

**KAJIAN DOSIS KAPUR TOHOR  
UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
TAMBANG PADA *SETTLING POND* 2 DI  
PT. PROLINDO CIPTA NUSANTARA KABUPATEN  
TANAH BUMBU PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

**SKRIPSI**



**OLEH :**

**TIARA NAULI MUSTIKA EDDRA NASUTION**  
**DBD 115 012**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
2020**

**KAJIAN DOSIS KAPUR TOHOR  
UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
TAMBANG PADA *SETTLING POND* 2 DI  
PT. PROLINDO CIPTA NUSANTARA KABUPATEN  
TANAH BUMBU PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1  
Pada Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan**



**OLEH :**

**TIARA NAULI MUSTIKA EDDRA NASUTION  
DBD 115 012**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
2020**

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : TIARA NAULI MUSTIKA EDDRA NASUTION  
NIM : DBD 115 012  
JURUSAN/PRODI : TEKNIK PERTAMBANGAN

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

Palangka Raya, 17 Februari 2020

Penulis,



**TIARA NAULI M. E. NASUTION**  
**NIM. DBD 115 012**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**ANALISIS KINERJA POMPA PADA SISTEM PENIRISAN PADA PENAMBANGAN  
BATUBARA DI PT. BUKIT ASAM, TBK UNIT PERTAMBANGAN TANJUNG  
ENIM (UPTe) PROVINSI SUMATERA SELATAN**

Oleh :

**DINI HARTINA NAINGGOLAN**  
DBD 115 053

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal Selasa, 18 Januari 2020  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

**Tim Dosen Penguji :**

1. **Ir. YULIAN TARUNA, M.Si.**  
NIP. 19580705 198903 1 019

KETUA

2. **LISA VIRGIYANTI, S.T., M.T.**  
NIP. 19770904 200801 2 011

SEKRETARIS

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

ANGGOTA

4. **DODY A.K WJAJA, S.Hut., M.Si.**  
NIP. 19831207 201212 1 001

ANGGOTA

5. **NOVALISAE, S.T., M.T.**  
NIP. 19881110 201903 2 015

ANGGOTA



Menyetujui,  
Ketua Jurusan/Program Studi  
Teknik Pertambangan

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

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji syukur ku panjatkan kehadirat Allah SWT., yang telah melimpahkan karunia-Nya, yang telah memberikan kesehatan, kekuatan dan kesabaran kepadaku dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.

Dengan segala ujian dan cobaan yang telah terlewati, ku persembahkan laporan skripsi ini kepada diriku sendiri, sebagai bentuk apresiasi diri karena telah berjuang hingga sejauh ini.

Dengan cinta dan sayang, ku persembahkan laporan skripsi ini untuk mamah (Sri Candra Nilawati, S.Pd.), ayah (Lautan Edward Nasution), abang (Oceando Lovelio Eddra Nasution), kakak (Edelweis Gardena Eddra Nasution), adik (Lahsa Adzani Virginia Eddra Nasution) dan seluruh keluarga besar yang tiada henti memanjatkan doa dan memberi *support* kepada ku hingga aku dapat berada pada tahap ini.

Dengan kasih sayang, ku persembahkan skripsi ini untuk seluruh anak bulu (anabul) ku yang biasanya setia menemaniku dalam mengerjakan laporan skripsi ini. *Especially big thanks to* Hayang, kucing hitam ku yang selalu ada untuk ku, *I love you so much.*

Dengan semangat yang sama, ku persembahkan laporan skripsi ini untuk sahabat dan teman-teman ku yang telah memberikan dorongan untuk bersama-sama menyelesaikan laporan skripsi ini. Yang telah menemani ku melewati lika-liku dalam pengerjaan skripsi ini.

Untuk siapapun yang kelak menjadi teman hidupku, ku persembahkan laporan skripsi ini untukmu sebagai bukti bahwa aku pernah berjuang menuntut ilmu untuk meraih cita-cita dan masa depan yang lebih cerah bersamamu :P

Terima kasih untuk kalian semua, ku persembahkan laporan skripsi ini untuk kalian semua, yang paling ku sayangi. <3

## SARI

Penelitian dilaksanakan di PT. Prolindo Cipta Nusantara yang berlokasi di Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. Adanya air limbah tambang menyebabkan menurunnya kualitas air, air permukaan dan air tanah. Sehingga perlu dilakukan pengolahan air limbah tambang sebelum dilepaskan ke lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis efektif kapur tohor untuk mengolah air limbah tambang. Metode kuantitatif digunakan untuk mendapatkan data dosis kapur, debit pompa, volume *settling pond*, kebutuhan kapur, pH, debit *outlet* dan debit air limpasan. Sumber data kualitatif yang digunakan adalah KepMen No. 113 Tahun 2003. Untuk menjelaskan alur perhitungan kebutuhan kapur tohor pada pengolahan air limbah tambang digunakan metode deskriptif.

Dari penelitian didapatkan pH air limbah yang semula 4 (asam) meningkat menjadi 6 (netral) setelah dilakukan pengapuran dengan dosis kapur 0,5 gr/l dan kebutuhan kapur per jam sebanyak 119 kg. Melalui uji laboratorium didapatkan hasil TSS sebesar 60,20 mg/l, Fe sebesar 0,07 mg/l, Mn sebesar 0,00 mg/l dan Cd sebesar 0,00 mg/l.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pH air limbah meningkat hingga memenuhi syarat baku mutu air limbah penambangan batubara pada dosis kapur 0,5 gr/l. Kadar TSS, Fe dan Mn air limbah telah sesuai dengan syarat baku mutu air limbah.

**Kata kunci : Air Limbah Tambang, Dosis Kapur Tohor, *Settling Pond*, pH**

## **ABSTRACT**

The research was located at PT. Prolindo Cipta Nusantara, located in Tanah Bumbu Regency, South Kalimantan Province. The presence of mine waste water causes a decrease in the quality of water, surface water and ground water. So that it is necessary to treat mine wastewater before it is released into the environment. This study aims to determine the effective dose of tohor lime to treat mine wastewater. Quantitative methods are used to obtain data on lime dosage, pump discharge, pond settling volume, lime requirement, pH, outlet discharge and runoff water discharge. The source of qualitative data used is KepMen No. 113 of 2003. To explain the flow of lime needs calculation in the treatment of mine wastewater used a descriptive method.

From the research it was found that the pH of wastewater which was originally 4 (acidic) increased to 6 (neutral) after calcification with a dose of lime 0.5 g/l and the need for lime as much as 119 kg. Through laboratory tests TSS results obtained for 60,20 mg/l, Fe for 0,07 mg/l, Mn for 0,00 mg/l and Cd for 0,00 mg/l.

From the results of the study it can be concluded that the pH of the wastewater increases to meet the quality requirements of coal mining wastewater at a dose of lime 0.5 g/l. TSS, Fe and Mn levels of wastewater are in accordance with the requirements for wastewater quality standard.

**Keywords: Mining Wastewater, Dose of Tohor Lime, Settling Pond, pH**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini tepat pada waktunya. Laporan Skripsi ini berjudul "Kajian Dosis Kapur Tohor untuk Pengolahan Air Limbah Tambang pada *Settling Pond 2* di PT. Prolindo Cipta Nusantara, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan".

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, MT. Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Fahrul Indrajaya, ST., MT. Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Yossa Yonathan Hutajulu, S.T., M.T. Dosen Koordinator Tugas Akhir.
4. Ibu Neny Sukmawatie, S. Hut., M.P. Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Fahrul Indrajaya, S.T., MT. Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Dody A. K. Wijaya, S.Hut., M.Si. Dosen Penguji I.
7. Ibu Lisa Virgiyanti, S.T., M.T. Dosen Penguji II.
8. Bapak I Putu Putrawiyanta, S.T., M.T. Dosen Penguji III.
9. Staff/karyawan Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
10. Bapak Yudha Karani, Kepala Teknik Tambang PT. Prolindo Cipta Nusantara.

11. Bapak Cecep Gunawan, ST. Pembimbing Lapangan di PT. Prolindo Cipta Nusantara.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Laporan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan buku literatur yang penulis miliki. Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis sangat mengharapkan saran, masukan, dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan Laporan Skripsi ini nantinya.

Palangka Raya, Februari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>SARI.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan .....	3
1.3.1 Maksud .....	3
1.3.2 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 <i>Settling Poond</i> .....	7
2.3 Air Limbah.....	8
2.4 Proses Terbentuknya Air Limbah Tambang.....	10
2.5 Teknologi Pengolahan Air Limbah Tambang .....	13
2.6 Syarat Baku Mutu Air.....	29
2.7 Perhitungan Debit Pompa .....	37
2.8 Perhitungan Kebutuhan Kapur .....	38
2.9 Analisis Data Curah Hujan .....	38
2.10 Alat Ukur <i>V-Notch</i> .....	41
2.11 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i> .....	42
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>44</b>
3.1 Gambaran Umum wilayah penelitian .....	44
3.1.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah .....	44
3.1.2 Keadaan Flora dan Fauna .....	46
3.1.3 Keadaan Iklim dan Curah Hujan .....	47
3.2 Kondisi Geologi.....	47
3.2.1 Kondisi Geologi Regional .....	47
3.2.1.1 Morfologi.....	47
3.2.1.2 Stratigrafi Regional.....	47

	3.2.1.3 Fisiografi.....	50
	3.2.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian .....	51
	3.2.2.1 Geologi Lokal.....	51
	3.2.2.2 Morfologi.....	53
3.3	Alat dan Bahan .....	53
3.4	Tata Laksana .....	55
	3.4.1 Langkah Kerja .....	55
	3.4.2 Metode .....	56
3.5	Bagan Alir.....	61
3.6	Waktu Penelitian.....	62
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>63</b>
4.1	Hasil .....	63
	4.1.1 Tingkat pH Air Limbah Tambang .....	63
	4.1.2 Dosis Kapur Efektif untuk Pengolahan Air Limbah Tambang.....	65
	4.1.3 Kebutuhan Kapur untuk Pengolahan Air Limbah Tambang.....	67
	4.1.4 Hasil Pengolahan Air Limbah Tambang .....	93
4.2	Pembahasan .....	95
	4.2.1 Tingkat pH Air Limbah Tambang .....	95
	4.2.2 Dosis Kapur Efektif untuk Pengolahan Air Limbah Tambang.....	96
	4.2.3 Kebutuhan Kapur untuk Pengolahan Air Limbah Tambang.....	97
	4.2.4 Hasil Pengolahan Air Limbah Tambang .....	99
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>103</b>
5.1	Kesimpulan .....	103
5.2	Saran .....	104

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Karakteristik Bahan Penetral.....	19
Tabel 2.2	Baku Mutu Air Limbah Penambangan Batubara.....	30
Tabel 2.3	Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas .....	31
Tabel 3.1	Batas Koordinat Wilayah Ijin Usaha Pertambangan PT. Prolindo Cipta Nusantara .....	45
Tabel 3.2	Jadwal Penelitian Tugas Akhir .....	62
Tabel 4.1	Pengukuran Air Limbah Tambang <i>Settling Pond 2</i> .....	64
Tabel 4.2	Hasil Percobaan Dosis Kapur .....	66
Tabel 4.3	Dispersi Statistik Logaritma.....	73
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran Dispersi.....	75
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Distribusi Gumbel .....	76
Tabel 4.6	Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel .....	78
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Rekapitulasi Curah Hujan Maksimum .....	83
Tabel 4.8	Rekapitulasi Distribusi.....	84
Tabel 4.9	Rata-rata Jam Hujan Tahun 2009-2018 .....	85
Tabel 4.10	Harga Koefisien Limpasan.....	88
Tabel 4.11	Perhitungan Kebutuhan Pencampuran Kapur per Jam .....	90
Tabel 4.12	Total pH Setelah Pengolahan.....	94

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Posisi Pipa dan Alat Ukur .....	37
Gambar 2.2 Alat Ukur <i>V-Notch</i> .....	41
Gambar 3.1 Statigrafi Kota Baru .....	50
Gambar 3.2 Bagan Alir .....	61
Gambar 4.1 Pengukuran pH Air Limbah pada SP 2 Sebelum Pengolahan .....	63
Gambar 4.2 pH Air Limbah Tambang pada SP 2 Sebelum Pengolahan .....	65
Gambar 4.3 pH Air Limbah Tambang .....	66
Gambar 4.4 pH Air Limbah Tambang dengan Dosis Kapur Tohor 0,5 gr/l .....	67
Gambar 4.5 Pengukuran Debit Aktual Pompa.....	68
Gambar 4.6 Pengukuran Dimensi <i>Settling Pond 2</i> .....	70
Gambar 4.7 Ketersediaan Kapur Tohor pada Gudang Kapur <i>Settling Pond 2</i> .....	91
Gambar 4.8 Proses Pengapuran pada <i>Settling Pond 2</i> .....	92
Gambar 4.9 pH Air Limbah Tambang Setelah Pengolahan.....	94
Gambar 4.10 Tinggi Air yang Keluar Melalui <i>V-Notch</i> .....	95

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	PETA KESAMPAIAN DAERAH
LAMPIRAN B	PETA GEOLOGI REGIONAL
LAMPIRAN C	PETA GEOLOGI LOKASI PENELITIAN
LAMPIRAN D	PETA LOKASI PENELITIAN
LAMPIRAN E	FORM PENGAPURAN
LAMPIRAN F	PARAMETER <i>V-NOTCH</i>
LAMPIRAN G	DATA CURAH HUJAN
LAMPIRAN H	TABEL PENDUKUNG PERHITUNGAN CURAH HUJAN RENCANA
LAMPIRAN I	PERHITUNGAN TABEL DISTRIBUSI GUMBEL
LAMPIRAN J	HASIL UJI LABORATORIUM AIR LIMBAH TAMBANG SETELAH PENGOLAHAN

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada umumnya tambang batubara dilakukan pada tambang terbuka (*open mining*). Penambangan terbuka cenderung akan berdampak terhadap kondisi lingkungan. Dampak lingkungan yang dapat terjadi yaitu berubahnya bentang alam, sifat fisik, fisika, kimia dan biologis tanah yang selanjutnya dapat berpotensi mengubah (penurunan kualitas) air di lingkungan penambangan.

Salah satu masalah lingkungan di PT. Prolindo Cipta Nusantara berupa penurunan kualitas air pada area pertambangan adalah timbulnya air limbah tambang. Air limbah usaha dan atau kegiatan pertambangan batubara adalah air yang berasal dari kegiatan penambangan batubara dan air buangan yang berasal dari kegiatan pengolahan/pencucian batubara (KepMen LH No.113/2003).

Pengolahan terhadap air limbah tambang merupakan hal yang perlu dilakukan selama kegiatan penambangan berlangsung dan setelah kegiatan penambangan berakhir. Air limbah tambang dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air, air permukaan dan air tanah. Selain itu, apabila air limbah tambang dialirkan ke sungai atau perairan sekitar, maka akan berdampak buruk terhadap masyarakat yang tinggal disekitar wilayah sungai

atau perairan. Bukan hanya terhadap manusia, air limbah tambang juga memberikan dampak terganggunya biota yang hidup di air sehingga berpotensi merusak ekosistem.

Untuk mengolah air limbah terdapat berbagai teknologi pengolahan. Dalam pemilihan teknologi tentunya mempertimbangkan aspek efektif dan efisien. Pada PT. Prolindo Cipta Nusantara digunakan kapur tohor  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  sebagai teknologi pengolahan air limbah. Dalam penggunaannya, kapur tohor akan efektif untuk meningkatkan tingkat pH air limbah tambang apabila dosis dan kebutuhannya tepat.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis tertarik mengambil judul tugas akhir “Kajian Dosis Kapur Tohor untuk Pengolahan Air Limbah Tambang pada *Settling Pond* 2 di PT. Prolindo Cipta Nusantara Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan”.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana tingkat pH air limbah tambang pada *settling pond* 2?
2. Berapa dosis kapur yang efektif untuk pengolahan air limbah tambang?
3. Berapa jumlah kebutuhan kapur tohor untuk pengolahan air limbah tambang?
4. Bagaimana hasil dari pengolahan air limbah tambang?

### 1.3 Maksud dan Tujuan

#### 1.3.1 Maksud

Adapun maksud pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah untuk mengkaji Dosis Kapur Tohor untuk Pengolahan Air Limbah Tambang pada *Settling Pond 2* di PT. Prolindo Cipta Nusantara Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan.

#### 1.3.2 Tujuan

1. Mengukur tingkat pH air limbah tambang pada *settling pond 2*.
2. Menentukan dosis kapur yang efektif untuk pengolahan air limbah tambang pada *settling pond 2*.
3. Menghitung jumlah kebutuhan kapur tohor untuk pengolahan air limbah tambang.
4. Mengetahui hasil akhir dari pengolahan air limbah tambang.

### 1.4 Manfaat Penelitian

#### 1. Bagi Peneliti

Peneliti dapat mengetahui bagaimana dosis kapur tohor untuk pengolahan air limbah tambang pada *settling pond 2* di PT. Prolindo Cipta Nusantara.

#### 2. Perusahaan

Manfaat penelitian bagi perusahaan adalah sebagai bahan evaluasi sehingga menjadi masukan yang positif terhadap kinerja para karyawan dalam menyediakan dosis kapur yang efektif untuk pengolahan air

limbah tambang sebelum mengalirkan air hasil penambangan dari *settling pond* ke lingkungan.

### 1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian berlokasi di PT. Prolindo Cipta Nusantara.
2. Percobaan dosis kapur 0,1 gram/l-0,7 gram/l.
3. Tidak membahas waktu/durasi pengolahan.
4. Tidak melakukan analisis tentang dampak dari air limbah tambang.
5. Tidak melakukan analisis di *sump* dan KPL.
6. Tidak melakukan analisis PAF dan NAF.



## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

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

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

Herlina, Ayu., dkk (2014), melakukan penelitian dengan metode penanganan aktif yaitu dengan penambahan reagen kimia dengan pencampuran larutan *fly ash* dan kapur tohor didapatkan hasil penelitian perubahan pH pada air asam tambang dengan media penetral kapur tohor cukup signifikan, dimana yang semula memiliki pH 4,25 naik menjadi rata-rata pH 8. Kenaikan pH yang cukup signifikan terjadi hingga waktu kontak selama 75 menit. Waktu kontak diatas 80 menit terlihat tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap kenaikan pH. Kenaikan pH mencapai pH 6 yaitu pada dosis kapur 0,7 gram, kenaikan pH mencapai pH 6,5 pada dosis kapur 0,8 gram, kenaikan pH mencapai pH 7,5 pada dosis kapur 0,9 gram dan kenaikan pH mencapai pH 8 pada dosis kapur 1,0 gram.

Nurisman, Enggal, dkk, (2010), melakukan penelitian dengan percobaan laboratorium untuk mengetahui dosis penggunaan kapur skala laboratorium untuk menetralkan air asam tambang dengan pH awal  $\pm 3$ . Pengujian dilakukan dengan sampel air asam tambang sebanyak 1 liter. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium didapatkan hasil untuk menaikkan pH air asam tambang hingga netral (6-9) dibutuhkan dosis kapur tohor sebanyak 0,8 gram/l dengan hasil pH akhir 7,15.

Maha Putra, Novi, dkk (2017), melakukan pengolahan limbah cair batubara dengan mengendapkan material batubara yang tersuspensi di dalam air limpasan dan menambahkan kapur dan tawas ke KPL dengan perbandingan kapur : tawas sebesar 2 : 1 dan dengan dosis kapur

(berdasarkan pH awal 4) 0,5 gr/l didapatkan hasil peningkatan kadar pH 6-7, TSS < 300 mg/l, kandungan Fe < 7 mg/l dan kandungan Mn < 3 mg/l.

## 2.2 *Settling Pond*

*Settling pond* adalah tempat menampung air tambang sekaligus untuk mengendapkan partikel-partikel padatan yang ikut bersama air dari lokasi penambangan. *Settling pond* dibuat pada daerah terendah dari suatu daerah penambangan, sehingga air akan masuk ke *settling pond* secara alami.

*Settling pond* akan berfungsi dengan baik apabila rancangan *settling pond* yang dibuat sesuai dengan debit air limpasan yang akan ditampung. Rancangan *settling pond* dari segi geometri harus mampu menampung debit air dari lokasi penambangan. Sedangkan dari segi operasional dapat menjamin partikel-partikel padatan mempunyai waktu yang cukup untuk mengendap secara bertahap serta mudah dibersihkan dari segi lumpur yang mengendap.

Bentuk *settling pond* biasanya digambarkan secara sederhana yaitu berupa kolam berbentuk empat persegi panjang. Sebenarnya bentuk tersebut dapat bermacam-macam, namun pada setiap *settling pond* akan selalu ada 4 zona penting, yaitu kolam endapan lumpur, kolam reaksi dan pencampuran, kolam stabilisasi I dan kolam stabilisasi II. Untuk menghitung dimensi *settling pond* digunakan rumus :

$$V = p \times l \times t$$

Keterangan :

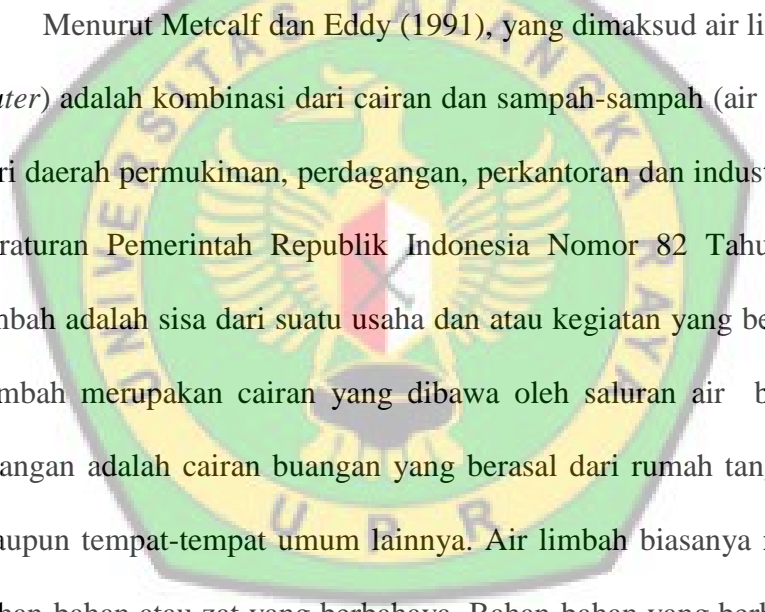
V = Volume

p = Panjang

l = Lebar

t = Tinggi

### 2.3 Air Limbah



Menurut Metcalf dan Eddy (1991), yang dimaksud air limbah (*waste water*) adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah (air yang berasal dari daerah permukiman, perdagangan, perkantoran dan industri). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah merupakan cairan yang dibawa oleh saluran air buangan. Air buangan adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya. Air limbah biasanya mengandung bahan-bahan atau zat yang berbahaya. Bahan-bahan yang berbahaya dapat mengganggu kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian hidup.

Air limbah sebagai sumber pencemar dapat berasal dari berbagai sumber. Air limbah bersumber dari kegiatan manusia dan kemajuan teknologi. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri. Sumber-sumber air limbah tersebut oleh Kusnoputranto (1986) dibedakan menjadi 3, yaitu :

- a. Air limbah rumah tangga (*domestic waste water*), air limbah dari permukiman ini umumnya mempunyai komposisi yang terdiri atas (tinja dan urin), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, dimana sebagian besar merupakan bahan organik.
- b. Air limbah kotapraja (*municipal waste water*), air limbah ini umumnya berasal dari daerah perkotaan, perdagangan, sekolah, tempat-tempat ibadah dan tempat-tempat umum lainnya seperti hotel, restoran dan lain-lain.
- c. Air limbah industri, adalah buangan hasil proses/sisa dari suatu kegiatan/usaha yang berwujud cair dimana kehadirannya pada suatu saat dan tempat tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang (Asmadi, 2012). Air limbah yang berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi ini umumnya lebih sulit dalam pengolahannya serta mempunyai variasi yang luas.

Air limbah usaha dan atau kegiatan pertambangan batubara adalah air yang berasal dari kegiatan penambangan batubara dan air buangan yang berasal dari kegiatan pengolahan/pencucian batubara (KepMen LH No.113/2003). Pencemar pada limbah cair batubara dapat berupa suhu, nilai pH, kandungan logam dan padatan tersuspensi. Pencemaran limbah cair dari penambangan batubara yang memengaruhi nilai pH dan kandungan logam air adalah air asam tambang.

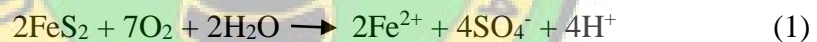
Air asam tambang (AAT) atau disebut juga dengan *Acid Mine Drainage* (AMD) adalah air yang bersifat asam (tingkat keasaman yang tinggi) dan sering ditandai dengan nilai pH yang rendah yaitu dibawah 6, karena sesuai dengan baku mutu air pH normal adalah 6-9 sebagai hasil dari oksidasi mineral sulfida yang tersingkap oleh proses penambangan dan terkena air.

#### 2.4 Proses Terbentuknya Air Limbah Tambang

Penambangan batubara menyebabkan terlepasnya unsur-unsur kimia tertentu seperti Fe dan S dari senyawa pirit ( $\text{Fe}_2\text{S}$ ), dan hasil reaksi antara air dengan unsur maupun senyawa tersebut akan menghasilkan air buangan bersifat asam (*acid mine drainage/acid rock drainage*) (Syarifudin A., 2014). Komponen pembentukan air limbah tambang adalah unsur kimia, air dan oksigen. Air yang masuk kedalam cekungan berasal dari air permukaan terutama dari air hujan. Curah hujan yang tinggi menyebabkan volume air dalam cekungan semakin besar, sehingga cekungan membentuk kolam besar. Proses terjadinya air limbah tambang yaitu bila teroksidasinya mineral-mineral sulfida yang terdapat pada batuan hasil galian atau hasil erosi material batubara dengan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan oksigen ( $\text{O}_2$ ) sehingga membentuk air limbah yang bersifat asam ( $<6$ ). Air limbah yang bersifat asam terbentuk dikarenakan pada saat penambangan batubara, dilakukan pengupasan lapisan-lapisan batubara supaya mempermudah pengambilan batubara yang berada di bawah beberapa lapisan batubara bahkan batubara itu terdapat pada

salah satu dari lapisan batuan tersebut. Pengupasan ini membuat lapisan batuan yang umumnya mengandung mineral sulfida terpapar oleh udara sehingga mineral sulfida ini akan mengalami oksidasi karena adanya air dan oksigen. Proses pembentukan air limbah tambang terdiri atas beberapa tahapan reaksi. Reaksi pertama adalah reaksi oksidasi mineral pirit dengan kehadiran air. Pada reaksi tersebut  $\text{Fe}^{2+}$  dihasilkan dari proses penguraian pirit atau proses oksidasi pirit oleh oksigen. Reaksi ini adalah reaksi pelapukan disertai dengan proses oksidasi pirit dan menghasilkan dua mol keasaman dari setiap mol pirit yang teroksidasi. Reaksi ini dapat berlangsung baik pada kondisi abiotik maupun biotik.

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



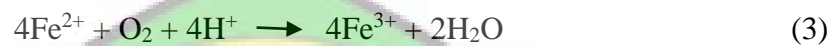
Reaksi selanjutnya adalah oksidasi pirit oleh ion ferri. Reaksi ini lebih cepat dua sampai tiga kali dibandingkan dengan oksidasi oleh oksigen. Jumlah mol keasaman juga lebih banyak per mol pirit. Akan tetapi, reaksi ini hanya berlangsung selama ion ferri cukup tersedia atau pada kondisi asam.



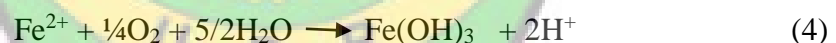
Dengan demikian proses reaksi oksidasi pirit dimulai dengan reaksi (1) pada kondisi dekat netral dan dilanjutkan dengan reaksi (2) jika kondisi semakin asam atau pH lebih kecil dari 4,5. Pada pH rendah (lebih kecil dari 4,5),  $\text{Fe}^{2+}$  akan lebih cepat mengoksidasi pirit dibandingkan  $\text{O}_2$  dan lebih

cepat pula daripada  $O_2$  mengoksidasi  $Fe^{2+}$  (Nordstrom, 1982). Oleh karena itu, reaksi (2) dikenal sebagai langkah pembatas laju oksidasi pirit.

Ion ferri terbentuk sebagai hasil konversi ion ferro yang terbentuk dari reaksi (1) dan mengkonsumsi satu mol keasaman seperti yang ditunjukkan pada reaksi (3). Laju reaksi tersebut lambat pada  $pH < 5$  dan kondisi abiotik. Kehadiran bakteri *acidithiobacillus ferrooxidans* akan mempercepat laju oksidasi  $Fe^{2+}$  5 sampai 6 kali.

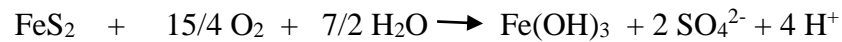


Dari reaksi (3) terlihat bahwa untuk mengoksidasi ion ferro menjadi ferri diperlukan kehadiran oksigen. Ion ferri dapat mengalami oksidasi dan hidrolisa sehingga membentuk ferri hidroksida seperti yang ditunjukkan pada reaksi (4). Pembentukan presipitat atau endapan ferri hidroksida yang berwarna coklat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



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

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



*Pirit            Oksigen            Air            Yellowboy    Asam Sulfat*

Produk dari oksidasi sulfida adalah keasaman, spesies sulfur, padatan terlarut total (*total dissolved solids/TDS*), dan logam. Spesies sulfur yang terbentuk adalah sulfat. Pada kondisi asam, konsentrasi sulfat terlarut dapat mencapai 10.000 mg/l atau bahkan lebih pada kondisi yang lebih ekstrem. Jika kondisi menjadi semakin basa, konsentrasi sulfat dipengaruhi oleh kelarutan dari gipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Spesies sulfur terlarut lainnya antara lain bisulfida ( $\text{HS}^-$ ), sulfida ( $\text{S}^{2-}$ ), sulfur *oxyanion* (termasuk *polysulfides*,  $\text{Sn}^{2-}$ ), dan sulfit ( $\text{SO}_3^{2-}$ ).

Sumber pembentuk air limbah tambang yang utama adalah mineral sulfida reaktif beserta produk oksidasinya. Terdapat banyak jenis mineral sulfida di bumi ini namun mineral sulfida pembentuk air limbah tambang paling utama adalah pirit ( $\text{FeS}_2$ ).

## 2.5 Teknologi Pengolahan Air Limbah Tambang

Air limbah sering menimbulkan pencemaran yang terjadi karena adanya zat, energi, makhluk hidup, atau komponen lain dalam lingkungan yang mengakibatkan lingkungan tidak dapat atau kurang berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Limbah cair harus diolah terlebih dahulu dengan teknologi yang tepat karena beberapa hal, antara lain untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan baik terhadap sumber-sumber air,

kesehatan masyarakat atau kerusakan lain yang mungkin ditimbulkan oleh limbah cair tersebut (Moersidik, 1995). Pengolahan limbah cair bertujuan untuk mendegradasi beban pencemarnya, sehingga kualitas efluen yang dihasilkan memenuhi syarat-syarat tertentu (Soemantojo, 1996).

Proses pengolahan limbah cair batubara dilakukan dengan mengendapkan partikel batubara yang tersuspensi dalam air limpasan dan menyesuaikan parameter pH, TSS, kandungan Fe dan kandungan Mn limbah cair batubara sesuai dengan batas aman baku mutu air hasil pengolahan yang aman bagi lingkungan. Pengolahan limbah cair batubara berupa air asam tambang dapat dilakukan dengan dua sistem pengolahan, yaitu sistem pengolahan aktif yang dilakukan melalui penambahan kimia dalam proses netralisasi air asam tambang, dan sistem pengolahan pasif yang dilakukan dengan mengandalkan kemampuan fisik alami, geokimia dan proses biologi dari sistem tersebut tanpa membutuhkan bantuan manusia dalam pengoperasiannya.

Penilaian risiko terhadap karakteristik aliran air limbah tambang yang akan diolah meliputi laju aliran atau debit, konsentrasi kontaminan, dan pH. Sementara risiko sistem pengolahan antara lain berupa kegagalan dalam operasional baik dari aspek mekanikal, elektrikal, sistem kendali dan bahan. Terkait dengan aliran keluar dari sistem pengolahan atau efluen risiko yang utama adalah tidak terpenuhinya baku mutu lingkungan. Produk samping utama dari sistem pengolahan adalah lumpur hasil pengendapan atau *sludge*. Risiko dalam pengelolaan *sludge* antara lain kurangnya kapasitas

penampungan dan stabilitas fisik maupun kimiawi lumpur yang buruk. Contoh risiko terkait dengan kondisi lapangan adalah ancaman bencana alam terhadap sarana pengolahan seperti banjir dan gempa bumi.

Tujuan dari pengolahan air limbah tambang bergantung pada permasalahan atau tantangan yang dihadapi oleh pelaku usaha pertambangan yang biasanya bersifat *site specific*. Berikut ini berbagai tujuan dari pengolahan air limbah tambang.

- a. Memanfaatkan kembali air tambang untuk keperluan pengolahan bijih atau batubara, transpor material dan penggunaan operasional lainnya seperti penyiraman debu, irigasi pada daerah reklamasi atau pendinginan tambang bawah tanah yang dalam hal ini pengolahan air limbah tambang bertujuan untuk memperbaiki kualitas air tambang sehingga memenuhi persyaratan untuk pemanfaatannya kembali.
- b. Melindungi kesehatan manusia pada kondisi dimana terdapat kemungkinan kontak antara manusia dengan air limbah tambang baik secara langsung maupun tidak langsung.
- c. Perlindungan lingkungan khususnya dampak terhadap air permukaan dan air tanah. air limbah tambang dapat menjadi media pembawa berbagai pencemar atau kontaminan ke lingkungan.
- d. Kemungkinan mengekstrak unsur yang mempunyai nilai jual dari air limbah tambang, contohnya pengolahan air limbah tambang di tambang tembaga-emas untuk menghasilkan logam tembaga.

- e. Memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh peraturan perundang-undangan yang mengatur tentang kualitas efluen (baku mutu) atau beban pencemar.
  - f. Air tambang sebagai bagian dari sumber daya air yang penting bagi manusia. Semakin banyak kasus dimana air tambang yang telah diolah dialirkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat sekitar.
  - g. Pengolahan air tambang merupakan suatu komponen penting dari pengelolaan air tambang untuk mendukung operasi sepanjang umur tambang dan menjamin kondisi pasca tambang yang berkelanjutan.
- Pengelolaan air tambang yang terintegrasi mencakup langkah-langkah berikut ini.
- a. Pencegahan pencemaran pada semua sumber potensial di areal pertambangan.
  - b. Minimalisasi dampak potensial melalui upaya-upaya mitigasi.

Secara umum pengolahan air limbah tambang dapat digolongkan menjadi 2 yaitu : *Active treatment* dan *Passive treatment*.

#### 1. *Active Treatment Technologies* (Teknologi Pengolahan Aktif)

Yang termasuk dalam teknologi pengolahan aktif adalah teknologi yang memerlukan pengoperasian oleh manusia. Teknologi ini cocok untuk diterapkan pada tahap eksplorasi dan operasi-produksi karena memerlukan pengendalian dan pengelolaan secara aktif

terhadap pengoperasian dan perawatan dari sistem pengolahan. Dalam penerapannya dibutuhkan bahan penetral yang umumnya berupa bahan kimia, tenaga atau pekerja pelaksana operasi dan perawatan serta sumber daya listrik dan mekanik. Teknologi ini pada dasarnya dapat diterapkan untuk segala ukuran debit, tetapi lebih unggul pada debit yang besar. Penerapan teknologi pengolahan aktif akan menghasilkan limbah lumpur sehingga perlu dipertimbangkan metode pembuangannya. Dari sisi biaya, umumnya teknologi pengolahan aktif membutuhkan biaya kapital yang besar serta biaya operasi dan perawatan yang tinggi. Meskipun efektif, pengolahan aktif mahal bila biaya peralatan, bahan kimia dan tenaga kerja dianggap sebagai pertimbangan (Skousen, 1990).

Sistem pengolahan air limbah tambang secara aktif mencakup pengolahan menggunakan bahan kimia yang bersifat alkalin untuk meningkatkan pH, mentralkan keasaman dan mengendapkan logam. Metode ini dapat merupakan beban jangka panjang sampai pascatambang. Oleh karena itu, metode ini sebaiknya hanya diterapkan jika memang air limbah tambang tidak dapat dicegah pembentukannya, umumnya pada masa operasi penambangan. Pemilihan sistem pengolahan aktif harus mempertimbangkan :

- a. Debit aliran air limbah tambang
- b. pH
- c. Padatan terlarut total (*total suspended solids*)

- d. Keasaman dan alkalinitas
- e. Konsentrasi Fe dan Mn
- f. Debit badan air penerima dan penggunaannya
- g. Jarak antara titik pemberian bahan kimia penetral dan aliran air masuk ke kolam pengendap
- h. Volume dan konfigurasi kolam pengendap

Metode pengolahan kimiawi yang umum untuk menetralkan air limbah tambang adalah penambahan alkalinitas untuk menetralkan asam dan menghasilkan endapan senyawa logam berat. Sistem pengolahan kimiawi dapat juga menambahkan bahan pengoksidasi dan/atau flokulan dan koagulan dalam pengolahan air limbah tambang. Penting untuk dipahami bahwa dalam setiap sistem pengolahan akan terdapat dua limbah, yaitu limbah cair yang akan dialirkan ke badan perairan alami dan lumpur endapan.

Pada dasarnya bahan penetral air limbah tambang dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu yang berbasis kalsium dan yang berbasis natrium, kalium dan ammonia. Masing-masing kelompok tentu memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

**Tabel 2.1** Perbandingan Karakteristik Bahan Penetral

<b>Parameter/sifat</b>	<b>Kalsium</b>	<b>Natrium, Kalium, Ammonia</b>
Kelarutan	Rendah	Tinggi
Penggunaan	Sulit	Lebih Mudah
Efek Lempung	Menggumpal	Tersebar
Padatan Tersuspensi	Turun	Dapat Bertambah
Gypsum	Akan Mengendap	Kurang Mengendap
Biaya	Lebih Murah	Lebih Mahal

Sumber : Rudy Sayoga G., *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan: Air Asam Tambang 2019*

Masing-masing bahan penetral memiliki kelebihan dan kekurangan. Pemilihan bahan penetral harus didasarkan pada faktor-faktor teknis dan ekonomis. Yang termasuk faktor teknis adalah tingkat keasaman, debit aliran, jenis dan konsentrasi logam, laju dan tingkat pengolahan yang diperlukan dan kualitas air yang ditargetkan.

Proses penetralan harus dapat meningkatkan pH air sampai pada tingkat dimana kandungan logam terlarut di dalam air akan membentuk hidroksida logam yang tak larut dan mengendap. Jenis dan jumlah kandungan logam sangat memengaruhi pemilihan sistem pengolahan air limbah tambang. Umumnya logam akan mengalami presipitasi pada pH antara 6 dan 9. Akan tetapi hidroksida besi ferri akan terpresipitasi pada pH sekitar 3,5 dan hidroksida aluminium pada pH = 4,5.

a. Kalsium Karbonat atau Batugamping

Batugamping banyak digunakan sejak dahulu karena murah, aman, mudah penggunaannya, lumpur yang terbentuk

mudah ditangani. Akan tetapi, kekurangannya adalah penggunaan terbatas karena kelarutan yang rendah, kecenderungan membentuk pelapisan (*coating*)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  serta tidak mampu meningkatkan pH yang cukup untuk mengurangi kandungan Mn. Reaktivitas dari batugamping ditentukan oleh kandungan  $\text{CaCO}_3$  atau  $\text{CaO}$  dan kehadiran material lain seperti  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{MgO}$ . Reaksi  $\text{CaCO}_3$  dengan asam sulfat adalah :



Hasil dari reaksi tersebut adalah gipsum yang terdapat dalam bentuk terlarut atau mengendap, bergantung pada konsentrasi larutan. Gipsum yang terlalu jenuh akan menyebabkan pembentukan kerak pada instalasi pengolahan.

Batugamping tidak mahal tetapi kelarutannya rendah dan semakin tidak efektif jika terjadi penutupan oleh presipitat logam dan produk reaksi pembentukan gipsum. Selain itu, pembentukan gas  $\text{CO}_2$  pada proses netralisasi menggunakan batugamping dapat memengaruhi pemisahan larutan-padatan secara gravitasi dari presipitat logam-oxy-hidroksida. Gelembung  $\text{CO}_2$  yang terjebak di dalam presipitat dapat mengakibatkan sebagian endapan mengapung akibatnya waktu pengendapan semakin meningkat.

Netralisasi air limbah tambang yang mengandung lebih dari 50 mg/l besi ferro dengan kalsium karbonat tidak

direkomendasikan karena laju kondisi besi ferro ke besi ferri rendah pada kondisi pH yang dapat dicapai dengan pengolahan menggunakan batugamping . Nilai pH maksimum umumnya sekitar 6.5, namun bisa mencapai 7,5 dengan resirkulasi lumpur dan peningkatan waktu reaksi.

Kelebihan batugamping :

- Murah
- Tidak akan terjadi pengolahan berlebih (*over treat*)
- Sifat lumpur yang baik
- Tidak membahayakan pekerja

Kekurangan batugamping :

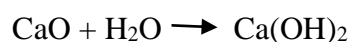
- Kurang dapat terlarut
- Umumnya memerlukan pengadukan
- Tidak dapat mengolah secara cepat air limbah tambang yang mengandung kandungan besi ferro yang tinggi
- Tidak dapat mencapai pH yang cukup tinggi untuk pengendapan cepat dari Fe dan Mn

b. Kalsium Hidroksida/Kapur Tohor ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

CaO dihasilkan dari proses kalsinasi batugamping dengan cara pembakaran pada suhu sekitar  $1000^\circ\text{C}$  untuk menghilangkan gas  $\text{CO}_2$ . Kalsium oksida yang baik untuk netralisasi air limbah tambang adalah dengan kandungan kalsium

yang tinggi. Kalsium oksida yang mengandung Mg relatif tidak reaktif.

Kalsium oksida akan lebih efektif untuk menetralkan air limbah tambang jika terlebih dahulu dilarutkan dalam air sehingga membentuk kalsium hidroksida.



Reaksi ini bersifat eksotermik dan menghasilkan 15,3 cal/g mol. Kapur padam (*hydrated lime*) atau  $\text{Ca(OH)}_2$  adalah bahan penetral yang paling umum digunakan untuk mengolah air limbah tambang. Biasanya dijual dalam bentuk bubuk dan cenderung *hydrophobic*, serta memerlukan pengadukan untuk larut dalam air. Bahan ini efektif untuk digunakan pada debit air aliran air limbah tambang yang besar dan tingkat keasaman tinggi.

Seperti juga bahan berbasis kalsium lainnya, netralisasi menggunakan kapur tohor atau kapur padam akan menghasilkan endapan. Kelebihan pemberian kapur akan meningkatkan pH > 9, bahkan bisa mencapai pH = 12. Akan tetapi pH yang tinggi ini tidak akan lama karena  $\text{Ca(OH)}_2$  tidak stabil dan akan menjadi  $\text{CaCO}_3$  yang akan menimbulkan kerak atau endapan.

Kelebihan kapur tohor :

- Dapat mencapai pH tinggi untuk menghilangkan Fe dan Mn

- Relatif tidak mahal
- Cukup tersedia, walaupun kualitasnya harus dikendalikan
- Kemampuan netralisasi yang tinggi
- Penggumpalan lempung

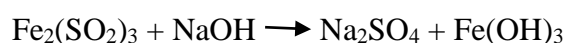
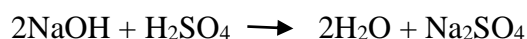
Kekurangan kapur tohor :

- Membutuhkan kontak yang baik agar efektif
- Memerlukan sarana pengolahan
- Volume lumpur dapat berlebihan
- Dapat mencelakai pekerja
- Kelarutan yang rendah

c. Kaustik Soda (NaOH)

Kaustik soda sering digunakan pada debit aliran yang kecil (<6 l/detik) dan keasaman yang tinggi. Umumnya digunakan jika konsentrasi Mn dalam air limbah tambang tinggi karena dapat meningkatkan pH hingga 13. Bahan ini sangat larut dalam air dan dapat dengan cepat meningkatkan pH serta harus digunakan dalam kolam karena lebih berat dari air dan dapat mengendap.

NaOH sering disebut sebagai kaustik soda baik digunakan sebagai bahan penetral air limbah tambang pada aliran yang rendah dengan reaksi sebagai berikut.



Kaustik soda sangat reaktif karena memiliki kelarutan yang tinggi. Efluen akan memiliki kandungan logam terlarut yang tinggi karena kelarutan total dari natrium sulfat.

Kelebihan NaOH :

- Hanya memerlukan sistem pencampuran yang sederhana karena dapat dalam bentuk cairan
- Tidak menghasilkan lumpur kalsium sulfat
- Dapat mencapai pH yang cukup tinggi untuk menghilangkan kandungan  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Mn}^{2+}$
- Ekuivalen netralisasi yang tinggi

Kekurangan NaOH :

- Mahal
- Dapat membahayakan pekerja
- Pengolahan berlebih (*over treat*) mudah terjadi
- Kapasitas bufer kecil
- Volume lumpur yang tinggi, lumpur dengan densitas yang rendah bisa tidak stabil untuk  $\text{Mn}^{2+}$  menjadi mudah terlarut kembali.

d. Kalsium Hidroksida (KOH)

Penggunaan, karakteristik netralisasi dan lumpur yang terbentuk mirip dengan NaOH hanya harganya lebih mahal. Penggunaan KOH lebih baik dibandingkan NaOH karena menghasilkan *disperse* lempung yang lebih sedikit. Kelebihan

lain adalah kurangnya potensi pencemaran air karena kalium akan masuk ke siklus biologi sebagai nutrisi.

e. Soda Abu ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

Soda abu jarang digunakan sebagai bahan penetral atau pengolah utama dalam fasilitas pengolahan air limbah tambang dengan aliran yang besar. Hal ini disebabkan ketersediannya yang terbatas serta harga yang mahal, sehingga hanya digunakan pada aliran yang kecil. Pemilihan soda abu sebagai bahan penetral lebih mempertimbangkan kemudahan penanganan dibandingkan efisiensi biaya.

Reaksi penetralan dengan soda abu adalah :



Penggunaan soda abu untuk menetralkan air limbah tambang dapat menghasilkan  $\text{CO}_2$ . Jika gelembung  $\text{CO}_2$  terperangkap di dalam endapan/presipitasi dapat menyebabkan gumpalan presipitat tersebut mengapung dan menjadi sulit mengendap. Oleh karena itu, pengadukan diperlukan untuk melepaskan  $\text{CO}_2$ . Jika air limbah tambang banyak mengandung  $\text{Ca}^{2+}$  dapat terjadi presipitasi kalsium karbonat.

Lumpur yang dihasilkan akan mengendap dengan baik dan terkompaksi seperti yang dihasilkan melalui penetralan dengan kapur. Namun, air hasil penetralan cenderung keruh oleh kandungan padatan tersuspensi. Besi dan mangan lebih stabil

dalam lumpur hasil penetral dengan kapur dan NaOH dibandingkan dengan soda abu. Juga lebih banyak mangan yang terlarut kembali dari lumpur yang dihasilkan dari soda abu dibandingkan dengan kapur dan kaustik soda.

Kelebihan soda abu :

- Terlarut dalam air
- Tidak memerlukan sistem pengolahan yang mahal atau rumit
- Portabel
- Menghasilkan kapasitas bufer pada air yang diolah
- Bahaya bagi pekerja sangat kecil
- Dapat mencapai nilai pH yang tinggi untuk menghilangkan  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Mn}^{2+}$

Kekurangan soda abu :

- Harganya mahal
- Pengolahan berlebih (*over treat*) mungkin terjadi
- Ekuivalen penetralan rendah
- Lumpur cenderung tidak stabil sehingga memungkinkan terlarut kembali

f. *Anhydrous* Ammonia ( $\text{NH}_3$ )

$\text{NH}_3$  merupakan produk alami dari dekomposisi bahan organik dalam siklus nitrogen. Ammonia adalah gas yang stabil, berbau tajam dan tidak berwarna pada tekanan atmosfer. Akan

tetapi dapat dikompres dan didinginkan menjadi larutan tak berwarna yang sangat mudah larut di dalam air.

Jika ammonia larut dalam air, sebagian besar akan bereaksi membentuk ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Kesetimbangan kimiawi akan terbentuk yang mengandung  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4^+$  dan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ).  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  yang tidak terionisasi beracun bagi biota perairan.

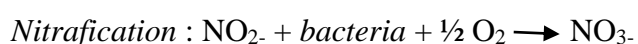
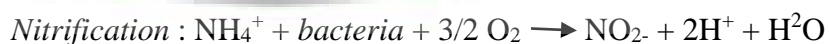
Reaksi penetralan oleh  $\text{NH}_3$  adalah :



Atau melalui reaksi berikut :



Reaksi diatas berlangsung dengan cepat tetapi bisa saja diikuti dengan transformasi secara biologi dari ammonium menjadi nitrat melalui peran bakteri *chemolithotrophic* sebagai berikut.



Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dapat juga beracun bagi ikan karena akan mengikat hemoglobin menjadi *methemoglobin* sehingga tidak mengikat oksigen. Kandungan nitrit antara 8-9 ppm dapat mengakibatkan *methemoglobinemia* atau penyakit bayi biru bagi manusia.

Kelebihan  $\text{NH}_3$  :

- Sangat mudah larut sehingga penggunaan sangat mudah
- Termurah jika ditinjau dari dasar kelarutan yang tinggi
- Mengurangi biaya pekerja
- Dapat mengendapkan Mn pada pH yang lebih rendah dibandingkan bahan penetral lain

Kekurangan  $\text{NH}_3$  :

- Dapat beracun bagi biota perairan
- Dapat menghasilkan asam di daerah hilir aliran yang lebih banyak dibandingkan air yang dinetralkan
- Pemantauan tambahan diperlukan

g. Zeolit Alami

Zeolit alami adalah aluminosilikat yang dapat digunakan untuk pertukaran ion dalam pengolahan air limbah tambang. Ion natrium yang secara alami terdapat dalam zeolit akan mengalami pertukaran ion dengan kation logam. Jika zeolit telah penuh dengan kation logam harus segera dibersihkan dari kation logam menggunakan larutan  $\text{NaCl}$ .

Penetral yang paling umum digunakan pada perlakuan air limbah tambang skala besar adalah kapur, ini karena bahan tersebut tersedia secara komersial, mudah digunakan, teknologi telah terbukti, biayanya murah dan efektif digunakan serta dikelola dengan baik dalam hal kesehatan dan keselamatan kerja bagi penerapan skala besar.

Menambahkan tawas pada air limbah tambang sebelum dialirkan ke sungai tujuannya untuk menjernihkan air.

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

Merupakan proses pengolahan yang tidak memerlukan intervensi, operasi atau perawatan oleh manusia. Secara reguler bahan yang biasanya digunakan adalah memakai tumbuhan yang dapat menetralkan pH secara tidak langsung, yakni purun tikus dan rumput teki.

## 2.6 Syarat Baku Mutu Air

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Untuk menjaga agar air berada dalam kondisi yang sesuai dengan peruntukannya maka pemerintah telah menerbitkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tanggal 14 Desember 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara. Baku mutu air untuk kegiatan penambangan batubara dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Baku Mutu Air Limbah Penambangan Batubara

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

Sumber : Kepmen No.113 Tahun 2003



**Tabel 2.3** Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
<b>FISIKA</b>						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara
<b>KIMIA ANORGANIK</b>						
pH		6 – 9	6 – 9	6 – 9	5 – 9	Apabila secara alamiah di luar rentang
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO 3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	

Lanjutan

Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara
Khlorida	mg/L	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan

Lanjutan

Belerang sebagai H2S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000
-Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
-RADIOAKTIVITAS						
-Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
-Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol	ug/L	1	1	1	(-)	
Sebagai Fenol						
BHC	ug/L	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug/L	2	2	2	2	
Heptachlor dan	ug/L	18	(-)	(-)	(-)	
Heptachlor epoxide						
Lindane	ug/L	56	(-)	(-)	(-)	

Lanjutan

Methoxyclor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)	

Sumber : Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

Keterangan :

mg = miligram

ug = mikrogram

ml = mililiter

L = liter

Bq = Bequerel

MBAS = *Methylene Blue Active Substance*

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan.

Tanda  $\leq$  adalah lebih kecil



Berikut ini akan diuraikan beberapa elemen penting dari baku mutu air serta dampaknya terhadap lingkungan.

1. Tingkat keasaman (pH)

Nilai pH adalah nilai yang menyatakan tingkat keasaman suatu air baik itu air permukaan, air tanah dan air dari sisa penambangan. Nilai pH air yang normal berada antara 6-9. pH air terpolusi berbeda-beda tergantung dari jenis buangnya. Buangan yang banyak mengandung asam-asam organik biasanya akan meningkatkan keasaman air. Air buangan industri-industri bahan organik pada umumnya mengandung asam mineral dalam jumlah yang tinggi, sehingga keasaman juga tinggi atau pH nya rendah.

2. Temperatur

Temperatur adalah suhu rata-rata pada daerah keadaan sekitar penambangan. Dalam berbagai proses industri air sering digunakan sebagai medium pendingin. Setelah digunakan air tersebut akan menerima panas dari bahan yang didinginkan lalu dibuang ke tempat asalnya. Air buangan ini jelas akan mempunyai temperatur yang lebih tinggi dari air bersih.

Kenaikan temperatur ini akan berakibat sebagai berikut:

- a. Menurunnya oksigen terlarut
- b. Meningkatnya kecepatan reaksi kimia
- c. Terganggunya kehidupan ikan dan hewan air lainnya

d. Jika batas temperatur yang mematikan terlampaui, ikan dan hewan air lainnya akan mati.

### 3. Warna, Bau dan Rasa

Warna air yang terdapat di alam sangat bervariasi. Warna air yang tidak normal biasanya menunjukkan adanya polusi. Warna air dapat dibedakan atas dua macam yaitu warna sejati (*true color*) yang disebabkan oleh bahan-bahan terlarut. Warna semu (*apparent color*), yaitu selain adanya bahan-bahan terlarut juga adanya bahan-bahan tersuspensi, termasuk diantaranya yang bersifat koloid.

Bau air tergantung dari sumber airnya. Bau air dapat disebabkan oleh bahan-bahan kimia, ganggang, *plankton*, atau tumbuhan dan hewan air, baik yang masih hidup ataupun yang sudah mati. Air yang berbau sulfid disebabkan oleh reduksi sulfat dengan adanya bahan-bahan organik dan mikro organisme *anaerobic*.

Rasa tidak terdapat pada air yang normal. Timbulnya rasa yang menyimpang biasanya disebabkan oleh adanya polusi, dan rasa yang menyimpang tersebut dihubungkan dengan bau, karena pengujian terhadap rasa air jarang dilakukan. Bau yang tidak normal pada air juga dianggap mempunyai rasa yang tidak normal.

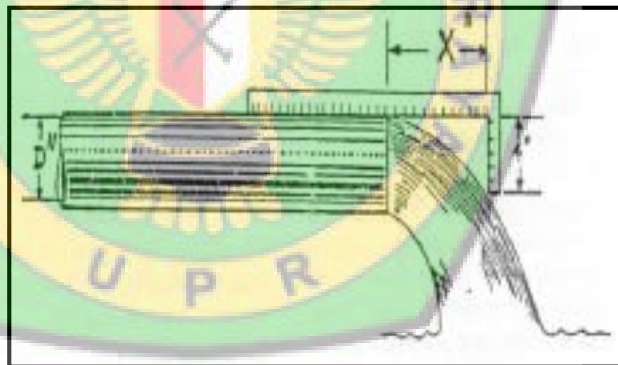
### 4. Kesadahan Air

Kesadahan air adalah kandungan mineral-mineral yang terdapat pada air. Kesadahan air disebabkan oleh adanya ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) didalam air. Air yang mempunyai tingkat kesadahan

pada alat-alat yang terbuat dari besi, menyebabkan sabun kurang berbusa. Keadaan ini akan meningkatkan konsumsi sabun yang terlalu tinggi. Sangat merugikan karena dapat menimbulkan korosi atau karatan dan juga menimbulkan kerak pada wadah-wadah pengolahan.

## 2.7 Perhitungan Debit Pompa

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



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

**Gambar 2.1** Posisi Pipa dan Alat Ukur

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

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

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

Keterangan :

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

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

$v$  = Kecepatan aliran (m/s)

$x$  = Panjang tembakan pompa (m)

$y$  = Panjang sisi pendek alat ukur yang digunakan (m)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $9,8 m/s^2$ )

## 2.8 Perhitungan Kebutuhan Kapur

Perhitungan kebutuhan kapur (KK) yang digunakan untuk keperluan penetralan air asam tambang didapat dari hasil perhitungan debit air ( $Q_{pompa}$ ) dan dosis kapur yang digunakan dalam pengolahan air limbah tambang. Maka rumus perhitungan KK adalah sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan Kapur} = \frac{\text{dosis kapur} \times \text{debit air} \times 3600}{1000}$$

## 2.9 Analisis Data Curah Hujan

Definisi curah hujan dibatasi sebagai tinggi air hujan yang diterima oleh permukaan sebelum mengalami aliran permukaan, evaporasi dan perembesan ke dalam tanah (Handoko, 1995). Analisis data curah hujan dibutuhkan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir.

Curah hujan rencana adalah curah hujan yang dijadikan sebagai acuan perencanaan tambang. Curah hujan rencana penting dalam perencanaan karena berguna dalam menentukan debit air. Hujan rencana ditentukan dari hasil analisa frekuensi data curah hujan dan dinyatakan dalam curah hujan dengan periode ulang tertentu. Terdapat beberapa macam analisa distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi yaitu :

#### 1. Distribusi Normal

Perhitungan dengan distribusi normal dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

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

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

#### 2. Distribusi Log Normal

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

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

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

### 3. Distribusi Log Person III

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

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

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

### 4. Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan menurut metode Gumbel mempunyai perumusan sebagai berikut :

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

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

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

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

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

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

Dengan  $T =$  periode ulang (tahun)

## 2.10 Alat Ukur V-Notch

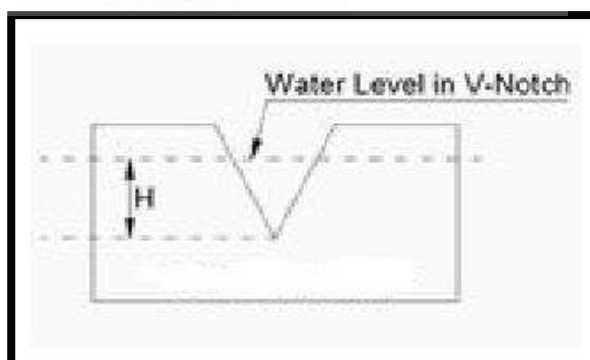
V-Notch merupakan alat ukur debit air berbentuk segitiga sama kaki terbalik, dengan sudut puncak di bawah. Sudut puncak dapat merupakan sudut siku atau sudut lain, misalnya  $60^\circ$  atau  $30^\circ$ . Sebagai alat ukur, sekat Thompson (V-Notch) sangat dibutuhkan untuk mengetahui perkiraan debit air yang akan dan sudah diolah (Kurniawan, 2014).

Kelebihan dari alat ukur V-Notch yaitu :

1. Sederhana dan mudah dibuat
2. Biaya pelaksanaan tidak mahal

Kekurangan dari alat ukur V-Notch yaitu :

1. Hanya dapat digunakan pada debit aliran yang kecil ( $< 100$  liter/detik).
2. Penggunaannya sering kurang optimal karena gejalak aliran yang melalui sekat terlampau besar (sangat turbulen) dan jarak dari ambang ke saluran di hulunya tidak memenuhi syarat.
3. Pengukuran debit tidak bisa dilakukan jika muka air hilir naik diatas elevasi ambang bangunan ukur.



Sumber : PT. PCN, 2019

**Gambar 2.2** Alat Ukur V-Notch

### 2.11 *Total Suspended Solid (TSS)*

*Total Suspended solid* atau padatan tersuspensi total (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2  $\mu\text{m}$  atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan (*turbidity*) dengan membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di perairan. Sehingga nilai kekeruhan tidak dapat dikonversi ke nilai TSS. Kekeruhan adalah kecenderungan ukuran sampel untuk menyebarkan cahaya. Sementara hamburan diproduksi oleh adanya partikel tersuspensi dalam sampel. Kekeruhan adalah murni sebuah sifat optik. Pola dan intensitas sebaran akan berbeda akibat perubahan dengan ukuran dan bentuk partikel serta materi. Sebuah sampel yang mengandung 1.000 mg/L dari *fine talcum powder* akan memberikan pembacaan yang berbeda kekeruhan dari sampel yang mengandung 1.000 mg/L *coarsely ground talc*. Kedua sampel juga akan memiliki pembacaan yang berbeda kekeruhan dari sampel mengandung 1.000 mg/L *ground pepper*. Meskipun tiga sampel tersebut mengandung nilai TSS yang sama.

Perbedaan antara padatan tersuspensi total (TSS) dan padatan terlarut total (TDS) adalah berdasarkan prosedur penyaringan. Padatan selalu diukur sebagai berat kering dan prosedur pengeringan harus diperhatikan untuk menghindari kesalahan yang disebabkan oleh

kelembaban yang tertahan atau kehilangan bahan akibat penguapan atau oksidasi.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian**

##### **3.1.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah**

Secara administratif PT. Prolindo Cipta Nusantara berada pada Desa Sebamban Baru Kecamatan Sei Loban Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Lokasi IUP PT. Prolindo Cipta Nusantara secara geografis tergambar pada peta provinsi Kalimantan Selatan dan titik-titik koordinat batas IUP dapat dilihat pada tabel 3.1, dengan luas IUP 350 hektar.

Kabupaten Tanah Bumbu merupakan salah satu kabupaten dalam wilayah ministrasi Provinsi Kalimantan Selatan yang memiliki potensi perikanan laut dan wilayah pesisir. Kabupaten ini merupakan kabupaten pemekaran dari Kabupaten Kotabaru. Secara geografis terletak diantara 2°52'-115°15' Lintang Selatan dan 115°15'-116°04' Bujur Timur. Menurut letak geografis, Kabupaten Tanah Bumbu berbatasan dengan Kecamatan Kelumpang Hulu Kabupaten Kotabaru pada sebelah utara, Laut Jawa pada sebelah selatan, Kecamatan Kintap pada sebelah barat dan Kecamatan Pulau Laut Barat Kabupaten Kotabaru pada sebelah timur.

Kecamatan Sungai Loban yang terletak diantara Bujur Timur  $115^{\circ}40'41''$ - $5^{\circ}50'53''$  dan Lintang Selatan  $003^{\circ}31'32''$ - $003^{\circ}41'12''$ , secara geografis sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Kusan Hulu dan Kecamatan Kuranji, sebelah selatan berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Kusan Hilir, sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Angsana.

Desa Sebamban Baru merupakan salah satu desa yang ada di Kecamatan Sungai Loban. Batas - batas wilayah Desa Sebamban Baru secara administratif meliputi Kecamatan Kusan Hulu pada sebelah utara, Laut Jawa pada sebelah selatan, Desa Trimartani pada sebelah timur dan Kecamatan Angsana pada sebelah barat.

**Tabel 3.1** Batas Koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan  
PT. Prolindo Cipta Nusantara

No.	Garis Bujur (BT)			Garis Lintang (LS)		
	0	'	“	0	'	“
1	115	36	54.0	3	36	32.4
2	115	38	7.4	3	36	32.5
3	115	38	7.4	3	37	20.1
4	115	36	44.4	3	37	20.1
5	115	36	44.4	3	36	54.0
6	115	36	54.0	3	36	54.0

Sumber: PT. PCN, 2016

Kesampaian daerah dapat dicapai melalui darat dengan menggunakan kendaraan roda empat yang dapat ditempuh melalui jalan aspal dengan rute sebagai berikut :

PT. Prolindo Cipta Nusantara terletak kurang lebih 220 km arah timur dari Kota Banjarmasin dan 410 km dari Kota Palangka Raya. Dari Kota Palangka Raya ke Banjarmasin melalui jalan darat dengan lama perjalanan  $\pm$  4 jam. Dari Kota Banjarmasin melalui jalan darat beraspal menuju Kecamatan Angsana dengan lama perjalanan  $\pm$  6 jam. Kemudian dari Kecamatan Angsana, perjalanan dilanjutkan menuju Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT. Prolindo Cipta Nusantara yang berada didaerah Desa Sebamban Baru Kecamatan Sei Loban Kabupaten Tanah Bumbu.

### **3.1.2 Keadaan Flora dan Fauna**

Jenis vegetasi yang ada didaerah PT. Prolindo Cipta Nusantara hampir seluruhnya merupakan tanaman perkebunan kelapa sawit. Hal ini dikarenakan wilayah IUP PT. Prolindo Cipta Nusantara termasuk dalam wilayah perkebunan sawit milik PT. Minamas. Jenis tanaman lain yaitu berupa alang-alang, pohon karet, pohon akasia dan lain-lain yang dapat tumbuh dengan subur sesuai dengan keadaan iklim tropis.

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

## **Keadaan Iklim dan Curah Hujan**

Di wilayah tambang PT. Prolindo Cipta Nusantara termasuk daerah yang beriklim tropis, terdiri dari 2 musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Data curah hujan dapat dilihat pada Lampiran G.

## **3.2 Kondisi Geologi**

### **3.2.1 Kondisi Geologi Regional**

#### **3.2.1.1 Morfologi**

Keadaan morfologi daerah penelitian pada umumnya didominasi oleh daerah perbukitan bergelombang sedang dan dataran. Daerah yang berupa rangkaian beberapa kelompok perbukitan menempati kurang lebih 25% dari sekitar wilayah pertambangan dan sisanya 75% merupakan dataran landai. Secara keseluruhan daerah penambang terletak pada elevasi antara 25 meter hingga 35 meter, dimana daerah penelitian banyak terdapat sungai-sungai kecil yang terhubung pada sungai besar yaitu Sei Loban.

#### **3.2.1.2 Stratigrafi Regional**

Berdasarkan peta geologi lembar Kota Baru tahun 1995 berskala 1 : 125.000 wilayah kecamatan Sei Loban di tempati

oleh batuan sedimen kapur, tersier dan kwarter. Urutan batuan sedimen dari batuan tua hingga batuan muda pada daerah penyelidikan adalah sebagai berikut :

1. Formasi Berai

Formasi ini diendapkan dalam lingkungan neritik dan ketebalan formasi ini kurang lebih 1000 meter. Formasi ini diperkirakan berumur oligosen-miosen awal. Pada formasi ini biasanya ditemukan batugamping berwarna abu-abu cerah yang kaya akan cangkang-cangkang kerang, bersisipan dan berwarna abu-abu.

2. Formasi Warukin

Formasi Warukin berumur miosen dan mempunyai hubungan tidak selaras dengan formasi Dahor. Formasi Warukin ini diendapkan di atas formasi Berai dengan batuan penyusunnya seperti konglomerat, persilangan batulempung dan batulanau yang mengandung batubara. Satuan batuan tersebut diendapkan pada kondisi laut kalamiosen tengah di lingkungan paralik.

3. Formasi Dahor

Formasi ini terendapkan dalam lingkungan paralas dengan ketebalan formasi diperkirakan 250 meter, umurnya diperkirakan miosen akhir sampai pliosen, biasanya pada formasi ini dijumpai batupasir kuarsa

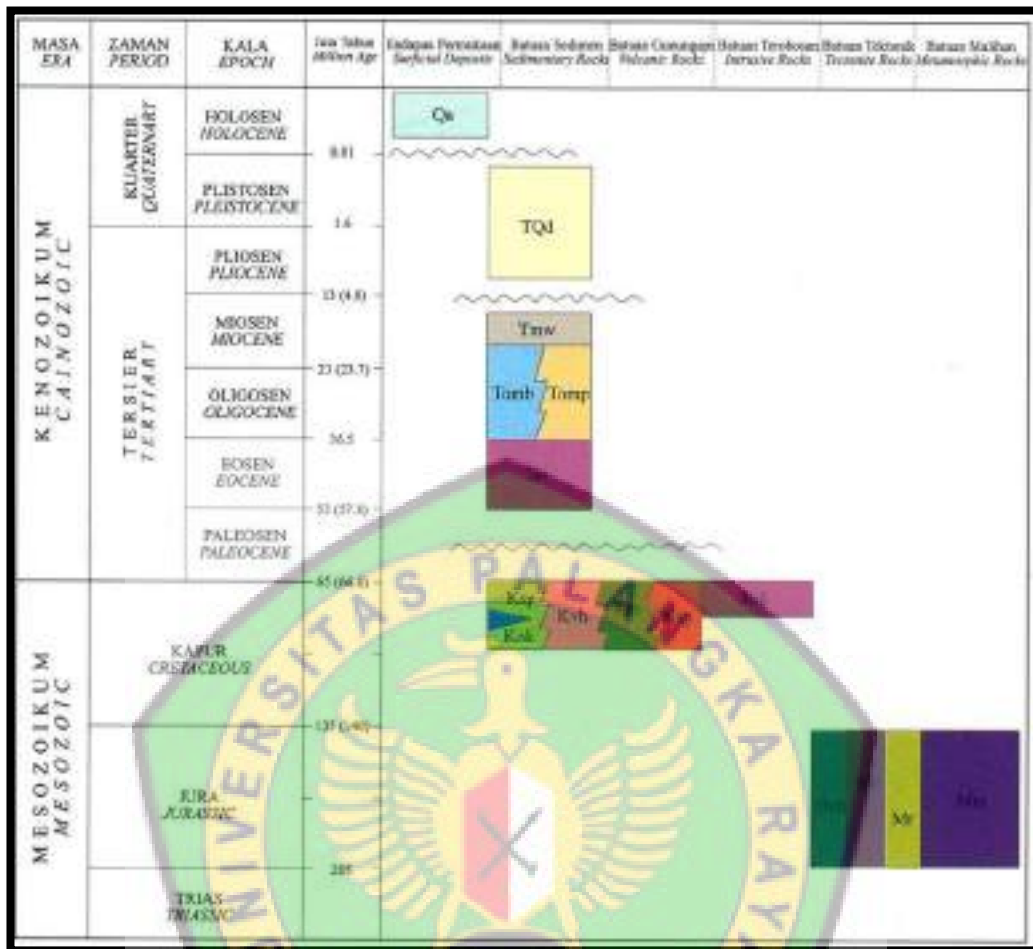
kurang padu, konglomerat dan batulempung lunak dengan sisipan lignit, kaolin dan limonit.

4. Satuan Batuan Berumur Holosen

Satuan batuan ini tersusun dari kerakal, kerikil, pasir, lempung dan lumpur hasil sedimentasi dari batuan induknya yang sudah tertransportasikan (endapan Alluvial).

5. Formasi Pitap

Terdiri atas perlingan konglomerat, batupasir wacke dan batulanau, bersisipan batugamping, breksi, batulempung konglomerat dan basal. Konglomerat umumnya berlapis baik, komponennya basal, batulempung, *ultramafic*, rijang, batugamping, gabbro dan diabas. Formasi ini diduga berumur Kapur Akhir dan terendapkan di lingkungan laut dangkal. Tebal satuan ini antara 1000-1500 meter. Formasi ini menjemari dengan Formasi Haruyan.



Sumber : PT. PCN, 2016

Gambar 3.1 Stratigrafi Kota Baru

### 3.2.1.3 Fisiografi

Wilayah penyelidikan umum endapan batubara, secara fisiografi termasuk ke dalam cekungan Asam-asam. Posisi wilayah tersebut terletak di bagian selatan Provinsi Kalimantan Selatan. Cekungan Asam-asam tersebut ditempati oleh batuan sedimen tersier setebal  $\pm 6000$  meter. Cekungan ini mengalami gejala tektonik inversion pada miosen akhir-

pliosen awal yang mengakibatkan batuan sedimen mulai terlipat. Pada waktu terjadinya transgresi pada cekungan Asam-asam diendapkan dari batuan tua ke muda dari formasi Berai dan formasi Warukin. Kemudian pada saat terjadinya regresi di endapkan formasi Dahor.

Aktifitas tektonik yang bekerja pada cekungan Asam-asam telah memengaruhi proses pengendapan batuan di cekungan tersebut. Sebagai akibat dari aktifitas tektonik tersebut terjadi pengangkatan pengunungan Meratus, yaitu pada kalamiosen tengah dan kalaplistosen. Sebagai produk pengangkatan tersebut terjadi pensesaran dan perlipatan serta mengaktifkan struktur sesar yang lebih tua. Orientasi sumbu-sumbu perlipatan yang terjadi umumnya mempunyai arah timur laut-barat daya, sedangkan sesar-sesar berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya.

### **3.2.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian**

#### **3.2.2.1 Geologi Lokal**

Berdasarkan hasil penyelidikan dilapangan, bahwa kondisi geologi lokal daerah penyelidikan dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) satuan batuan. Masing-masing satuan batuan tersebut adalah :

- Satuan Batupasir

Terdiri dari batupasir berwarna putih kelabu, keras, serpihan berupa lempengan bercampur lempung, halus kasar dengan komposisi pasir kuarsa, sedimentasi pelapisan yang tidak sejajar dengan batupasir berwarna kuning keabu-abuan, bersifat lunak dengan ukuran butir 1/8 mm-1 mm, membundar dengan komposisi *graded bedding*. Ketebalan antara 2-2,5 meter. Satuan ini terbentuk di atas batuan non klastik atau dibawah tanah pucuk yang terbentuk karena endapan erosi sungai hingga di atas 10 meter. Pada daerah endapan dasar biasanya tidak akan terjadi perubahan penyebaran. Terkecuali di daerah terbentuknya belokan sungai yang terdapat di sebelah barat laut telah dijumpai adanya perbedaan struktur dan keadaan morfologi.

- Satuan Batulempung

Batulempung berwarna abu-abu, lunak, abu-abu kehitaman bercampur karbon bersifat karbonat. Batuan ini banyak dijumpai dalam bentuk lapisan pengapit batubara. Lanau lunak sedang, abu-abu cerah, bersifat homogen, tebal masing-masing bervariasi dengan pelapisan sejajar.

### 3.2.2.2 Morfologi

Keadaan morfologi daerah penelitian pada umumnya didominasi oleh daerah perbukitan bergelombang sedang dan dataran. Secara keseluruhan daerah penambang terletak pada elevasi antara 25 meter hingga 35 meter, dimana daerah penelitian banyak terdapat sungai-sungai kecil yang terhubung pada sungai besar yaitu Sungai Loban.

### 3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain

:

1. Buku Catatan

Buku catatan berukuran kecil sehingga fleksibel digunakan saat dilapangan. Buku catatan berfungsi sebagai wadah untuk mencatat data-data yang diperlukan dalam penelitian.

2. Alat Tulis

Alat tulis berfungsi untuk mencatat data-data yang didapatkan.

3. Kamera Telepon Genggam

Kamera berfungsi untuk mendokumentasikan kegiatan maupun data lapangan.

4. Alat Pelindung Diri (APD)

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

## 5. Laptop

Laptop berfungsi untuk mengolah data-data penelitian yang didapat.

## 6. Penggaris Siku - siku

Penggaris siku-siku berfungsi untuk mengukur debit air yang keluar melalui *V-Notch* dari *settling pond*.

## 7. Meteran (50 meter)

Meteran berfungsi untuk mengukur dimensi *settling pond*.

## 8. Botol Sampel

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

## 9. Ember

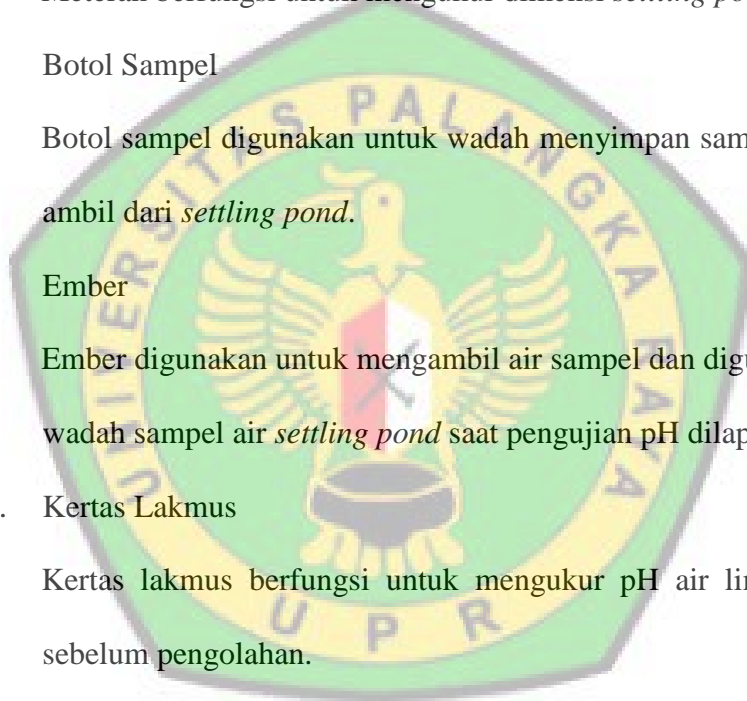
Ember digunakan untuk mengambil air sampel dan digunakan sebagai wadah sampel air *settling pond* saat pengujian pH dilapangan.

## 10. Kertas Lakmus

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

## 11. pH Meter

pH meter berfungsi untuk mengukur pH air limbah tambang skala laboratorium.



### 3.4 Tata Laksana

#### 3.4.1 Langkah Kerja

1. Mengukur pH air limbah pada *settling pond 2* sebelum pengolahan dengan menggunakan alat ukur pH berupa kertas lakmus yang dicelupkan langsung ke air limbah.
2. Menentukan dosis kapur yang efektif untuk pengolahan air limbah tambang dengan melakukan percobaan.
3. Mengukur debit air yang masuk dari *sump* ke *settling pond 2* dengan cara mengukur debit aktual pompa terlebih dahulu. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur debit aktual pompa adalah penggaris siku-siku. Data akan didapat dari pengukuran panjang tembakan air dan panjang sisi pendek dari alat ukur yang kemudian akan dimasukkan ke rumus perhitungan debit aktual pompa.
4. Mengukur dimensi *settling pond 2* menggunakan alat ukur meteran. Untuk mendapatkan dimensi *settling pond 2* dilakukan pengukuran panjang, lebar dan kedalaman *settling pond 2* yang kemudian data yang didapat akan dihitung menggunakan rumus volume.
5. Menganalisis data curah hujan untuk mendapatkan debit air limpasan.
6. Menghitung kebutuhan kapur tohor yang akan digunakan untuk proses pengolahan air limbah dengan cara mengetahui

dosis kapur yang digunakan melalui percobaan dosis kapur. Setelah dosis kapur telah diketahui, maka dilakukan perhitungan kebutuhan kapur.

7. Mengukur pH *oulet* setelah dilakukan proses pengolahan air limbah menggunakan alat ukur pH berupa kertas lakmus.
8. Mengukur debit air yang keluar melalui *oulet* setelah proses penetralan dengan menggunakan parameter *V-Notch* dan penggaris sepanjang 1 meter. Perhitungan debit air *oulet* dilakukan dengan cara mengukur tinggi air pada *V-Notch*, kemudian tinggi air akan disesuaikan dengan parameter *V-Notch* sesuai dengan kemiringan *V-Notch* yang digunakan perusahaan.
9. Melakukan uji laboratorium terhadap sampel air limbah tambang yang telah melalui proses pengolahan.

#### 3.4.2 Metode

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

##### A. Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data primer dan sekunder yang akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang terdapat di dalam penelitian dengan judul “Kajian Dosis Kapur Tohor untuk Pengolahan Air

Limbah Tambang pada *Settling Pond 2* di PT. Prolindo Cipta Nusantara Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan” antara lain sebagai berikut:

1. Pengambilan Data Primer

Penelitian ini menggunakan data primer untuk mengetahui tingkat pH dan dosis kapur tohor. Data primer diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung pada jangka waktu tertentu di lokasi penelitian meliputi pH air limbah sebelum pengolahan dan dosis kapur yang efektif untuk pengolahan air limbah tambang. Pada penelitian ini observasi lapangan juga akan dilakukan yaitu dengan membandingkan hasil pengolahan air limbah tambang di lapangan dengan syarat baku mutu air.

2. Pengambilan Data Sekunder

Data sekunder di dalam penelitian ini diperoleh dengan melakukan pengumpulan data dari PT. Prolindo Cipta Nusantara terkait objek penelitian. Pengumpulan data sekunder digunakan untuk menunjang informasi mengenai kegiatan pengolahan air limbah tambang.

## B. Metode Pengolahan Data

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

1. Metode Kuantitatif merupakan metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah dengan menggunakan data-data nilai sebagai bahan analisis guna menyelesaikan permasalahan terkait. Metode analisis data kuantitatif yang digunakan peneliti adalah dengan menggunakan percobaan dosis kapur, perhitungan debit pompa, volume *settling pond*, jumlah kebutuhan kapur, pH air limbah tambang dan debit air limpasan.
2. Metode kualitatif adalah metode yang menggunakan teknis analisis mendalam (*in-depth analysis*) yaitu mengkaji masalah secara kasus perkasus guna mengetahui sifat dari suatu masalah yang berbeda. Sumber data penelitian kualitatif yang digunakan peneliti adalah parameter yang terdapat pada Kepmen No. 113 Tahun 2003.
3. Metode deskriptif adalah metode yang dilakukan dengan mengumpulkan data historis dan mengamati secara seksama mengenai aspek-aspek

tertentu yang berkaitan dengan masalah yang sedang diteliti oleh penulis sehingga akan memperoleh data-data yang dapat mendukung penyusunan laporan penelitian. Data-data yang diperoleh kemudian diproses dan dikaji lebih lanjut sehingga memperoleh informasi mengenai objek tersebut dan dapat ditarik kesimpulan mengenai masalah yang diteliti. Dalam hal ini, metode deskriptif digunakan untuk menjelaskan alur proses pengolahan air limbah tambang.

### C. Analisis Data

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka perlu dilakukan analisis sejauh mana tingkat keefektifan dosis kapur pada pengolahan air limbah tambang.

Sehingga, analisis data yang akan dilakukan yaitu:

1. Mengetahui pH Air Limbah Tambang Sebelum dan Sesudah Pengolahan

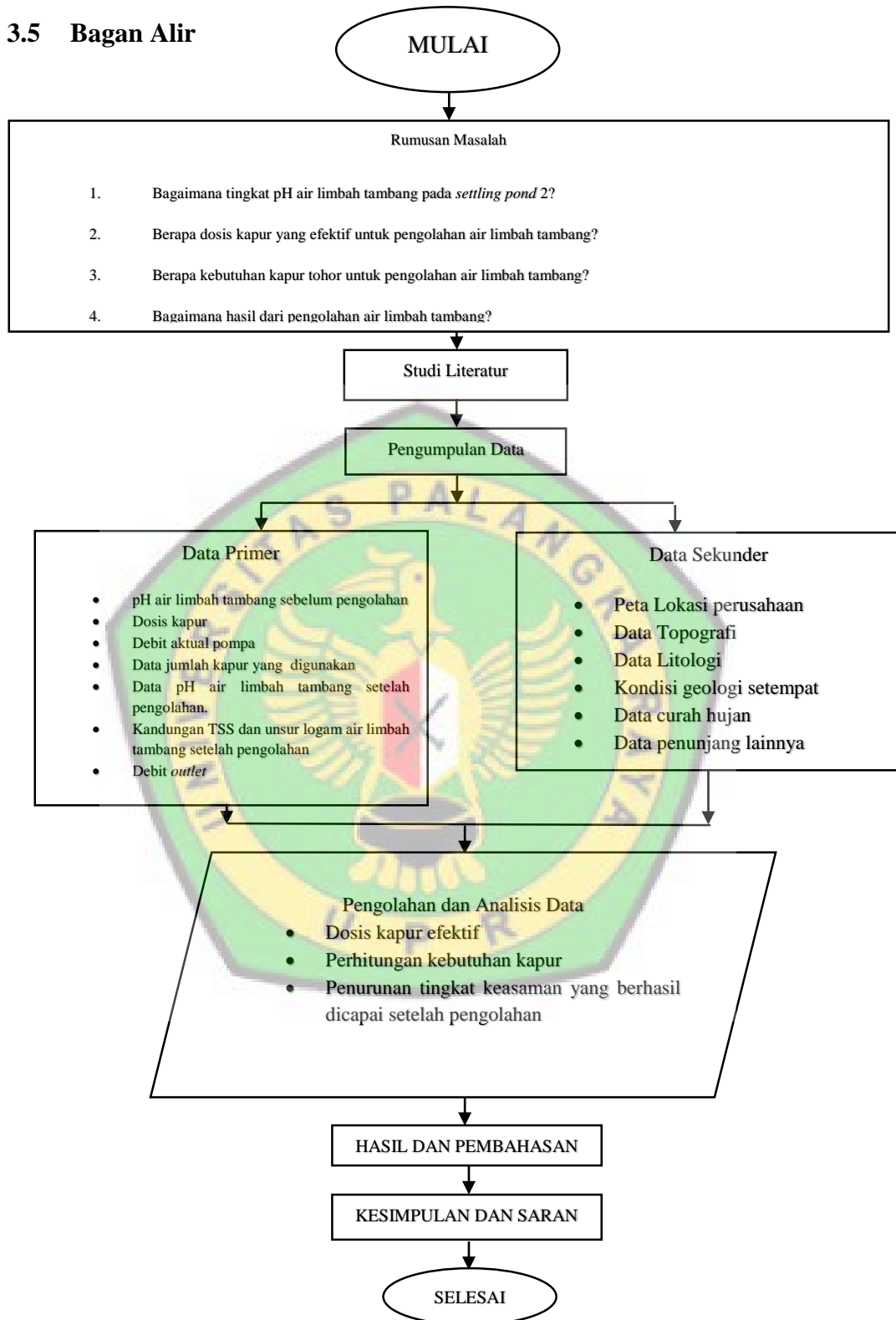
Dilakukan dengan mengukur pH atau tingkat keasaman air limbah tambang sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan dengan menggunakan kertas lakmus.

2. Mengkaji Keberhasilan Kapur Tohor dengan Dosis Efektif berdasarkan Percobaan

Dilakukan dengan membandingkan kenaikan pH air limbah sebelum dan sesudah pengolahan dengan menggunakan dosis kapur tohor berdasarkan percobaan dosis kapur.



### 3.5 Bagan Alir



Gambar 3.2 Bagan Alir

### 3.6 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan tugas akhir ini adalah selama 9 bulan yaitu pada bulan Mei 2019 sampai dengan bulan Februari 2020, dengan lokasi penelitian di PT. Prolindo Cipta Nusantara, dengan rincian kegiatan sebagai berikut :

Tabel 3.2 Jadwal Penelitian Tugas Akhir

No.	Kegiatan	Bulan																																							
		Mei 2019				Juni 2019				Juli 2019				Agustus 2019				September 2019				Oktober 2019				November 2019				Desember 2019				Januari 2020				Februari 2020			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Persiapan	■																																							
2	Studi Literatur	■	■																																						
3	Observasi Lapangan		■																																						
4	Pengambilan Data		■	■																																					
5	Pengolahan Data		■	■																																					
6	Pembuatan Laporan		■	■																																					
7	Presentasi Laporan (Diperusahaan)			■																																					
8	Revisi & Konsultasi (Diperusahaan)			■																																					
9	Konsultasi Laporan (Bab I – Bab III)					■																																			
10	Seminar Proposal																	■																							
11	Revisi Proposal																		■																						
12	Konsultasi Hasil Tugas Akhir																			■	■	■	■	■	■	■															
13	Seminar Hasil																									■															
14	Revisi Seminar Hasil																										■	■	■	■	■	■	■	■							
15	Ujian Akhir																																				■				

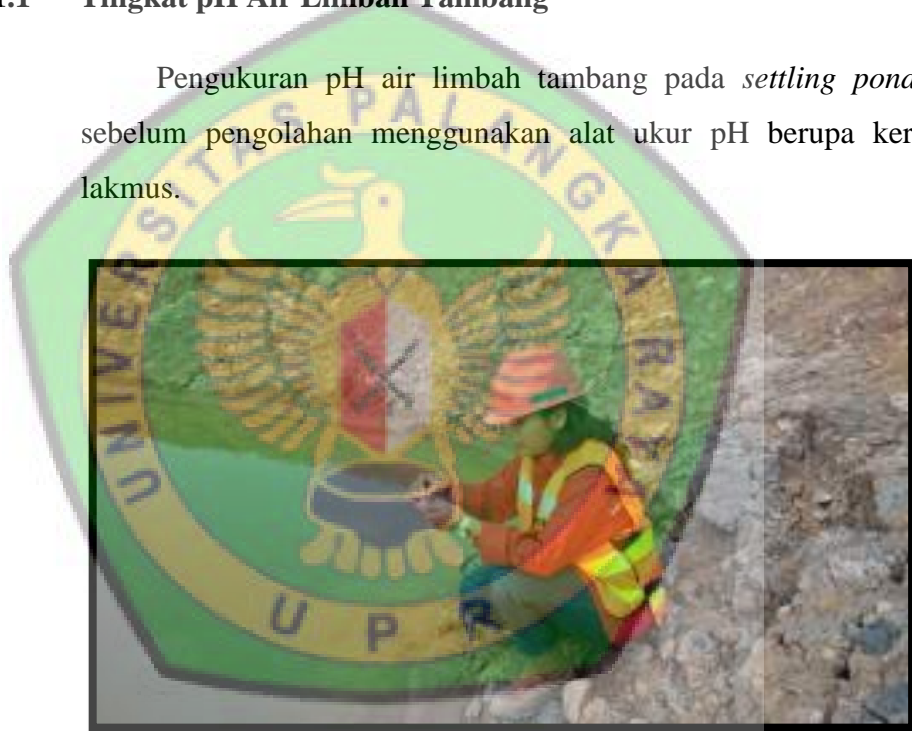
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

##### 4.1.1 Tingkat pH Air Limbah Tambang

Pengukuran pH air limbah tambang pada *settling pond* 2 sebelum pengolahan menggunakan alat ukur pH berupa kertas lakmus.



**Gambar 4.1 Pengukuran pH Air Limbah Tambang pada SP 2  
Sebelum Pengolahan**

Berikut ini adalah hasil pengukuran pH air limbah tambang *settling pond* 2 dilapangan :

**Tabel 4.1** Pengukuran pH Air Limbah Tambang *Settling**Pond 2*

<b>Tanggal</b>	<b>pH</b>
10 Mei 2019	4
11 Mei 2019	4
12 Mei 2019	4
13 Mei 2019	4
14 Mei 2019	4
15 Mei 2019	4
16 Mei 2019	4
17 Mei 2019	4
18 Mei 2019	4
19 Mei 2019	4
20 Mei 2019	4
21 Mei 2019	4
22 Mei 2019	4



**Gambar 4.2 pH Air Limbah Tambang SP 2 Sebelum Pengolahan**

#### **4.1.2 Dosis Kapur Efektif untuk Pengolahan Air Limbah Tambang**

Untuk menentukan dosis kapur yang efektif untuk pengolahan air limbah tambang dilakukan percobaan dengan mencampurkan sampel air limbah tambang dengan dosis kapur tohor yang berbeda (0,1 gr/l-0,7 gr/l) dan melakukan pengadukan secara manual selama 1 menit. Setelah itu pengadukan dihentikan dan ditunggu selama 10 menit. Kemudian melakukan pengukuran pH akhir untuk melihat kenaikan pH dari setiap dosis kapur tohor yang digunakan, sehingga

didapatkan dosis kapur tohor yang efektif untuk mengolah air limbah tambang.



**Gambar 4.3** pH Air Limbah Tambang

**Tabel 4.2** Hasil Percobaan Dosis Kapur

No.	Dosis Kapur	pH Akhir
1.	0,1	4,63
2.	0,2	5,11
3.	0,3	5,52
4.	0,4	5,92
5.	<b>0,5</b>	<b>6,29</b>
6.	0,6	7,04
7.	0,7	7,33



**Gambar 4.4 pH Sampel Air Limbah Tambang dengan Dosis Kapur Tohor 0,5 gr/l**

#### **4.1.3 Kebutuhan Kapur untuk Pengolahan Air Limbah Tambang**

##### **A. Debit Aktual Pompa**

Pompa yang digunakan oleh PT. Prolindo Cipta Nusantara untuk memompa air dari *sump* ke *settling pond* adalah pompa Multiplo 420. Pipa untuk mengalirkan air memiliki diameter 12 inch. Pengukuran debit aktual pompa dilapangan dilakukan dengan menggunakan metode *discharge*.



**Gambar 4.5 Pengukuran Debit Aktual Pompa**

Pada kegiatan penelitian, dilakukan pengambilan data debit aktual pompa seperti pada gambar 4.3 dengan hasil data sebagai berikut :

- a. Diameter pipa yang digunakan = 12 inch  
= 0,3022 m
- b. Jari-jari pipa yang digunakan  $= \frac{\text{diameter pipa}}{2}$   
 $= \frac{0,3022}{2}$   
 $= 0,1511 \text{ m}$
- c. Panjang tembakan = 0,5920 m
- d. Panjang sisi pendek alat ukur = 0,2010 m
- e. Percepatan gravitasi = 9,8 m/s<sup>2</sup>

Maka, berdasarkan data-data tersebut dapat di lakukan perhitungan terhadap debit aktual pompa sebagai berikut :

f. Kecepatan aliran

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

$$v = \frac{0,5920 \text{ m}}{\sqrt{(2)(0,2010 \text{ m})/9,8 \text{ m/s}^2}}$$

$$v = \frac{0,5920 \text{ m}}{0,6403 \text{ s}^2}$$

$$v = 0,9245 \text{ m/s}$$

g. Debit aktual pompa , sebagai berikut :

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

$$Q_{\text{pompa}} = \pi \cdot (0,1511 \text{ m})^2 \cdot (0,9245 \text{ m/s})$$

$$Q_{\text{pompa}} = 3,14 \cdot 0,0228 \cdot (0,9245 \text{ m/s})$$

$$Q_{\text{pompa}} = 0,0661 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{pompa}} = 66,1 \text{ liter/detik}$$

## B. Dimensi *Settling Pond* 2

Berdasarkan penelitian dilapangan, *settling pond* 2 memiliki bentuk persegi empat dan memiliki 4 kompartemen.



**Gambar 4.6 Pengukuran Dimensi *Settling Pond* 2**

Berdasarkan pengukuran dilapangan didapatkan panjang, lebar dan tinggi masing-masing kompartemen. Berikut adalah data dan perhitungan dimensi *settling pond* 2 :

**Kompartemen 1**

Panjang : 30 m

Lebar : 15 m

Tinggi : 4 m

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= P \times L \\ &= 30 \times 15 = 450 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$V = P \times L \times T$$

$$\begin{aligned} V &= 30 \times 15 \times 4 \\ &= 1800 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**Kompartemen 2**

Panjang : 20 m

Lebar : 15 m

Tinggi : 4 m

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= P \times L \\ &= 20 \times 15 = 300 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= P \times L \times T \\ V &= 20 \times 15 \times 4 \\ &= 1200 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### Kompartemen 3

Panjang : 20 m

Lebar : 15 m

Tinggi : 4 m

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= P \times L \\ &= 20 \times 15 = 300 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= P \times L \times T \\ V &= 20 \times 15 \times 4 \\ &= 1200 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### Kompartemen 4

Panjang : 20 m

Lebar : 12 m

Tinggi : 4 m

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 20 \times 12 \\ &= 20 \times 12 = 240 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= P \times L \times T \\ V &= 20 \times 12 \times 4 \\ &= 960 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Dari hasil penelitian di lapangan diketahui dimensi *settling pond* dengan luas total yaitu 1290 m<sup>2</sup> dan volume total yaitu 5160 m<sup>3</sup> dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Luas Total} = \text{Luas}_1 + \text{Luas}_2 + \text{Luas}_3 + \text{Luas}_4$$

$$= 450 + 300 + 300 + 240$$

$$= 1290 \text{ m}^2$$

$$V \text{ Total} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$= 1800 + 1200 + 1200 + 960$$

$$= 5160 \text{ m}^3$$

$$= 5.160.000 \text{ liter}$$

### C. Analisis Data Curah Hujan

Berdasarkan data curah hujan selama 10 tahun, akan ditentukan pemilihan distribusi analisis data curah hujan dengan perhitungan sebagai berikut :

- *Mean/Rerata*

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} = \frac{1208,9}{10} = 120,89$$

- Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{10251,51}{10-1}} = 33,7499136$$

- Variation Coefficient

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{33,74499136}{120,89} = 0,279178705$$

- Skewness

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{10 \times 18483,30828}{(10-1)(10-2)38443,0641}$$

$$= \frac{184833,083}{2767900,62} = 0,0667773553$$

- Kurtosis

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{X})^4}{S^4} = \frac{\frac{1}{10} (19610758)}{(33,7499136)^4}$$

$$= \frac{1961075,8}{1297450,09} = 1,51148458$$

**Tabel 4.3** Dispersi Statistik Logaritma

Tahun	Xi	Log Xi	X	Log Xi - X	Log Xi - X <sup>2</sup>	Log Xi - X <sup>3</sup>	Log Xi - X <sup>4</sup>
2009	75,6	1,879	2,0662827538	-0,187760958	0,035254177	-0,006619358	0,00124286
2010	91	1,959	2,0662827538	-0,107241361	0,011500710	-0,001233352	0,00013227
2011	133,6	2,126	2,0662827538	0,059523704	0,003543071	0,000210897	0,00001255
2012	146,8	2,167	2,0662827538	0,100443302	0,010088857	0,001013358	0,00010179
2013	146,9	2,167	2,0662827538	0,100739042	0,010148355	0,001022336	0,00010299
2014	102,3	2,010	2,0662827538	-0,056407120	0,003181763	-0,000179474	0,00001012
2015	78	1,892	2,0662827538	-0,174188151	0,030341512	-0,005285132	0,00092061
2016	177,1	2,248	2,0662827538	0,181935807	0,033100638	0,006022191	0,00109565

## Lanjutan

2017	116	2,064	2,0662827538	-0,001824765	0,000003330	-0,000000006	0,00000000
2018	141,6	2,151	2,0662827538	0,084780500	0,007187733	0,000609380	0,00005166
	1208,9	20,663			0,144350146	-0,004439161	0,00367050
	120,9	2,066					

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

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

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} = \frac{20,663}{10} = 2,066 \text{ mm}$$

- Standar Deviasi (Sd log x)

$$\text{Sd} (\log x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,144}{9}} = 0,126 \text{ mm}$$

- Variation Coefficient

$$C_v = \frac{\text{Sd}}{\log \bar{X}} = \frac{0,126}{2,066} = 0,060 \text{ mm}$$

- Skewness

$$\begin{aligned} C_s (\log x) &= \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{X})^3}{(n-1).(n-2).(Sd \log x)^3} = \frac{10 \times 0,004}{(10-1).(10-2).(0,126)^3} \\ &= \frac{0,04}{0,144} = 0,277 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kurtosis

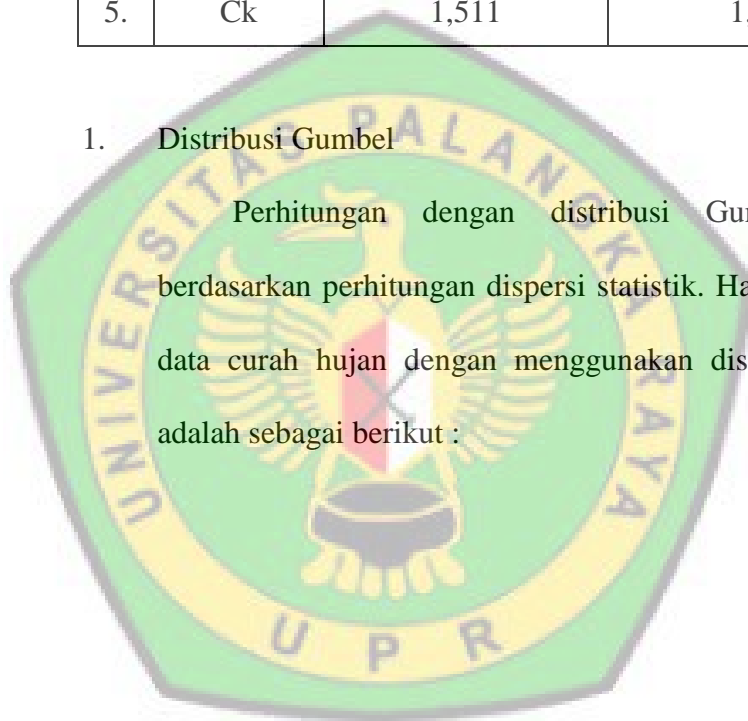
$$\begin{aligned} C_k (\log x) &= \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{X})^4}{Sd^4} = \frac{\frac{1}{10} 0,003}{(0,126)^4} \\ &= \frac{0,0003}{0,0002} = 1,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Tabel 4.4** Hasil Pengukuran Dispersi

No.	Dispersi	Hasil Dispersi	
		Parameter Statistik	Parameter Statistik Logaritma
1.	X	120,89	2,066
2.	Sd	33,749	0,126
3.	Cv	0,279	0,060
4.	Cs	0,066	0,277
5.	Ck	1,511	1,5

#### 1. Distribusi Gumbel

Perhitungan dengan distribusi Gumbel dihitung berdasarkan perhitungan dispersi statistik. Hasil dari analisis data curah hujan dengan menggunakan distribusi Gumbel adalah sebagai berikut :



**Tabel 4.5** Hasil Perhitungan Distribusi Gumbel

TAHUN	$X_i$	$\bar{x}$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	N	M	$Y_n$	$Y_{\bar{n}}$	$(Y_n - Y_{\bar{n}})^2$
2009	75,6	120,89	-45,29	2051,184	10	1	2,350619	0,495207	3,442554
2010	91	120,89	-29,89	893,4121	10	3	1,144278	0,495207	0,421294
2011	133,6	120,89	12,71	161,5441	10	6	0,237677	0,495207	0,066321
2012	146,8	120,89	25,91	671,3281	10	8	-0,26181	0,495207	0,573078
2013	146,9	120,89	26,01	676,5201	10	9	-0,53342	0,495207	1,058067
2014	102,3	120,89	-18,59	345,5881	10	4	0,794106	0,495207	0,089341
2015	78	120,89	-42,89	1839,552	10	2	1,60609	0,495207	1,234062
2016	177,1	120,89	56,21	3159,564	10	10	-0,87459	0,495207	1,876346
2017	116	120,89	-4,89	23,9121	10	5	0,500651	0,495207	$2,96 \times 10^{-5}$
2018	141,6	120,89	20,71	428,9041	10	7	-0,01153	0,495207	0,256786
<b>JUMLAH</b>	1208,9			10251,51					9,01788
<b>RATA-RATA</b>	120,89								
			S= 33,74991					Sn = 1,000993	

Parameter-parameter yang digunakan pada perhitungan distribusi gumbel telah ditentukan (lihat tabel 4.5), sebagai contoh (tahun 2009) langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

$$- \bar{x} = \frac{\sum xi}{n} = \frac{1208,9}{10} = 120,89$$

$$- xi - \bar{x} = 75,6 - 120,89 = -45,29$$

$$- (xi - \bar{x})^2 = (-45,29)^2 = 2051,184$$

$$- n = \text{jumlah sampel} = 10$$

$$- m = \text{urutan sampel} = 1$$

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

$$= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{(10+1-1)}{10+1} \right\} \right]$$

$$= -\ln (0,0953101799)$$

$$= 2,350619$$

$$- Y_{\bar{n}} = \sum Y_n = 0,495207$$

$$- (Y_n - Y_{\bar{n}})^2 = (2,350619 - 0,495207)^2$$

$$= (1,855412)^2$$

$$= 3,442554$$

$$- S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{10251,51}{9}} = 33,74991$$

$$- S_n = \sqrt{\frac{\sum (Y_n - Y_{\bar{n}})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{9,01788}{9}} = 1,00093$$

**Tabel 4.6** Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel

PERIODE ULANG (TAHUN)	2	5	10	25	50
<b>Y<sub>t</sub></b>	0,366513	1,49994	2,250367	3,198534	3,901939
<b>Y<sub>n̄</sub></b>	0,495207	0,495207	0,495207	0,495207	0,495207
<b>S<sub>n</sub></b>	1,000993	1,000993	1,000993	1,000993	1,000993
<b>K</b>	-0,12857	1,003737	1,75342	2,700646	3,403353
<b><math>\bar{x}</math></b>	120,89	120,89	120,89	120,89	120,89
<b>S</b>	33,74991	33,74991	33,74991	33,74991	33,74991
<b>X<sub>t</sub></b>	<b>116,5509</b>	<b>154,766</b>	<b>180,0678</b>	212,0366	235,7529

Berikut perhitungan Curah Hujan periode 2 tahun :

$$\begin{aligned}
 - \quad k &= (Y_t - Y_{\bar{n}}) / S_n \\
 &= (0,366513 - 0,495207) / 1,000993 \\
 &= -0,128694 / 1,000993 = -0,12857 \\
 X_t &= \bar{x} + k \cdot S \\
 &= 120,89 + (-0,12857) \cdot 33,74991 \\
 &= 116,5509 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

Berikut perhitungan Curah Hujan periode 5 tahun :

$$\begin{aligned}
 - \quad k &= (Y_t - Y_{\bar{n}}) / S_n \\
 &= (1,49994 - 0,495207) / 1,000993 \\
 &= 1,003737 \\
 X_t &= \bar{x} + k \cdot S \\
 &= 120,89 + 1,003737 \cdot 33,74991 \\
 &= 154,766 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

Berikut perhitungan Curah Hujan periode 10 tahun :

$$- \quad k = (Y_t - Y_{\bar{n}}) / S_n$$

$$= (2,250367 - 0,495207) / 1,000993$$

$$= 1,75342$$

$$X_t = \bar{x} + k \cdot S$$

$$= 120,89 + 1,75342 \cdot 33,74991$$

$$= 180,0678 \text{ mm/hari}$$

Berikut perhitungan Curah Hujan periode 25 tahun :

$$- k = (Y_t - Y_{\bar{n}}) / S_n$$

$$= (3,198534 - 0,495207) / 1,000993$$

$$= 2,700646$$

$$X_t = \bar{x} + k \cdot S$$

$$= 120,89 + 2,700646 \cdot 33,74991$$

$$= 212,0366 \text{ mm/hari}$$

Berikut perhitungan Curah Hujan periode 50 tahun :

$$- k = (Y_t - Y_{\bar{n}}) / S_n$$

$$= (3,901939 - 0,495207) / 1,000993$$

$$= 3,403353$$

$$X_t = \bar{x} + k \cdot S$$

$$= 120,89 + 3,403353 \cdot 33,74991$$

$$= 235,7529 \text{ mm/hari}$$

## 2. Distribusi Probabilitas Normal

Langkah perhitungan distribusi Normal adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung parameter statistik seperti pada perhitungan statistik diatas.

$$\text{Nilai Rata – Rata Varian } (\bar{x}) = 120,89 \text{ mm}$$

$$\text{Standar Deviasi (s)} = 33,749 \text{ mm}$$

- b. Menghitung Nilai Faktor Koreksi ( $K_T$ ) berdasarkan nilai T dan umumnya sudah tersedia dalam tabel nilai variabel reduksi *Gauss* (*Variabel reduced Gauss*) pada tabel H.1

Lampiran H.

$$K_T \text{ PUH 2, 5, 10 Tahun} = 0,000; 0,840; 1,280$$

- c. Menghitung nilai curah hujan rencana

- PUH 2 Tahun  $= \bar{x} + K_T \cdot Sd$   
 $= 120,89 + (0,000 \cdot 33,749)$   
 $= 120,89 \text{ mm}$

- PUH 5 Tahun  $= \bar{x} + K_T \cdot Sd$   
 $= 120,89 + (0,840 \cdot 33,749)$   
 $= 149,239 \text{ mm}$

- PUH 10 Tahun  $= \bar{x} + K_T \cdot Sd$   
 $= 120,89 + (1,280 \cdot 33,749)$   
 $= 164,088 \text{ mm}$

### 3. Distribusi Probabilitas Log Normal

Langkah perhitungan distribusi Log Normal adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung parameter statistik logaritma seperti pada Tabel 4.3.

$$\text{Nilai Rata-Rata Varian (Log } \bar{x}) = 2,066 \text{ mm}$$

$$\text{Standar Deviasi (Sd log } x) = 0,126 \text{ mm}$$

$$\text{Skewness (Cs log } x) = 0,277 \text{ mm}$$

- b. Menghitung Nilai Faktor Koreksi ( $K_T$ ) untuk Koefisien Kemencengan (Cs) berdasarkan tabel nilai variabel standar yang terlampir pada Tabel H.2 Lampiran H.

$$K_T \text{ PUH 2, 5, 10 Tahun} = -0,04447; 0,823825; 1,30461$$

- c. Menghitung nilai curah hujan rencana

- PUH 2 Tahun ( $\text{Log } x_2$ ) =  $\text{Log } \bar{x} + K_T \cdot \text{Sd Log } x$ 

$$= 2,066 + (-0,04447 \cdot 0,126)$$

$$= 2,060 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi, } CH_{\text{Rencana}} (X_2) = 114,8153 \text{ mm}$$

- PUH 5 Tahun ( $\text{Log } x_5$ ) =  $\text{Log } \bar{x} + K_T \cdot \text{Sd Log } x$ 

$$= 2,066 + (0,823825 \cdot 0,126)$$

$$= 2,169 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi, } CH_{\text{Rencana}} (X_5) = 147,5706 \text{ mm}$$

- PUH 10 Tahun ( $\text{Log } x_{10}$ ) =  $\text{Log } \bar{x} + K_T \cdot \text{Sd Log } x$ 

$$= 2,066 + (1,30461 \cdot 0,126)$$

$$= 2,230 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi, } CH_{\text{Rencana}} (X_{10}) = 169,8243 \text{ mm}$$

#### 4. Distribusi Probabilitas Log *Person* Tipe III

Langkah perhitungan distribusi Log *Person* III adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung parameter statistik logaritma seperti pada tabel 4.3.

$$\text{Nilai Rata-Rata Varian (Log } \bar{x}) = 2,066 \text{ mm}$$

$$\text{Standar Deviasi (Sd log } x) = 0,126 \text{ mm}$$

$$\text{Skewness (Cs log } x) = 0,277 \text{ mm}$$

- b. Menghitung Faktor Koreksi ( $K_T$ ) berdasarkan nilai T dan Cs Log x, umumnya telah tersedia dalam tabel nilai faktor frekuensi k distribusi Log *Person* III seperti pada Tabel H.3 Lampiran H.

$$K_T \text{ PUH 2, 5, 10 Tahun} = -0,033; 0,830; 1,301$$

- c. Menghitung nilai curah hujan rencana

$$\begin{aligned} \bullet \text{ PUH 2 Tahun (Log } x_2) &= \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot \text{Sd Log } x \\ &= 2,066 + (-0,033 \cdot 0,126) \end{aligned}$$

$$= 2,0618 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi, } CH_{\text{Rencana}} (X_2) = 115,2922 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ PUH 5 Tahun (Log } x_5) &= \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot \text{Sd Log } x \\ &= 2,066 + (0,830 \cdot 0,126) \end{aligned}$$

$$= 2,1705 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi, } CH_{\text{Rencana}} (X_5) = 148,0812 \text{ mm}$$

- PUH 10 Tahun ( $\text{Log } X_{10}$ ) =  $\text{Log } \bar{x} + K_T \cdot S_d \text{ Log } x$ 

$$= 2,066 + (1,301 \cdot 0,126)$$

$$= 2,2299 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi, } CH_{\text{Rencana}} (X_{10}) = 169,7852 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan rekapitulasi curah hujan rencana maksimum dengan empat jenis distribusi ditunjukkan pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Hasil Perhitungan Rekapitulasi Curah Hujan Maksimum

Periode Tahun	Distribusi Gumbel	Distribusi Normal	Distribusi Log Normal	Distribusi Log Person III
2	116,5509	120,89	114,8153	115,2922
5	154,766	149,239	147,5706	148,0812
10	180,0678	164,088	169,8243	169,7852

Dalam penentuan distribusi curah hujan rencana yang akan dipilih dengan periode tahun, terdapat parameter yang harus dipenuhi. Berikut tabel yang akan menunjukkan syarat serta pemilihan jenis distribusi berdasarkan parameter distribusi statistik.

Cs untuk distribusi log normal adalah sebagai berikut :

$$C_s = C_v^3 + 3C_v = 0,279178705^3 + 3 \cdot 0,279178705 = 0,8592$$

$$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$$

$$= (0,279178705)^8 + 6(0,279178705)^6 + 15(0,279178705)^4 +$$

$$16(0,279178705)^2 + 3$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,000036902714 + 0,00284082827 + 0,0911214062 + \\
 &1,24705199 + 3 \\
 &= 4,34105113
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.8** Rekapitulasi Distribusi

NO.	Distribusi	Ketentuan	Hasil	Keterangan
1.	Normal	Cs = 0 Ck = 3	Cs = 0,06 Ck = 1,51	Tidak Memenuhi
2.	Log Normal	Cs = 0,85 Ck = 4,34	Cs = 0,27 Ck = 1,5	Tidak Memenuhi
3.	<b>Gumbel</b>	<b>Cs ≤ 1,14</b> <b>Ck ≤ 5,4</b>	<b>Cs = 0,06</b> <b>Ck = 1,51</b>	<b>Memenuhi</b>
4.	Log Person III	Selain nilai-nilai diatas	Cs = 0,27 Ck = 1,5	Tidak Memenuhi

Dari perhitungan dispersi statistik data curah hujan pada tahun 2009 sampai dengan tahun 2018 dan melihat kesesuaian pada persyaratan distribusi/rekapitulasi distribusi, maka dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian yang terletak di PT. Prolindo Cipta Nusantara adalah distribusi Gumbel.

Perhitungan intensitas hujan rencana adalah sebagai berikut :

Rumus Manonobe :

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

(Sumber : I Made Kamiana, 2011)

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

tc = waktu konsentrasi (jam)

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

Harga  $R_{24}$  adalah besarnya curah hujan maksimum (curah hujan rencana) yang telah ditentukan yaitu sebesar 116,5509 mm/hari untuk periode ulang 2 tahun, 154,766 mm/hari untuk periode 5 tahun, 180,0678 mm/hari untuk 10 tahun.

Tabel 4.9 Rata-rata Jam Hujan Tahun 2009-2018

Bulan	Rata-rata Jam Hujan Tahun 2009-2018 (mm)										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Januari	55,36	60,95	76,59	61,34	46,31	81,38	38,53	65,37	25,33	31,1	
Februari	48,91	53,12	52,34	56,15	61,12	49,07	51,66	53,98	65,36	40,76	
Maret	56,67	72,46	43,29	51,14	54,11	59,22	49	96,27	94,56	69,37	
April	72,37	21,3	9,31	48,25	48,52	31,16	17,1	65,1	26,16	48,31	
Mei	49,24	56,13	7,25	39,44	43,89	35,4	3,89	48	29,8	32,22	
Juni	31,4	73,64	5,88	28,01	10,04	20,11	15,3	18,3	16,53	18,3	
Juli	15,62	99,25	15,89	5,08	47,35	23,85	5,9	11,09	17,1	4	
Agustus	13,95	14,99	25,34	1,23	16,43	16,5	54,3	4,59	22,76	25,9	
September	14,4	42,06	67,09	3,88	35,24	4	65,12	68,86	63,4	14,21	
Oktober	22,78	75,55	12,4	94,2	79,98	7,65	35,9	90,45	143,26	51,4	
November	81,62	22,12	55,9	24,78	32,17	51,8	44,61	113,5	74,6	27,68	
Desember	33	43,4	14,78	48,98	77,13	91,59	29,87	42,31	62,31	76,54	
Total	490,32	634,97	386,06	462,88	552,29	471,73	411,18	677,82	641,17	439,79	
Rata-rata	40,86	52,91417	32,17167	38,57333	46,02417	39,31083	34,265	56,485	53,43083	36,64917	
Rata-rata Jam Hujan Bulan	43,06841667									Jam Hujan Maksimum/Bulan	143,26
Rata-rata Jam Hujan Hari	1,435613889									Jam Hujan Maksimum Hari	4,775333333

Berdasarkan perhitungan Tabel 4.9 diketahui jam hujan maksimum yaitu 4,77 jam/hari. Dengan demikian dapat ditentukan intensitas curah hujan sebagai berikut :

- a. Intensitas curah hujan dengan periode ulang 2 tahun, curah hujan rencana 116,5509 mm/hari.

$$I_2 = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$I_2 = \frac{116,5509}{24} \left( \frac{24}{4,77} \right)^{2/3}$$

$$I_2 = 14,25 \text{ mm/jam}$$

- b. Intensitas curah hujan dengan periode ulang 5 tahun, curah hujan rencana 154,766 mm/hari.

$$I_5 = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$I_5 = \frac{154,766}{24} \left( \frac{24}{4,77} \right)^{2/3}$$

$$I_5 = 18,93 \text{ mm/jam}$$

- c. Intensitas curah hujan dengan periode ulang 10 tahun, curah hujan rencana 180,0678 mm/hari.

$$I_{10} = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$I_{10} = \frac{180,0678}{24} \left( \frac{24}{4,77} \right)^{2/3}$$

$$I_{10} = 22,03 \text{ mm/jam}$$

Berdasarkan perhitungan Tabel 4.9 diketahui jam hujan rata-rata yaitu 1,43 jam/hari. Dengan demikian dapat di tentukan intensitas curah hujan sebagai berikut :

- a. Intensitas curah hujan dengan periode ulang 2 tahun, curah hujan rencana 116,5509 mm/hari.

$$I_2 = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$I_2 = \frac{116,5509}{24} \left( \frac{24}{1,43} \right)^{2/3}$$

$$I_2 = 31,833 \text{ mm/jam}$$

- b. Intensitas curah hujan dengan periode ulang 5 tahun, curah hujan rencana 154,766 mm/hari.

$$I_5 = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$I_5 = \frac{154,766}{24} \left( \frac{24}{1,43} \right)^{2/3}$$

$$I_5 = 42,2715 \text{ mm/jam}$$

- c. Intensitas curah hujan dengan periode ulang 10 tahun, curah hujan rencana 180,0678 mm/hari.

$$I_{10} = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$I_{10} = \frac{180,0678}{24} \left( \frac{24}{1,43} \right)^{2/3}$$

$$I_{10} = 49,1822 \text{ mm/jam}$$

Dari perhitungan diatas dapat ditentukan debit air limpasan dengan rumus dan perhitungan sebagai berikut :

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

Keterangan :

Q = Debit Air Limpasan ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

C = Koefisien Limpasan

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

$A$  = Luas Daerah Tangkapan Hujan (Ha)

**Tabel 4.10** Harga Koefisien Limpasan

	<b>Kegunaan Lahan</b>	<b>Koefisien Limpasan</b>
<3%	Sawah, Rawa	0,2
	Hutan, Perkebunan	0,3
	Perumahan dengan Kebun	0,4
3% - 5%	Hutan, Perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	Tumbuhan yang jarang	0,6
	Tanpa tumbuhan, daerah penumbuhan	0,7
>15%	Hutan	0,6
	Perumahan, Kebun	0,7
	Tumbuhan yang jarang	0,8
	Tanpa tumbuhan, <b>daerah tambang</b>	0,9

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

Diketahui :

$$C = 0,9$$

$$I = 14,25 \text{ mm/jam}$$

$$= 0,0000039583 \text{ m/detik}$$

$$A = 1290 \text{ m}^2$$

Ditanya :

$$Q = ?$$

Penyelesaian :

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

$$Q = 0,278 \cdot 0,9 \cdot 0,0000039583 \cdot 1290$$

$$Q = 0,001277 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = 1,277 \text{ liter/detik}$$

Dengan menggunakan rumus rasional diatas, didapat nilai debit air limpasan sebesar 1,277 liter/detik.

#### D. Perhitungan Kebutuhan Kapur Tohor $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Untuk menaikkan pH air limbah pada *settling pond* 2 dengan pH air limbah 4 dibutuhkan dosis kapur sekitar 0,5 gr/liter dalam pengolahan. Perhitungan kebutuhan kapur per jam adalah sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan Kapur} = \frac{\text{dosis kapur} \times \text{debit air} \times 3600}{1000}$$

$$= \frac{0,5 \times 66,1 \times 3600}{1000}$$

$$= \frac{118,980}{1000}$$

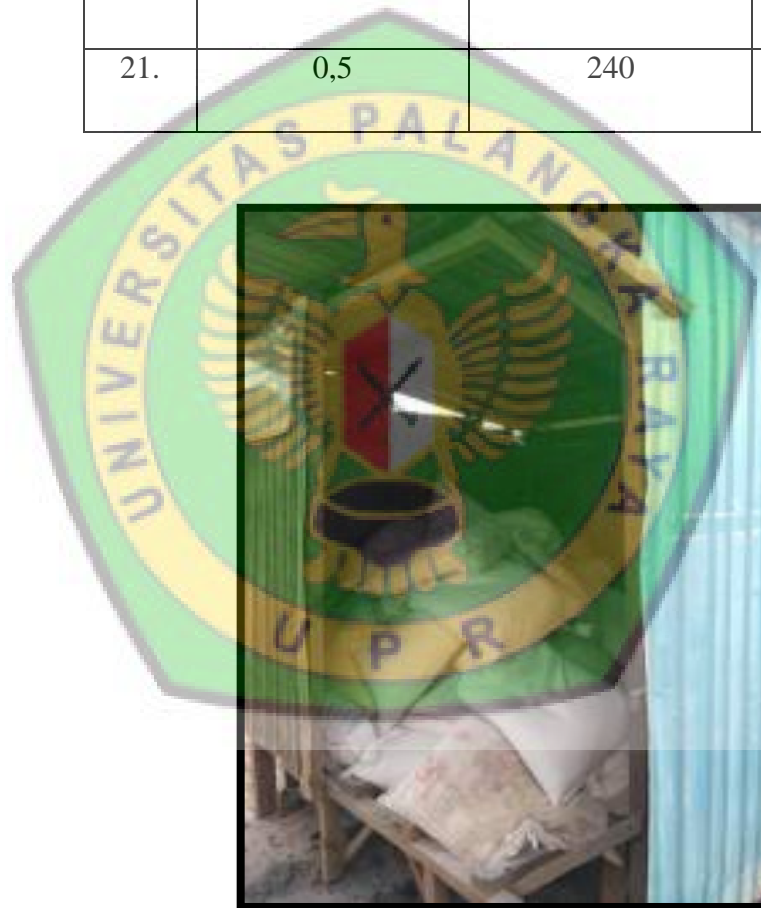
$$= 118,98 \approx 119 \text{ kg/jam}$$

Apabila satu karung kapur tohor sebanyak 25 kg, maka kebutuhan kapur tohor per jam adalah sebanyak  $\pm 5$  karung kapur tohor.

**Tabel 4.11** Perhitungan Kebutuhan Pencampuran Kapur per Jam

NO.	Kapur (gr/lt)	Debit Air/Pompa (lt/dtk)	Kapur (kg/jam)
1.	0,5	50	90
2.	0,5	60	108
<b>3.</b>	<b>0,5</b>	<b>66,1</b>	<b>119</b>
4.	0,5	70	126
5.	0,5	80	144
6.	0,5	90	162
7.	0,5	100	180
8.	0,5	110	198
9.	0,5	120	216
10.	0,5	130	234
11.	0,5	140	252
12.	0,5	150	270
13.	0,5	160	288
14.	0,5	170	306

15.	0,5	180	324
16.	0,5	190	342
17.	0,5	200	360
18.	0,5	210	378
19.	0,5	220	396
20.	0,5	230	414
21.	0,5	240	432



**Gambar 4.7 Ketersediaan Kapur Tohor pada Gudang Kapur *Settling Pond 2***

Kebutuhan kapur saat kondisi hujan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

➤ Debit air

$$\begin{aligned}
 &= Q_{\text{hujan}} + Q_{\text{pompa}} \\
 &= 1,277 \text{ liter/detik} + 66,1 \text{ liter/detik} \\
 &= 67,377 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

➤ Kebutuhan Kapur

$$\text{Kebutuhan Kapur} = \frac{\text{dosis kapur} \times \text{debit air} \times 3600}{1000}$$

$$= \frac{0,5 \times 67,377 \times 3600}{1000}$$

$$= \frac{121278,6}{1000}$$

$$= 121,2786 \approx 122 \text{ kg/jam}$$

Apabila satu karung kapur tohor sebanyak 25 kg, maka kebutuhan kapur tohor per jam adalah sebanyak  $\pm 5$  karung kapur tohor



**Gambar 4.8 Proses Pengapuran pada *Settling Pond 2***

**E. Biaya Pengapuran Pengolahan Air Limbah Tambang**

Untuk menghitung besarnya Biaya Pengapuran (BP) pada per jam digunakan harga 1 kg kapur sebesar Rp 5000,-, maka biaya pengapuran untuk 1 jam adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{BP = KK \times \text{Biaya kapur per kg}}$$

$$\mathbf{BP = 119 \text{ kg/jam} \times 5000/\text{kg}}$$

$$\mathbf{= Rp 595.000,-/jam}$$

Maka didapatkan Biaya Pengapuran (BP) per jam adalah sebesar Rp 595.000,-/jam atau sebesar Rp 14.280.000,-/hari.

Biaya Pengapuran (BP) untuk 1 jam pada kondisi hujan adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{BP = KK \times \text{Biaya kapur per kg}}$$

$$\mathbf{BP = 122 \text{ kg/jam} \times 5000/\text{kg}}$$

$$\mathbf{= Rp 610.000,-/jam}$$

**2.1.4 Hasil Pengolahan Air limbah Tambang**

**A. pH Air Limbah Tambang Setelah Pengolahan**

Berdasarkan pengukuran pH air limbah tambang menggunakan kertas lakmus pada *settling pond 2* setelah dilakukan proses pengolahan, didapatkan pH air telah memenuhi syarat baku

mutu air yaitu 6. Nilai pH air yang dilepaskan melalui *outlet* ke lingkungan dapat dilihat pada gambar 4.9.



**Gambar 4.9** pH Air Limbah Tambang setelah Pengolahan

**Tabel 4.12** Total pH Setelah Pengolahan

pH Awal	Dosis Kapur	pH Lakmus	pH Uji Lab
4	0,5	6	6,49

### B. Kandungan TSS dan Unsur Logam Air Limbah

Hasil pengujian laboratorium (Lampiran J) menunjukkan bahwa air limbah pada *settling pond 2* dengan sampel air sebanyak 350 ml memiliki nilai padatan tersuspensi total (TSS) sebesar 60,20 mg/liter. Kandungan Fe pada air limbah tambang adalah sebesar 0,07 mg/l, Mn sebesar 0,00 mg/l dan Cd sebesar 0,00 mg/l.

### C. Debit Air Outlet

Untuk pengukuran debit air *outlet*, PT. Prolindo Cipta Nusantara memakai *V-Notch* dengan kemiringan *V-Notch* yang digunakan sebesar  $53^{\circ}$ V.

Dari pengukuran dilapangan didapatkan data tinggi air pada *V-Notch* adalah 30 cm. Tinggi air yang keluar melalui *V-Notch* dikonversikan ke mm menjadi 300 mm. Sehingga berdasarkan parameter *V-Notch* debit air dari *outlet* adalah sebesar 33,6 liter/detik. Tabel parameter *V-Notch* dapat dilihat pada Lampiran F.



**Gambar 4.10** Tinggi Air yang Keluar Melalui V-Notch

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Tingkat pH Air Limbah Tambang

Tingkat keasaman pada air limbah tambang sebelum dilakukan pengolahan penting diketahui untuk menentukan perlu atau tidaknya untuk melakukan kegiatan pengolahan (penetralan). Dosis kapur yang akan digunakan pada proses pengolahan juga dapat diketahui dengan melihat pH air limbah tambang sebelum pengolahan.

Berdasarkan pengukuran pH di lapangan, di dapatkan pH air limbah tambang pada *settling pond 2* adalah 4. Sedangkan untuk syarat baku mutu air limbah pertambangan batubara yang telah ditentukan adalah 6-9. Sehingga apabila air limbah tambang dilepaskan ke lingkungan dapat menyebabkan kerusakan

lingkungan. Untuk menaikkan pH air limbah tambang agar sesuai dengan syarat baku mutu air maka perlu dilakukan pengolahan air limbah tambang dengan menggunakan teknologi penetral berupa kapur tohor.

#### **4.2.2 Dosis Kapur Efektif untuk Pengolahan Air Limbah Tambang**

Hasil percobaan menunjukkan kenaikan pH air limbah tambang yang sesuai dengan syarat baku mutu air limbah penambangan batubara adalah pada dosis 0,5 gr/l yaitu dengan pH 6,28. pH air limbah tambang mengalami kenaikan dalam setiap penambahan dosis kapur tohor. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara pH air limbah tambang dengan variasi penambahan dosis kapur tohor, yaitu semakin besar dosis kapur tohor yang digunakan, maka akan semakin besar pula kenaikan pH air limbah tambang. Penggunaan dosis kapur yang tepat akan efektif untuk menetralkan pH air limbah tambang (6-9). Tetapi jika dosis kapur yang digunakan terlalu besar maka akan menaikkan pH air limbah tambang menjadi basa (>9), sebaliknya jika dosis kapur yang digunakan terlalu kecil akan membuat pH air limbah tambang tetap asam (<6).

#### **4.2.3 Kebutuhan Kapur untuk Pengolahan Air Limbah Tambang**

##### **A. Debit Aktual Pompa**

Perhitungan debit aktual pompa dilakukan untuk mengetahui kapasitas air limbah tambang yang masuk ke dalam *settling pond* 2. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi *over capacity* pada *settling pond* 2 saat pengisian air limbah tambang dari *sump*.

Dari perhitungan didapatkan hasil debit pompa aktual yang digunakan pada *sump*, dalam hal ini debit pompa sebesar 66,1 liter/detik atau 3.966 liter/menit. Sehingga debit pompa Multiplo 420 dalam 1 jam adalah 237.960 liter/jam dan 3.331.440 liter/hari.

#### **B. Dimensi *Settling Pond* 2**

Pada PT. Prolindo Cipta Nusantara bentuk *settling pond* adalah empat persegi panjang zig-zag dengan 4 zona. Perhitungan dimensi *settling pond* 2 didapatkan dari perhitungan panjang, lebar dan kedalaman *settling pond*. Dimensi *settling pond* 2 dihitung untuk mengetahui daya tampung *settling pond* 2 terhadap air yang masuk dari *sump* dan untuk mengetahui volume air limbah tambang.

#### **C. Analisis Data Curah Hujan**

Analisis data curah hujan dilakukan untuk mendapatkan besarnya nilai curah hujan rencana, intensitas curah hujan dan debit air limpasan. Nilai debit air limpasan yang didapatkan selanjutnya akan digunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan kapur tohor

yang diperlukan dalam mengolah air limbah tambang pada saat kondisi hujan.

#### **D. Perhitungan Kebutuhan Kapur Tohor $\text{Ca}(\text{OH})_2$**

Untuk menetralkan pH air limbah tambang pada PT. Prolindo Cipta Nusantara dilakukan pengapuran pada *settling pond* dengan menggunakan kapur tohor  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Kapur tohor dipilih untuk menetralkan air limbah tambang di PT. Prolindo Cipta Nusantara karena lebih mudah didapatkan dan harganya terjangkau dibandingkan media penetral lainnya. Jumlah kapur tohor untuk menetralkan air limbah tambang pada *settling pond* perlu diketahui agar pada saat proses pengolahan jumlah kapur tidak kurang atau lebih. Karena apabila kapur yang digunakan untuk proses penetralan jumlahnya kurang dari perhitungan kebutuhan kapur, proses penetralan menjadi tidak efektif sehingga pH air limbah tambang tidak mengalami kenaikan signifikan menuju pH normal. Sebaliknya, apabila kapur yang digunakan jumlahnya berlebih dari perhitungan kebutuhan kapur, pH air limbah tambang akan mengalami kenaikan yang berlebihan menuju pH basa ( $\text{pH} > 9$ ).

#### **E. Biaya Pengapuran (BP) Pengolahan Air Limbah Tambang**

Biaya Pengapuran (BP) dihitung sebagai laporan pengeluaran biaya pada pengolahan air limbah tambang. Biaya Pengapuran (BP)

berbanding lurus dengan debit air dan dosis kapur yang digunakan. Semakin besar debit air dan dosis kapur yang digunakan, maka akan semakin besar Biaya Pengapuran (BP) yang digunakan.

#### 4.2.4 Hasil Pengolahan Air Limbah Tambang

##### A. pH Air Limbah Tambang Setelah Pengolahan

Setelah dilakukan proses pengolahan air limbah tambang berupa penetralan pada *settling pond* 2 dengan metode pengapuran, dilakukan pengukuran pH air limbah tambang yang akan keluar melalui *outlet*. Apabila pH air limbah tambang belum mencapai pH yang sesuai dengan baku mutu air, maka saluran *outlet* tidak boleh dibuka dan akan dilakukan perbaikan hingga pH air limbah tambang mencapai pH yang sesuai dengan syarat baku mutu air limbah tambang. Apabila pH air limbah tambang sudah mencapai pH yang sesuai dengan syarat baku mutu air limbah tambang, maka air dari *settling pond* boleh di *release* atau dilepaskan ke lingkungan.

Berdasarkan pengukuran pH air limbah tambang menggunakan kertas lakmus pada *settling pond* 2 setelah dilakukan proses pengolahan, didapatkan pH air telah memenuhi baku mutu air yaitu 6 dan berdasarkan hasil uji laboratorium yaitu 6,49.

## **B. Kandungan TSS dan Unsur Logam Air Limbah**

Sampel air limbah diambil dengan cara langsung menggunakan wadah sampel berupa botol plastik berkapasitas 350 ml yang telah dibersihkan. Wadah sampel diberi label/nama sampel dan ditutup dengan kuat dan rapat agar kandungan/material yang terdapat pada air limbah tidak berubah.

Pengaruh penggunaan kapur tohor pada kadar TSS air limbah tambang dapat menurunkan kadar TSS, tetapi tidak signifikan. Hal ini dikarenakan kapur tohor berfungsi untuk memperbaiki/menaikkan pH air limbah tambang, bukan sebagai zat adsorpsi. Namun, pada beberapa penelitian disebutkan bahwa semakin tinggi pH air limbah, maka akan semakin rendah kadar TSS. Apabila dilakukan penurunan kadar TSS menggunakan tawas dan koagulan lain, penggunaan kapur tohor akan memengaruhi kinerja koagulan tersebut. Hal ini dikarenakan dalam penurunan kadar TSS, kinerja koagulan akan efektif apabila digunakan pada air limbah dengan tingkat pH yang netral (6-9). Sehingga apabila pH air limbah rendah (<6), penetralan menggunakan kapur tohor perlu dilakukan.

Sedangkan pengaruh penggunaan kapur tohor pada unsur logam yang terdapat pada air limbah tambang disebabkan oleh perubahan derajat keasaman air limbah. Derajat keasaman berpengaruh terhadap daya racun (logam) bahan pencemaran. Sifat yang dihasilkan pada penggunaan kapur tohor menunjukkan sifat

positif pada perubahan pH dan negatif pada perubahan unsur logam. Hal ini menandakan bahwa semakin tinggi jumlah kapur tohor yang diterapkan, maka nilai pH akan semakin meningkat dan kandungan logam akan semakin menurun. Jadi semakin meningkat nilai pH maka unsur logam dalam air limbah tambang akan semakin menurun.

### C. Debit Air *Outlet*

Pasca proses pengolahan air limbah tambang, selain pH yang diukur, debit air dari *settling pond* yang dilepaskan ke lingkungan melalui *outlet* juga diukur dan dimasukkan ke catatan kegiatan penetralan air limbah tambang. Untuk pengukuran debit air *outlet*, PT. Prolindo Cipta Nusantara memakai *V-Notch* dengan kemiringan *V-Notch* yang digunakan sebesar  $53^{\circ}$ . Pengukuran debit air dengan *V-Notch* dilakukan dengan cara mengukur tinggi air yang keluar melalui *V-Notch* dan data tinggi air yang didapatkan akan dicocokkan dengan parameter *V-Notch*.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Tingkatan air limbah tambang pada *settling pond* 2 PT. Prolindo Cipta Nusantara sebelum dilakukan pengolahan adalah 4 (asam) sehingga perlu dilakukan pengolahan.
2. Dosis kapur tohor yang efektif untuk pengolahan air limbah tambang adalah 0,5 gr/l.
3. Kebutuhan kapur tohor untuk pengolahan air limbah tambang adalah 119 kg/jam atau  $\pm 5$  karung dan pada kondisi hujan adalah 122 kg/jam atau  $\pm 5$  karung.
4. Setelah dilakukan pengolahan air limbah tambang dengan menggunakan dosis kapur 0,5 gr/l dan kebutuhan kapur sebanyak 119 kg/jam, dapat disimpulkan bahwa hasil pengolahan air limbah telah mencapai syarat baku mutu air limbah penambangan batubara, yaitu pH 6,49, TSS sebesar 60,20 mg/l, Fe sebesar 0,07 mg/l, Mn sebesar 0,00 mg/l dan Cd sebesar 0,00 mg/l.

## 5.2 Saran

1. Sebaiknya perusahaan menggunakan alat pH meter untuk pengecekan pH air limbah tambang agar hasil yang didapat lebih rinci dan akurat.
2. Pengapuran hanya menaikkan pH air limbah tambang, untuk penanganan kadar logam pada air limbah tambang diharapkan adanya *treatment khusus*.
3. Perlunya rambu-rambu peringatan dan papan pemberitahuan di kawasan *settling pond 2*.
4. Perlunya penambahan pintu dan penutupan ventilasi gudang kapur agar kualitas kapur tetap terjaga dari berbagai kondisi.
5. Perlunya penambahan tanggul dan perluasan dimensi kolam pengendapan lumpur.



## DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, 2018. *Studi Pemantauan Air Limbah Cair Batubara Pada PT. XXX di Muara Teweuh Kalimantan Tengah*. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 4 (1) : 65-71, ISSN : 2461-0437
- Arliani, Nurul. 2012. *Aktivitas Pengolaan Air Asam Tambang PT. Bhumi Rantau Energi*. Rantau
- Bakri, Edy. 2014. *Pengelolaan Limbah Pertambangan pada PT. Aneka Tambang, Tbk*. Institut Teknologi Bandung.
- Fitriyanti, Reno. 2015. *Kajian Instalasi Pengelolaan Limbah Cair Stockpile Batubara*. *Berkala Teknik*, Vol. 5 No.2.
- Gautama, Rudy Sayoga. 2019. *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang*. ITB. Bandung
- Gautama, Rudy Sayoga. 2019. *Pengelolaan Air Asam Tambang di Indonesia*. ITB. Bandung
- Hidayat, L. (2017). *Pengelolaan Lingkungan Areal Tambang Batubara (Studi Kasus Pengelolaan Air Asam Tambang (Acid Mining Drainage) di PT. Bhumi Rantau Energi Kabupaten Tapin Kalimantan Selatan)*. *Jurnal ADHUM*, Volume VII No.11, 44 – 52.
- Maha Putra, Novi, dkk. 2017. *Evaluasi Pengeolaan Limbah Cair Batubara di Stockpile PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Unit Dermaga Kertapati*. *JP*, Vol. 1 No.3, ISSN 2549-1008.
- M. Ihsan, Alif, dkk. 2017. *Makalah Pengukuran Debit Air V-Notch Thompson*. ITS. Lampung
- Novalisae. 2018. *Curah Hujan & Analisis Curah Hujan*. Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya. Palangka Raya
- Pemerintah Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Tambahan Lembaran Negara RI Nomor 4161. Presiden RI. Jakarta.
- Pemerintah Indonesia. 2003. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara*. Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- PT. Prolindo Cipta Nusantara. 2017. *Standard Operational Procedure Air Asam Tambang*. Sebamban.
- Rosmilya, Mentari, Lathoiful, Isyaroh, dkk. 2014. *Analisis TSS (Total Suspended Solid) dan TDS (Total Dissolved Solid)*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Said, Nusa Idaman. (2014). *Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara "Alternatif Pemilihan Teknologi"*. *JAI*, Volume 7 No.2.
- Satria, Beny. 2014. *Analisis Proses Penetrulan Air Asam Tambang (AAT) Dengan Menggunakan Metode Pengapuran Untuk Mengurangi Tingkat Keasaman Pada PT. Dizamatra Powerindo, Lahat*. [online], (<http://academia.edu/>, diakses tanggal 3 Desember 2018)

- Setyawati Hisyam, Endang. 2015. *Pengaruh Penambahan Konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  dan Karbon Aktif Terhadap Kualitas Air di Desa Nelayan I Kecamatan Sungailiat Kabupaten Bangka. Jurnal Fropil, Vol.3 No.1.*
- Sijabat, Rogate Josia. 2018. *Perancangan Tambang dan Mine Scheduling Untuk Penambangan pada Pit Baru di PT. Prolindo Cipta Nusantara Desa Sebamban Baru Kecamatan Sei Loban Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. Universitas Palangka Raya. Palangka Raya.*
- Upomo, Togani Cahyadi, Kusumawardani, Rini. 2016. *Pemilihan Distribusi Probabilitas Pada Analisa Hujan Dengan Metode Goodness of Fit Test. Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan No. 2 Vol. 18, 139-148.*
- Wahyudin, Indra, dkk. 2018. *Analisis Penanganan Air Asam Tambang Batubara. Jurnal Geomine, Volume 6 No. 2.*

