	m ³		ADA	TIDAK ADA	KADALUARSA
	1 DIOLAH DI DETOKSIFIKASI	3,341,925	3,341,925	1 Tailing (Air)			-
	2 DIMANFAATKAN	1,579,498	1,579,498	1 Tailing (Air)			-
	3 DITIMBUN	58,107,345	31,604,984	1 Tailing (Lumpur)			-
	4 PERLAKUAN LAINNYA						-
	TOTAL	B (-) 63,028,768	36,526,407				-
	RESIDU *	C (+)	-	ton dan m³			
	JUMLAH LIMBAH YANG BELUM TERKELOLA **	D (+)	-	ton dan m³			
	TOTAL JUMLAH LIMBAH YANG TERSISA	(C+D)	-	ton dan m³			
	KINERJA PENGELOLAAN LIMBAH B3 SELAMA PERIODE SKALA WAKTU PENAATAN	(((A-(C+D))/A) x 100%) =			100.00 %		
KETERANGAN : * RESIDU adalah jumlah limbah tersisa dari proses perlakuan. ** JUMLAH LIMBAH YANG BELUM TERKELOLA adalah limbah yang disimpan melebihi skala waktu penaatan.							

Gambar 3. 24 Neraca Pengolahan Limbah B3

Sumber: PT X, 2021

3.2.8 Pelaporan Tata Kelola Kegiatan Penimbunan Limbah B3

Pelaporan tata kelola kegiatan penimbunan limbah B3 paling sedikit dilakukan 1 (satu) kali dalam 3 (tiga) bulan kepada:

- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (MHLK)
- Direktur Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3
- Direktur Jenderal Penegakan Hukum Lingkungan Hidup dan Kehutanan
- Direktur Jenderal Mineral dan Batubara
- Direktur Teknik dan Lingkungan Mineral dan Batubara
- Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Utara
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Tapanuli Selatan

3.2.9 Penutupan Fasilitas Dam Tailing

Pengujian geokimia telah menunjukkan potensi *tailing* menjadi pembentuk asam. Proporsi dan reaktivitas material *potential acid forming* (PAF) dalam TSF perlu dikonfirmasi oleh PT X. Mungkin juga ada beberapa unsur yang jika dilepaskan, dapat mempengaruhi lingkungan setempat. *Cover system* diperlukan untuk mengurangi masuknya oksigen dan air ke dalam massa tailing sementara juga mencegah pelepasan padatan tailing ke lingkungan. Tanggul dan cekungan TSF diusulkan untuk ditutup dan direhabilitasi.

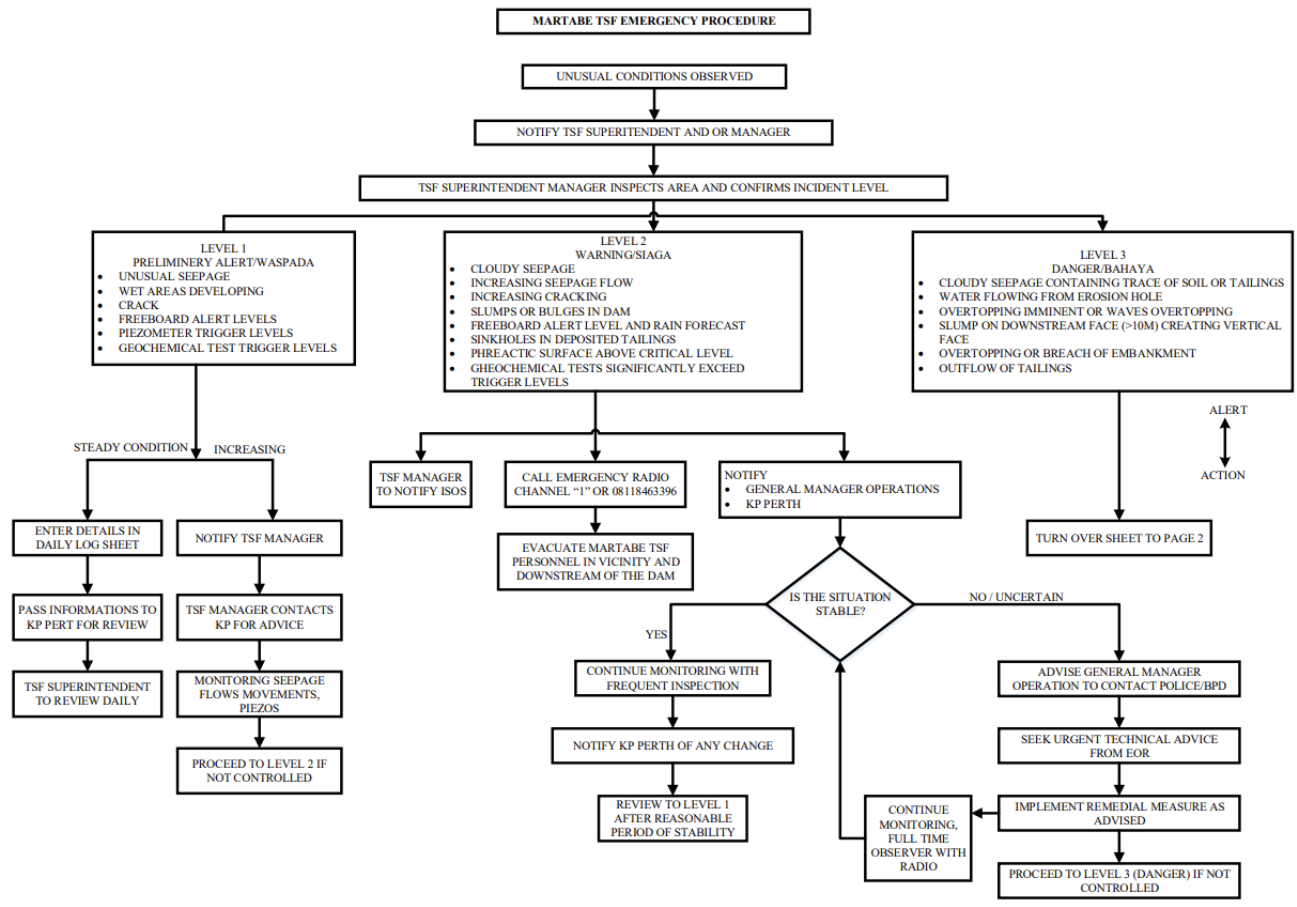
Pendahuluan *capping cover system* akan perlu mempertimbangkan beberapa hal. Sistem akhir akan dikembangkan dengan mempertimbangkan geokimia tailing dan sumber bahan rehabilitasi yang tersedia. Penutup ditempatkan di atas limbah tambang yang digunakan untuk membangun akses dan menyediakan tingkat drainase jangka panjang yang diperlukan pada fasilitas tersebut. Mulai dari dasar penutup:

- *Waste Rock Layer*
Minimal 1,5 m batuan sisa NAF untuk ditempatkan sebagai penahan kapiler. Jauh lebih banyak batuan sisa akan dibutuhkan di beberapa tempat untuk memastikan *long term fall* dipertahankan setelah konsolidasi tailing yang sedang berlangsung dan untuk menyediakan permukaan yang dapat dilalui.

- *Low Permeability Layer*
0,3 m *low permeability NAF waste* akan ditempatkan untuk mengurangi infiltrasi ke dalam massa tailing.
- *Top Soil*
Ditempatkan di seluruh permukaan yang direhabilitasi hingga kedalaman nominal 0,3 m
- Vegetasi
Permukaannya akan disemai dan/atau ditanami dengan vegetasi lokal yang sesuai

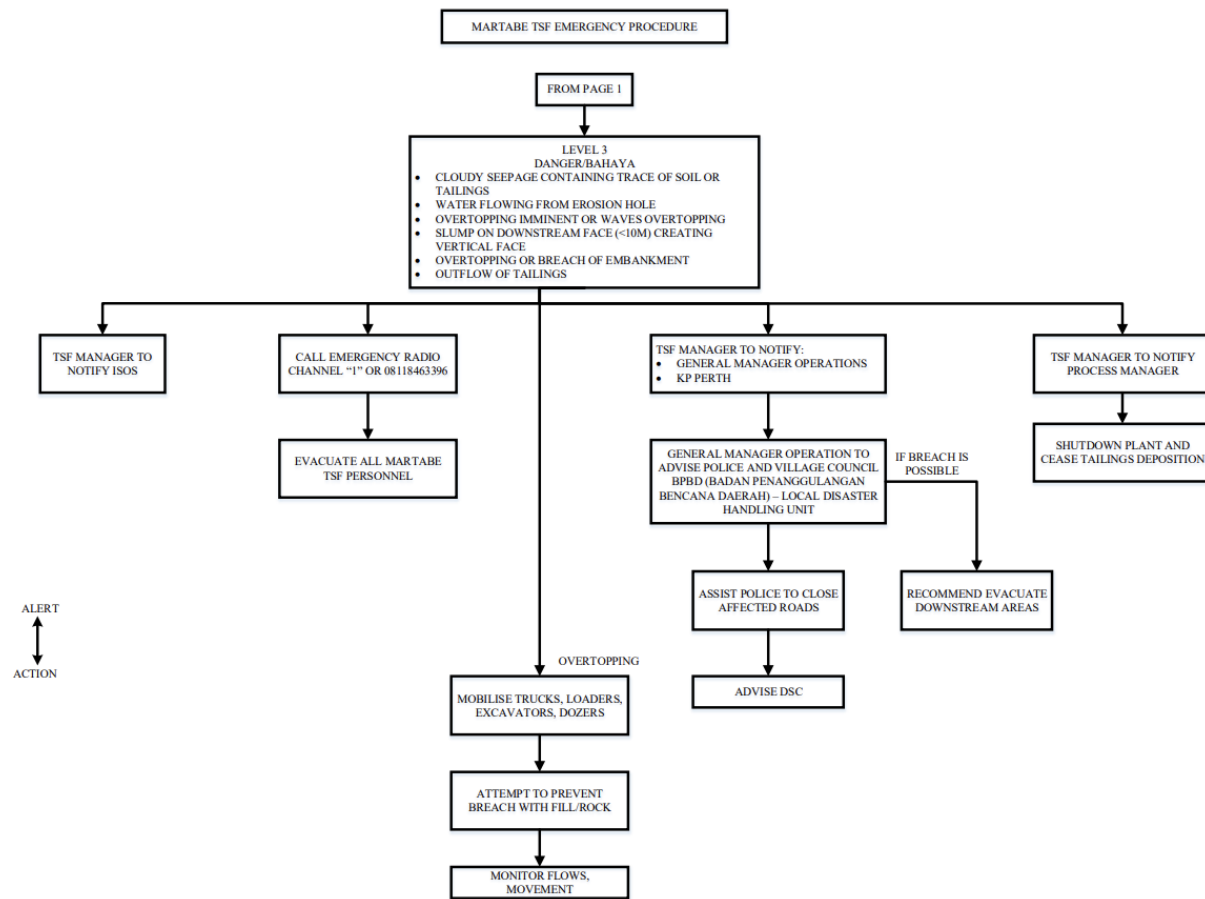
3.2.10 Penanganan Kondisi Darurat

Sebagaimana yang tercantum dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor : SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 Lampiran IV No.SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016, PT X telah memiliki prosedur penanganan kondisi darurat. Sampai saat ini belum pernah terjadi kondisi gawat darurat dan diharapkan tidak akan pernah terjadi. Diagram alir SOP Tanggap Darurat dapat dilihat pada **Gambar berikut**.



Gambar 3. 25 SOP Tanggap Darurat Bagian 1

Sumber: PT X, 2021



ALERT
↕
ACTION

Gambar 3. 26 SOP Tanggap Darurat Bagian 2

Sumber: PT X, 2021

3.3 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Penimbunan *Tailing*

Berdasarkan evaluasi pada subbab sebelumnya, maka dapat dilihat rekapitulasi hasil evaluasi dalam **Tabel berikut**.

Tabel 3. 27 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Penimbunan *Tailing*

No	Parameter	Peraturan Yang Digunakan	Kondisi Eksisting	Keterangan
1	Pengurangan Kadar Zat Pencemar	KepMenLHK Republik Indonesia No: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016	Dapat dilihat pada Tabel 3.1	Sudah sesuai
2	Pengujian Limbah B3 (<i>Tailing</i>)	KepMenLHK Republik Indonesia No: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016	Dapat dilihat pada Tabel 3.2	Sudah sesuai
3	Penimbunan Limbah B3 (<i>Tailing</i>)	KepMenLHK Republik Indonesia No: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016	Dapat dilihat pada Gambar 3.10 dan 3.11	Sudah sesuai
		KepMenPUPR No. PR.01.04-Mn/517		
		ICOLD (<i>International Commision of Large Dam</i>)		
		ANCOLD (<i>Australian National Committee on Large Dam</i>)		
		SNI (Standard Nasional Indonesia)		
		GISTM (<i>Global Industri Standard on Tailing Management</i>)		
4	Pengelolaan Air Lindi	PP RI No. 22 Tahun 2021	Dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan 3.5	
		KepMenLHK Republik Indonesia No: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016		
5	Pemeriksaan Fasilitas <i>Dam Tailing</i>	KepMenLHK Republik Indonesia No: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016	Dapat dilihat pada Tabel 3.6, 3.7, 3.8, dan 3.9	Sudah sesuai
6	Penanggulangan Ketidakstabilan dan Kebocoran Fasilitas TSF	KepMenLHK Republik Indonesia No: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016	Dapat dilihat pada Gambar 3.29 dan Tabel 3.10	Sudah sesuai

Tabel 3. 28 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Penimbunan *Tailing* (Lanjutan)

7	Pencatatan Kegiatan Penimbunan Limbah B3 (<i>Tailing</i>)	KepMenLHK Republik Indonesia No: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016	Dapat dilihat pada Tabel 3.11, 3.12, 3.13, dan Gambar 3.32	Sudah sesuai
8	Pelaporan Tata Kelola Kegiatan Penimbunan Limbah B3 (<i>Tailing</i>)	KepMenLHK Republik Indonesia No: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016	Telah dilaksanakan setiap 3 bulan sekali dan diserahkan kepada pihak terkait	Sudah sesuai
9	Penutupan Fasilitas <i>Dam Tailing</i>	KepMenLHK Republik Indonesia No: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 <i>Tailing Storage Facility Operating Manual RL 36 Embankment by Knight Piesold Consulting</i>	Baru dilaksanakan di bagian TSF yang sudah tidak beroperasi	Penutupan fasilitas TSF dapat dilaksanakan sepenuhnya apabila TSF sudah tidak beroperasi
10	Penanganan Kondisi Darurat	KepMenLHK Republik Indonesia No: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 <i>PT. X TSF Emergency Procedure</i>	Belum pernah ada kejadian bahaya	Sudah sesuai

Sumber: Hasil Analisis, 2022

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Kegiatan penambangan di PT X secara garis besar akan melalui proses penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan pengolahan/pemurnian, dan penjualan.
2. PT X dalam pengolahannya menerapkan proses *Carbon In Leach* untuk menyerap emas dan perak dalam pengolahannya. Sisa bubuk batuan yang telah diambil kandungan emas atau peraknya disebut tailing akan masuk ke unit detoksifikasi sebelum menuju ke Tailing Storage Facility (TSF)
3. Kegiatan penimbunan tailing di Tailing Storage Facility (TSF) mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor : SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 Lampiran IV Republik Indonesia Nomor: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 Tentang Izin Pengeolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Untuk Kegiatan Penimbunan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Pada Fasilitas Dam Tailing Atas Nama PT X yaitu pengurangan kadar zat pencemar, pengujian limbah B3, penimbunan limbah B3, pengelolaan air lindi, pemeriksaan fasilitas dam tailing, penanggulangan ketidakstabilan dan kebocoran fasilitas TSF, pencatatan kegiatan penimbunan limbah B3, pelaporan tata kelola kegiatan penimbunan limbah B3, penutupan fasilitas dam tailing, dan penanganan kondisi darurat.
4. Pada daya tahan bendungan, pergerakan nilai instrumentasi yang digunakan yaitu pembacaan pin prisma menggunakan *Robotic Total Station* (RTS) dan *Vibrating Wire Piezometers* (VWPs) di atas nilai prakiraan dipengaruhi oleh kegiatan konstruksi di sekitar lokasi.
5. Kondisi gawat darurat di PT X mengacu kepada *Martabe TSF Emergency Procedure* sebagaimana tercantum dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor : SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 Lampiran IV No.SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016.

6. Dapat dicoba teknologi mengolah limbah seperti sistem Phytoremediasi dimana digunakan tanaman sebagai alat pengolah bahan pencemar. Pada limbah padat atau cair yang akan diolah, ditanami dengan tanaman tertentu yang dapat menyerap, mengumpulkan, mendegradasi bahan-bahan pencemartertentu yang terdapat di dalam limbah tersebut. Kemudian untuk pengelolaan *waste material* di badan bendungan agar meminimalisir terbentuknya air asam tambang, penempatan batu buangan dilakukan dengan menggunakan metode enkapsulan yaitu menggunakan batuan non asam untuk menutupi batuan asam agar tidak terjadi bahan pembentuk asam.

4.2 Saran

Berdasarkan prosedur yang dilakukan oleh PT X dalam kegiatan penimbunan limbah bahan berbahaya dan beracun pada fasilitas dam tailing (TSF), proses penyaluran tailing dari pabrik menuju ke TSF sudah memenuhi kriteria yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor : SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 Lampiran IV No.SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016. Tetapi perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh tailing yang dibiarkan terbuka pada fasilitas dam tailing (TSF) terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainun, N., Aiyen, dan S. Samudin. 2013. *Pengaruh bahan organik pada tailing emas terhadap pertumbuhan dan translokasi merkuri (Hg) pada sawi (Brassica parachinensis L.) dan tomat (Lycopersicum esculentum MilL)*. Agrotekbis.
- Australian Government. 2016. *Praktik Kerja Unggulan dalam Program Pembangunan Berkesinambungan untuk Industri Pertambangan*. Department Of Industry, Science, Energy And Resources
- Davies, M. 2011. *Filtered Dry Stacked Tailings The Fundamentals, Proceedings Of Tailings And Mine Waste*. Vancouver.
- Davies, MP, Rice, S. 2004. *An Alternative To Conventional Tailings Management: Dry Stack Filtered Tailings, Proceedings Of Eighth International Conference On Tailings And Mine Waste*. Vail, USA.
- Dermawan, Wibisono. 2006. *Manajemen Kinerja*. Jakarta: Erlangga.
- Hamilton, W. 1979. *Tectonics of the Indonesian Region*. U.S. Geological Survey Profesional Paper.
- Jewell, RJ, Fourie, AB. 2006. *Paste And Thickened Tailings- A Guide, 2nd Edition, Australian Centre For Geomechanics*. Perth, Australia.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor : SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 Lampiran IV No: SK.611/Menlhk/Setjen/PLB.3/8/2016 Tentang Izin Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Untuk Kegiatan Penimbunan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Pada Fasilitas Dam Tailing Atas Nama PT X.
- Maryani IS. 2007. *Dampak Penambangan Pasir pada Lahan Hutan Alam Terhadap Sifat Fisik, Kimia, dan Biologi Tanah [Skripsi]*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Nugraha, Candra. 2019. *Pengelolaan Lingkungan Pertambangan*. Cimahi: Kepak Indonesia.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

- Persetujuan Desain Bendungan Elevasi 330-360 No. PR.01.04- Mn/517 tertanggal 10 Oktober 2014 dari Menteri Pekerjaan Umum.
- Purnama, Yosep. 2016. *Peningkatan Nilai Melalui Implementasi Teknologi Solidifikasi Material Tailing untuk Mendukung Infrastruktur Hijau*. Jakarta: Unit Bisnis Pertambangan Emas Pongkor PT ANTAM (Persero), Tbk.
- Undang-Undang Pemerintah Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Williams, DJ. 2002. *Engineering Closure Of An Open Pit Gold Operation In A Semi-Arid Climate, International Journal Of Surface Mining And Reclamation, Special Edition On Mining And The Environment*.
- Williams, DJ. 2005. *Placing Covers On Soft Tailings, In B Indraratna And J Chu Ground Improvement: Case Histories*. Elsevier.
- Williams, DJ. 2014. *Improved Tailings Management: How To Achieve Optimal Water Recovery And Tailings Density, And Facilitate Closure, Proceedings Of Fifth International Conference On Mining And Industrial Waste Management*. Rustenburg, South Africa.

