

**ANALISIS PENGOLAHAN AIR ASAM TAMBANG
MENGUNAKAN KAPUR TOHOR PADA *SETTLING*
POND 03 DI PT PROLINDO CIPTA NUSANTARA
DESA SEBAMBAN KECAMATAN SUNGAI LOBAN
KABUPATEN TANAH BUMBU
PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

SKRIPSI

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



OLEH :

**WINNO RIADY IKAT
DBD 112 061**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PRODI TEKNIK PERTAMBANGAN
2019**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : WINNO RIADY IKAT

NIM : DBD 112 061

JURUSAN : TEKNIK PERTAMBANGAN

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

Palangka Raya, Oktober 2019

WINNO RIADY IKAT
DBD 112 061

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

**ANALISIS PENGOLAHAN AIR ASAM TAMBANG MENGGUNAKAN
KAPUR TOHOR PADA *SETTLING POND* 03 DI PT PROLINDO CIPTA
NUSANTARA DESA SEBAMBAN KECAMATAN SUNGAI LOBAN
KABUPATEN TANAH BUMBU PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

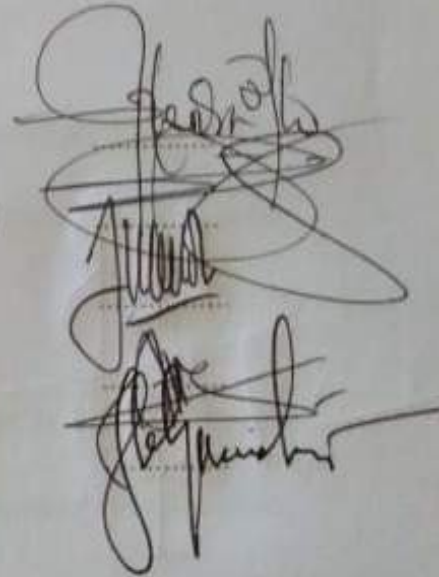
Oleh :

WINNO RIADY IKAT
DBD 112 061

Telah dipertahankan didepan Tim Dosen Penguji pada
Hari / Tanggal : Oktober 2019
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Tim Dosen Penguji :

- | | |
|---|------------|
| 1. YUSTINUS HENDRA W, S.Si., M.T., M.Sc
NIP. 19700813 200003 1 007 | KETUA |
| 2. LISA VIRGIYANTI, ST., MT
NIP. 19770904 200801 2 011 | SEKRETARIS |
| 3. FAHRUL INDRAJAYA, ST., MT
NIP. 19791215 200812 1 001 | ANGGOTA |
| 4. NENY SUKMAWATIE, S.Hut., MP
NIP. 19760614 200801 2 020 | ANGGOTA |
| 5. Ir. YULIAN TARUNA, M.Si
NIP. 19580705 198903 1 019 | ANGGOTA |



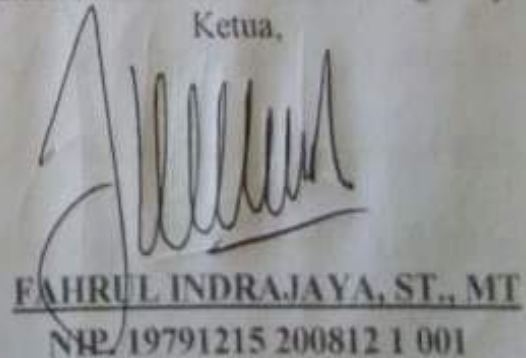
Mengetahui,

Fakultas Teknik
Universitas Palangkaraya
Dekan,



Dr. WALUYO M. SWANTORO., MT
NIP. 19451110 199302 1 001

Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Palangkaraya
Ketua,



FAHRUL INDRAJAYA, ST., MT
NIP. 19791215 200812 1 001

HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN

“MEREKA BERKATA BAHWA SETIAP ORANG MEMBUTUHKAN TIGA HAL YANG AKAN MEMBUAT MEREKA BERBAHAGIA DI DUNIA INI, YAITU; SESEORANG UNTUK DICINTAI, SESUATU UNTUK DILAKUKAN, DAN SESUATU UNTUK DIHARAPKAN .”

Tom Bodett

"Try not to become a man of success, rather than becoming a man of value."

Albert Einstein

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yesus Kristus Yang Maha Kuasa, karena berkat kasih karunia-Nya dalam pengerjaan skripsi saya dan saya mempersembahkan Skripsi ini kepada:

1. Orang Tua saya, Bapak Damek, Ibu Kristina, dan Kepada kedua keluarga besar Bapak dan Ibu saya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih untuk segala doa, kasih, dukungan, bimbingan, dan perhatian yang telah diberikan kepada saya, selama ini.
2. Kakak saya, Wiwin Aprilianty dan Windy Perdana Ikat S.Pd. Adik saya, Widya Ayu Lestari dan Winna Lola Alvionitha. Kakak ipar saya, Hendri Kusmono S.Pd dan Melda A.Md.Kep. Sepupu saya yang juga selalu ada terutama Novry. Terima kasih untuk segala doa, kasih, dukungan, dan sumber keceriaan bagi saya selama ini.

3. Dewi Fransiska, S.Kom. Terima kasih atas dukungan semangat moril maupun moral, serta cinta kasih yang selalu menyertai saya dalam pengerjaan skripsi ini.
4. Teman seperjuangan Argatama Tambun, Pasti Joel Saragih, Rycky Hutapea ST, Jossy Manalu ST, Bobby Anggara ST, Praja, Romenri Siahaan ST, Raja ST, Edward ST terima kasih atas segalanya. Dan Teman-teman angkatan 2012 Teknik Pertambangan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.. Terima kasih atas saran dan masukan yang sangat menolong ku selama ini.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap rasa syukur berkat dan rahmat Tuhan Yang Maha Esa yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penelitian dengan judul “ANALISIS PENGOLAHAN AIR ASAM TAMBANG MENGGUNAKAN KAPUR TOHOR PADA *SETTLING POND* 03 DI PT PROLINDO CIPTA NUSANTARA DESA SEBAMBAN KECAMATAN SUNGAI LOBAN KABUPATEN TANAH BUMBU PROVINSI KALIMANTAN SELATAN” ini dapat penulis selesaikan dengan baik. Penulisan penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan skripsi yang disyaratkan kepada mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya sebagai syarat akhir yang harus ditempuh guna menyelesaikan kuliah S-1 Teknik Pertambangan. Selain sebagai syarat kelulusan, penulisan ini juga bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan wawasan penulis terkait judul yang diambil.

Tidak ada sesuatu yang sempurna, begitu juga penulisan skripsi ini. Dalam penulisan skripsi ini penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi isi maupun teknik penulisannya, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan untuk memperbaiki tulisan maupun penulis.

Penulis ucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, MT. Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

2. Bapak Fahrul Indrajaya, ST.,MT Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya dan Dosen Penguji I.
3. Ibu Lisa Virgiyanti, ST.,MT, Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan saran terhadap Laporan Skripsi.
4. Bapak Yustinus Hendra Wiryanto, S.Si.,MT.,M.Sc Dosen Pembimbing I penulis yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam pengerjaan Skripsi.
5. Ibu Neny Sukmawatie, S.Hut.,Mp Dosen Penguji II yang telah memberikan bimbingan dan saran terhadap Laporan Skripsi.
6. Bapak Ir.Yulian Taruna, M.Si. Dosen Penguji III yang telah memberikan bimbingan dan saran terhadap Laporan Skripsi.
7. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya terutama untuk angkatan 2012.
8. Pada Dosen dan Pegawai/Staff Administrasi Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
9. Seluruh Staff, karyawan, karyawan dan Pembimbing di PT. Prolindo Cipta Nusantara.
10. Seluruh Keluarga yang sudah mendukung, dan memberi semangat, secara materi maupun doa.

Palangka Raya, Oktober 2019

Winno Riady Ikat

SARI

Proses pengolahan air asam tambang yang dilakukan pada PT. Prolindo Cipta Nusantara yaitu menggunakan kapur tohor (CaO) dengan pengolahan aktif. Air asam tambang yang masuk kedalam *settling pond* 03 berasal dari air asam tambang dari pit aktif Sriwijaya PT.PCN.

Air tersebut di sedot menggunakan pompa 01 dan air dikeluarkan di kolam transit yang disebut *void*, dari *void* disedot kembali dengan menggunakan mesin pompa 02 dan masuk ke dalam *settling pond* 03. Dari pompa 02 mengalir masuk ke *inlet* berfungsi sebagai *blending*/pencampuran kapur tohor mengalir melalui *overflow* melewati kolam 1 dan kolam 2 berfungsi sebagai kolam pengendapan lumpur, mengalir melalui *overflow* melewati kompartemen 1 sampai 3 sebagai kolam pemuai treatment dan kompartemen 4 sebagai kolam *monitoring* dan *valve*/pintu air, berfungsi sebagai pengaturan air apabila sesuai dengan baku mutu *valve* tersebut bisa dibuka, begitu juga sebaliknya apabila air belum sesuai baku mutu *valve* tersebut harus ditutup. Dari *outlet settling pond* air mengalir hingga ke sungai.

Dari hasil pengujian terhadap 1 liter air asam tambang dengan pH awal 4 maka setelah diberi kapur dengan dosis 0,2 gr/L maka nilai pH air asam tersebut menjadi 6 dan nilai ini telah memenuhi standar baku mutu lingkungan. Dan dari hasil perhitungan untuk menetralkan air asam pada *Settling pond* dengan volume air $\pm 1.083.000$ liter menggunakan kapur sebanyak ± 217 kg kapur atau ± 9 karung kapur (1 Karung 25kg).

Kata Kunci: Air Asam Tambang, Kapur Tohor, *Settling pond*.

ABSTRACT

The acid mine drainage treatment process carried out at PT. Prolindo Cipta Nusantara is using Calcium oxide (CaO) with active processing. Acid Mine drainage that enters the settling pond 03 comes from Acid Mine drainage from pit active Sriwijaya PT. PCN.

Water that is sucked up the pump 01, and water issued to pond transit that called void, from void sucked up again with using pump machine 02 and entered to settling pond 03. From pump 02 flowing into inlet function as blending/mixing calcium oxide. Flowing through overflow pass through pond 1 and 2 that functioning as pond deposition mud, flowing through overflow pass through compartment 1 to 3 as pond expansion treatment and compartment 4 as pond monitoring and valve, functioning as a water arrangement if corresponding with quality standards valve then it can be open, if it is not corresponding with quality standards valve it must close. From outlet settling pond the water flowing into the river.

From the test results to 1 liter acid mine drainage with pH 4 after given the calcium oxide with dose 0.2 gr/L, next the pH value of acidic water becomes 6 and the value had been meet the environmental quality standards. And from the calculations value to neutralize acidic water in the Settling pond with volume of water $\pm 1,083,000$ liters calcium oxide as much ± 217 kg calcium oxide or ± 9 sacks of calcium oxide (1 Sack of 25 kg).

Keywords: Acid Mine Drainage, Calcium Oxide, Settling Pond.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
SARI	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Pengertian Air Asam Tambang	7
2.3 Proses Terbentuknya Air Asam Tambang	8
2.4 Sumber-sumber Air Asam Tambang dan Kandungannya	11
2.5 Bahan Kimia yang dapat digunakan untuk penetralan AAT	13
2.6 Dampak-dampak Air Asam Tambang	16
2.7 Syarat Baku Mutu Air	19
2.8 Pencegahan Air Asam Tambang	24
2.9 <i>Settling Pond</i> (Kolam Pengendapan Lumpur)	27
2.10 Penggunaan Kapur Tohor	28
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian	30
3.1.1 Profil Perusahaan.....	30
3.1.2 Lokasi dan Kesampaian daerah.....	30
3.1.3 Keadaan Iklim dan Curah hujan	33
3.2 Kondisi Geologi	35
3.2.1 Kondisi Geologi Regional.....	35
3.2.1.1 Fisiografi Regional.....	35
3.2.1.2 Stratigrafi Regional	36
3.2.1.3 Struktur Geologi Regional	38
3.2.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....	39
3.2.2.1 Morfologi Daerah Penelitian.....	39
3.2.2.2 Litologi Daerah Penelitian	40
3.2.2.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian	41
3.3 Alat dan Bahan.....	41
3.4 Metode Penelitian.....	42

3.5 Langkah Kerja	44
3.5 Bagan Alir Penelitian	45
3.6 Waktu Penelitian	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Hasil	47
4.1.1 Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan CaO	47
4.1.2 Perbandingan Jumlah Kapur dan Air Asam Tambang	50
4.2 Pembahasan.....	58
4.2.1 Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan CaO	58
4.2.2 Perbandingan Jumlah Kapur dan Air Asam Tambang	69
BAB V PENUTUP.....	60
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran.....	62

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Bahan Kimia Penetral Air Asam Tambang.....	16
Tabel 2.2	Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara.....	19
Tabel 3.1	Batas Koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan PT.PCN.....	31
Tabel 3.2	Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2017	34
Tabel 3.3	Uraian Kegiatan Penelitian	43
Tabel 4.1	Kompartemen <i>Settling Pond</i>	49
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Sampel Air Asam Tambang.....	51
Tabel 4.3	Data Hasil Pengujian di saluran <i>inlet</i> dan <i>outlet</i>	54
Tabel 4.4	Data Hasil Pengujian Laboratorium	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lakmus	22
Gambar 2.2	pH meter	22
Gambar 3.1	Bagan Alir Pelaksanaan Tugas Akhir.....	45
Gambar 4.1	Bagan Proses Pengolahan Air Asam Tambang	47
Gambar 4.2	Kapur Tohor (CaO)	48
Gambar 4.3	Pengujian Jumlah Kapur dan Air Asam Tambang	50
Gambar 4.4	Grafik perbandingan volume AAT dengan jumlah kapur tohor	54
Gambar 4.5	Grafik Parameter pH perminggu	55
Gambar 4.6	Grafik Parameter TSS perminggu	56
Gambar 4.7	Grafik Parameter Fe perminggu	56
Gambar 4.8	Grafik Parameter Mn perminggu.....	57
Gambar 4.9	Grafik Parameter Cd perminggu	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sesuai dari tempat terbentuk dan letaknya, bahan galian berada di bawah permukaan bumi, tak terkecuali batubara. Kondisi ini menyebabkan adanya kecenderungan operasi penambangan batubara (*coal getting*) beresiko terhadap perubahan lingkungan. Pembukaan area pertambangan selain berpotensi merubah bentang alam, juga berpotensi merubah (menurunkan kualitas) air di lingkungan setempat.

Kualitas air menurun bisa disebabkan oleh adanya air sisa penambangan yang tidak netral yaitu yang mempunyai nilai pH yang rendah yang disebut air asam tambang (*acid mine drainage*). Air dengan kondisi seperti ini dapat mencemari lingkungan, baik lingkungan *biotik* ataupun *abiotik*. Untuk mengantisipasi hal ini maka perlu dilakukan perencanaan dalam proses pengelolaan air asam tambang. Sehingga diharapkan air sisa penambangan tersebut tidak akan merusak lingkungan, sementara kegiatan penambangan dapat terus berjalan.

Mengetahui potensi keasaman air dari suatu kegiatan penambangan sangat penting karena keasaman air tersebut merupakan potensi yang tentu akan menjadi persoalan setelah dilakukan penambangan. Potensi timbulnya air asam tambang ini memerlukan antisipasi agar keberadaan air asam tidak berdampak buruk terhadap kerusakan pencemaran lingkungan dimana sungai adalah tempat air sisa penambangan tersebut akan dibuang

sementara masyarakat di lingkungan areal penambangan masih sangat tergantung dengan air sungai tersebut untuk kegiatan sehari-hari.

Potensi air asam tambang harus diketahui dan dihitung tingkat keasamannya secara cermat agar langkah-langkah *preventif* untuk pengendaliannya dapat dilakukan. Pengolahan yang benar dilakukan dengan tujuan agar suatu mineral beserta batuan-batuan penutup dan batuan-batuan sampingnya seperti *pyrite*, *marcasite*, *covellite*, *chalcopyrite*, *molybdenite* tidak menjadi persoalan, baik sewaktu tambang itu sedang aktif ataupun setelah tambang tersebut tidak beroperasi lagi (pasca penambangan) karena sumber dari air asam tambang adalah dari keberadaan batuan-batuan dan mineral tersebut di atas.

Pengendalian terhadap air asam tambang merupakan hal yang perlu dilakukan selama kegiatan penambangan berlangsung dan setelah kegiatan penambangan berakhir. Air asam tambang (*acid mine drainage*) dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air, air permukaan dan air tanah, selain itu jika dialirkan ke sungai akan berdampak terhadap masyarakat yang tinggal disepanjang aliran sungai serta akan mengganggu biota yang hidup didarat juga biota diperairan.

Dengan itu perusahaan harus mengolah air asam tambang itu sebelum dapat dibuang ke lingkungan. Proses pengolahan ini tentu memerlukan tempat atau lokasi dimana itu menjadi tempat penampungan air asam tambang untuk diolah menggunakan metode-metode agar air asam tambang itu mencapai standar baku mutu dan dapat dibuang ke lingkungan.

Berdasarkan dari kondisi-kondisi tersebut di atas maka penulis melakukan analisis terhadap pengolahan air asam tambang di **PT.PROLINDO CIPTA NUSANTARA**. Adapun topik yang kami ajukan adalah : **"Analisis Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor Pada *Settling Pond* 03 Di PT. Prolindo Cipta Nusantara Desa Sebamban Kecamatan Sungai Loban Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan"**.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari latar belakang penelitian ini rumusan masalah yang akan dikaji dalam pengamatan dan penyusunan laporan nantinya antara lain :

1. Bagaimana Proses Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor Pada *Settling Pond* 03 di PT.PCN?
2. Bagaimana Perbandingan Jumlah Air Asam Tambang dan Jumlah Kapur Tohor dalam Proses Pengolahan Pada *Settling Pond* 03 di PT.PCN?

1.3 MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

1.3.1 Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah sebagai salah satu syarat dalam meraih dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik untuk mahasiswa pada program S-1 Teknik Pertambangan di Universitas Palangkaraya, Provinsi Kalimantan Tengah dan penelitian ini merupakan hal yang sangat perlu

dilakukan karena mengingat kegiatan penambangan berpotensi timbulnya air asam tambang ini memerlukan pengelolaan agar keberadaan air asam tidak berdampak buruk terhadap lingkungan.

1.3.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis Proses Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor Pada *Settling pond* 03 di PT.PCN?
2. Menganalisis Perbandingan Jumlah Air Asam Tambang Dan Jumlah Kapur Tohor dalam Proses Pengolahan pada *Settling pond* 03 di PT.PCN?

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberi manfaat untuk kemajuan bersama antara lain yaitu :

1. Bagi perusahaan

Penelitian ini diharapkan akan menjadi bahan evaluasi kedepan untuk menjadi masukan yang positif bagi perusahaan dalam melakukan proses pengolahan air asam tambang (AAT) sebelum membuang air sisa penambangan yang dialirkan dari *Settling Pond* ke sungai.

2. Bagi Mahasiswa

Dapat mengetahui bagaimana proses pengolahan air asam tambang (AAT) dengan menggunakan metode pengapuran.

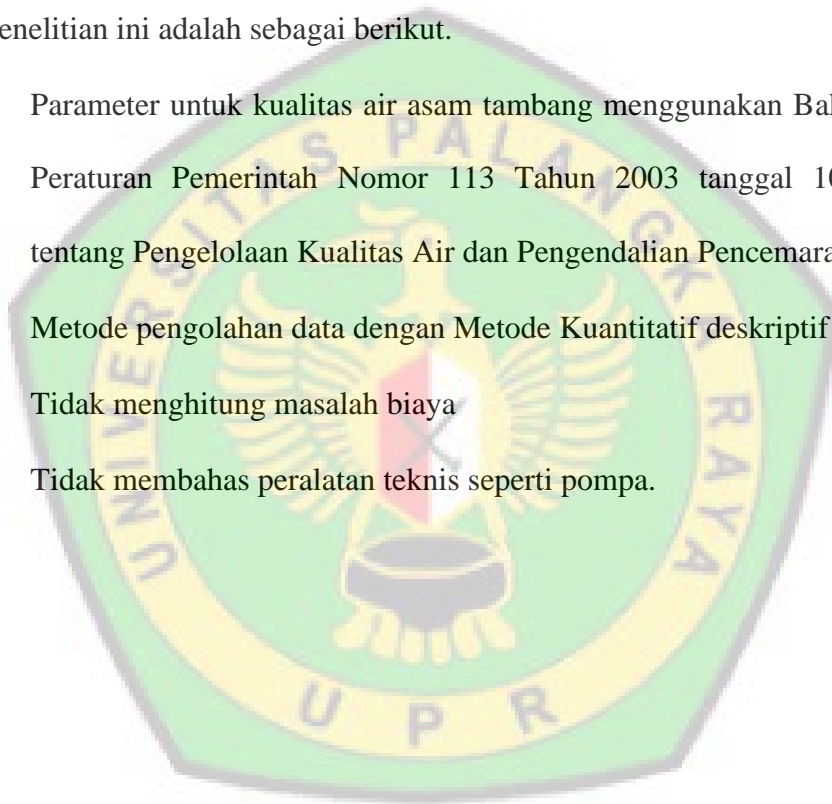
3. Bagi Pemerintah

Dapat memberikan informasi kepada pemerintah mengenai Pengolahan Air Asam Tambang.

1.5 BATASAN MASALAH

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Parameter untuk kualitas air asam tambang menggunakan Baku Mutu Air Peraturan Pemerintah Nomor 113 Tahun 2003 tanggal 10 Juli 2003 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Metode pengolahan data dengan Metode Kuantitatif deskriptif
- Tidak menghitung masalah biaya
- Tidak membahas peralatan teknis seperti pompa.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian Ibnu Hasyim dan Arief Rahman, (2014) yang berjudul “Kajian Penggunaan Kebutuhan Kapur Dalam Pengolahan Air Asam Tambang Pada *Settling Pond* 02” dengan tujuan mengetahui metode pengolahan air asam tambang, mengetahui jumlah penggunaan kapur yang tepat agar dapat mencapai standar baku mutu air dan mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi penentuan kapur.

Dari hasil penelitian pengolahan air asam tambang ini data primer diambil dengan pengukuran dan pengamatan secara langsung dilapangan tahapannya untuk pH harian cara pengukurannya dengan pH meter dan data sekunder yaitu pengambilan data yang dilakukan tanpa perlu langsung kelapangan. Penggunaan kapur dalam pengolahan air asam tambang dengan pemberian kapur secara langsung pada kompartemen 1. Waktu tinggal air di *settling pond* setelah dilakukan *treatment* yaitu selama 1 sampai 2 jam. Jika, ditemukan kadar pH dibawah standar baku mutu, maka diperlukan kapur antara 1 sampai 3 karung. Sedangkan untuk pendosisan kapur yang berdasarkan perhitungan debit air pada *inlet* didapat angka kebutuhan kapur untuk proses penetralan air asam yaitu 0,49 kg/dua jam. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi dalam penentuan kebutuhan kapur yaitu sumber air asam tambang, kadar pH air, debit air, sedimentasi.

Berdasarkan penelitian Enggal Nurisman, Roby Cahyadi dan Imam Hadriansyah,(2012) yang berjudul (“Studi Terhadap Dosis Penggunaan Kapur (Cao) Pada Proses Pengolahan Air Asam Tambang Pada Kolam Pengendapan Lumpur Tambang”), dengan tujuan penelitian mengetahui tingkat efektifitas dosis uji kapur yang efektif pada skala laboratorium dengan uji lapangan dan mempelajari dosis penggunaan kapur yang efektif dalam menetralkan air asam tambang pada saluran *inlet* dan *outlet* di kolam pengendapan lumpur sesuai dengan baku mutu lingkungan.

Dari hasil pengujian dilaboratorium didapat dosis kapur 0,8 gr/L mampu menetralkan air hingga sesuai baku mutu lingkungan. Dan dari hasil pengujian lapangan pada saluran *inlet* lebih efektif dan efisien dibandingkan pada saluran *outlet*. Dan skala pada saluran *inlet* 0,6 gr/L sedangkan pada *outlet* 0,7 gr/L. Dari segi ekonomisnya hal ini dapat lebih menghemat jika pengapuran dilakukan pada saluran *inlet* dibandingkan pada saluran *outlet*.

2.2. Pengertian Air Asam Tambang

Air Asam Tambang (AAT) atau dalam bahasa Inggris dikenal sebagai “*Acid Mine Drainage (AMD)*” atau “*Acid Rock Drainage (ARD)*” adalah air yang berasal dari kegiatan penambangan baik itu tambang terbuka (*open pit*) ataupun tambang bawah tanah (*underground*). AAT tersebut mempunyai tingkat keasaman yang tinggi (pH rendah <6) dan adanya peningkatan kelarutan logam. AAT istilah umum yang digunakan

untuk menyebutkan air lindian (*leachate*), rembesan (*seepage*) atau aliran (*drainage*). (Johnson, 2003)

2.3. Proses Terbentuknya Air Asam Tambang

Pembentukan air asam tambang (AAT) terbentuk saat mineral sulfida tertentu yang ada pada batuan terpapar dengan kondisi dimana terdapat air dan oksigen (sebagai faktor utama) yang menyebabkan terjadinya proses oksidasi dan menghasilkan air dengan kondisi asam. Air yang bersifat asam dapat keluar dari asalnya jika terdapat air pengelontor yang cukup, umumnya air hujan yang pada timbunan batuan dapat meresap (*infiltrasi*). (Johnson, 2003)

Air yang keluar dari sumbernya inilah yang lazim disebut dengan istilah air asam tambang (AAT). AAT adalah air asam yang timbul akibat kegiatan penambangan, untuk membedakan dengan air asam yang timbul akibat kegiatan lain seperti penggalian untuk pembangunan fondasi bangunan, pembuatan tambak dan sebagainya. *Pyrite* dan *marcasite* merupakan mineral sulfida yang umum ditemukan pada kegiatan penambangan terutama batubara. Terbentuknya AAT ditandai oleh pH yang rendah (1,5-4) konsentrasi logam terlarut yang tinggi seperti logam tembaga (Cu), aluminium (Al), besi (Fe), timbal (Pb), mangan (Mn), nilai keasaman (*acidity*) yang tinggi, nilai sulfat yang tinggi dan konsentrasi O₂ yang rendah. Jika AAT keluar dari tempat terbentuknya dan keluar ke lingkungan umum maka faktor lingkungan akan terpengaruhi.

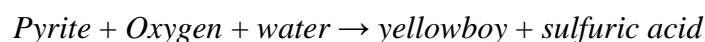
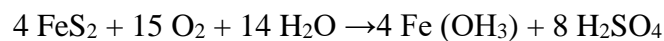
Faktor penting yang mempengaruhi terbentuknya AAT disuatu tempat adalah: (Miller, 1995)

1. Konsentrasi, distribusi, mineralogi dan bentuk fisik dari mineral sulphida.
2. Keberadaan oksigen, termasuk dalam hal ini adalah asupan dari atmosfer melalui mekanisme *adveksi* dan *difusi*.
3. Jumlah dan komposisi kimia air yang ada.
4. Temperatur.
5. Mikrobiologi.

Terbentuknya air asam tambang ditandai oleh satu atau lebih karakteristik kualitas air sebagai berikut :(*Skousen and Ziemkiewicz, 1996*)

1. Nilai pH yang rendah (1,5–4).
2. Konsentrasi logam terlarut yang tinggi, seperti logam besi, aluminium, mangan, cadmium, tembaga, timbal, seng, arsenik dan *mercury*.
3. Nilai *acidity* yang tinggi (50–1500 mg/L).
4. Nilai sulfat yang tinggi (500–10.000 mg/L).
5. Kadar garam terlarut (*salinitas*).
6. Konsentrasi oksigen terlarut yang rendah.

Reaksi umum pembentukan air asam tambang (AAT) sebagai berikut:

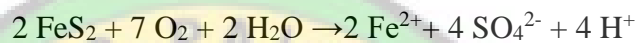


Reaksi antara *pyrite*, oksigen, dan air akan membentuk asam sulfat dan endapan besi *hidroksida*. Warna kekuningan yang mengendap di dasar

saluran tambang atau pada dinding kolam pengendap lumpur merupakan gambaran visual dari endapan besi *hidroksida* (*yellowboy*).

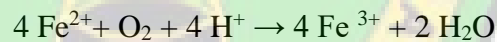
Reaksi tersebut dapat dirinci menjadi empat tahap reaksi :(*Skousen and Ziemkiewicz, 1996*)

1. Reaksi pertama adalah reaksi pelapukan dari *pyrite* disertai proses oksidasi. Sulfur dioksidasi menjadi sulfat dan besi ferro dilepaskan. Dari reaksi ini dihasilkan dua mol keasaman dari setiap mol *pyrite* yang teroksidasi.



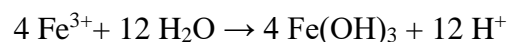
Pyrite + Oxygen + Water → Ferrous Iron + Sulfate + Acidity

2. Reaksi kedua terjadi konversi dari besi ferro menjadi besi ferri yang mengkonsumsi satu mol keasaman. Laju reaksi lambat pada pH <5 dan kondisi abiotik. Bakteri *thiobacillus* akan mempercepat proses oksidasi.



Ferrous Iron + Oxygen + Acidity → Ferric Iron + Water

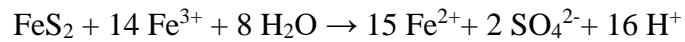
3. Reaksi ketiga adalah hidrolisa dari besi. Hidrolisa adalah reaksi yang memisahkan molekul air. Tiga mol keasaman dihasilkan dari reaksi ini. Pembentukan presipitat ferri hidroksida tergantung pH, yaitu lebih banyak pada pH diatas 3,5.



Ferric Iron + Water → Ferric Hydroxide (yellowboy) + Acidity

4. Reaksi keempat adalah oksidasi lanjutan dari *pyrite* oleh besi ferri. Reaksi ini adalah reaksi merambat (*propagasi*) yang berlangsung

sangat cepat dan akan berhenti jika *pyrite* atau besi ferro habis. Agen pengoksidasi dalam reaksi ini adalah besi ferri.



Pyrite + Ferric Iron + Water → Ferrous Iron + Sulfate + Acidity

2.4. Sumber-sumber Air Asam Tambang dan Kandungannya

Air asam tambang dapat terjadi pada kegiatan penambangan baik itu tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Umumnya keadaan ini terjadi karena unsur sulfur yang terdapat didalam batuan teroksidasi secara alamiah didukung juga dengan curah hujan yang tinggi semakin mempercepat perubahan oksida sulfur menjadi asam. Sumber-sumber air asam tambang antara lain berasal dari kegiatan-kegiatan berikut :*(Gautama Rudy, 2012)*

1. Tambang terbuka

Tambang terbuka adalah suatu kegiatan penambangan yang langsung berhubungan dengan udara luar. Lapisan batuan akan terbuka sebagai akibat dari terkupasnya lapisan penutup, sehingga unsur sulfur yang terdapat dalam batuan sulfida akan mudah teroksidasi dan bila bereaksi air dan oksigen akan membentuk air asam tambang

2. Air dari unit pengolahan batuan buangan

Material yang banyak terdapat pada limbah kegiatan penambangan adalah batuan buangan (*waste rock*). Jumlah batuan buangan ini akan semakin meningkat dengan bertambahnya kegiatan penambangan. Sebagai akibatnya batuan buangan yang

banyak mengandung sulfur akan berhubungan langsung dengan udara terbuka membentuk senyawa sulfur oksida selanjutnya dengan adanya air akan membentuk air asam tambang.

3. Air dari lokasi penimbunan batuan

Timbunan batuan yang berasal dari batuan sulfida dapat menghasilkan air asam tambang karena adanya kontak langsung dengan udara yang selanjutnya terjadi pelarutan akibat adanya air.

4. Air dari unit pengolahan limbah *tailing*

Kandungan unsur sulfur didalam *tailing* diketahui mempunyai potensi dalam membentuk air asam tambang, pH dalam *tailing pond* ini biasanya cukup tinggi karena adanya penambahan hydrated lime untuk menetralkan air yang bersifat asam yang dibuang kedalamnya. Air yang masuk ke dalam *tailing pond* yang bersifat asam tersebut diperkirakan akan menyebabkan limbah asam bila merembes keluar dari *tailing pond*.

Kandungan yang terdapat pada air asam tambang yaitu *Total Suspended Solid (TSS)* dan *Total Dissolved Solid (TDS)*. TSS adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimum 2 micrometer atau lebih besar dari ukuran partikel *koloid*. Adapun yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. TSS umumnya dihilangkan dengan pengadukan (*flokulasi*) dan penyaringan. *Total suspended solid (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.

Total Dissolved Solid (TDS) adalah padatan terlarut merupakan bahan dalam air yang dapat melewati filter dengan 2,0 micrometer atau lebih kecil ukuran rata-rata nominal pori. Suhu yang digunakan untuk mengeringkan residu sangat penting dan mempengaruhi hasil. Bobot yang hilang akibat bahan organik volatil, air, air kristalisasi, gas yang keluar akibat dekomposisi kimia sebagai bobot akibat oksidasi tergantung suhu dan waktu pemanasan, suhu pemanasan TDS adalah 180° C.

Perbedaan TSS dan TDS didasarkan atas prosedur penyaringannya. 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.

2.5. Bahan Kimia yang dapat digunakan untuk penetralan AAT

Penetralan air asam dapat menggunakan bahan kimia diantaranya seperti *Limestone carbonat* (*Calcium Carbonat*), *Hydrate Lime* (*Calcium Hydroxide*), *Caustic Soda* (*Sodium Hydroxide*), *Soda Ash Briquettes* (*Sodium Carbonate*), Kapur tohor (CaO). (Hedin, R.S., R.W Nairn, Dan R.I.P. Kleinmann.1994)

1. *Limestone Carbonat* CaCO_3 (*Calcium Carbonat*)

Limestone atau biasa dikenal dengan batu gamping telah digunakan selama berpuluh-puluh tahun untuk menaikkan pH dan mengendapkan logam di dalam air asam. Penggunaan *limestone* merupakan penanganan yang termurah, teraman dan termudah dari semua bahan-bahan kimia. Kekurangan dari *limestone* ini ialah mempunyai keterbatasan karena kelarutan yang rendah dan *limestone* terlapisi.

2. *Hydrate Lime* Ca(OH)_2 (*Calcium Hydroxide*)

Hydrated lime adalah suatu bahan kimia yang sangat umum digunakan untuk menetralkan air asam. *Hydrated lime* sangat efektif dari segi biaya dalam yang sangat besar dan keadaan *acidity* yang tinggi. Bubuk *hydrated lime* adalah *hydrophobic*, begitu lama pencampuran diperlukan untuk membuat *hydrated lime* dapat larut dalam air. *Hydrated lime* mempunyai batasan keefektifan dalam beberapa tempat dimana suatu pH yang sangat tinggi diperlukan untuk mengubah logam seperti *mangan*.

3. *Caustic Soda* NaHCO_3 (*Sodium Hydroxide*)

Caustic Soda merupakan bahan kimia yang biasa digunakan dan sering dicoba lebih jauh (tidak mempunyai

sifat kelistrikan), kondisi aliran yang rendah. *Caustic* menaikkan pH air dengan sangat cepat, sangat mudah larut dan digunakan dimana kandungan *mangan* merupakan suatu masalah. Penggunaannya sangat sederhana, yaitu dengan cara meneteskan cairan *caustic* ke dalam air asam, karena kelarutannya akan menyebar di dalam air. Kekurangan utama dari penggunaan cairan *caustic* untuk penanganan air asam ialah biaya yang tinggi dan bahaya dalam penanganannya. Penggunaan *caustic* padat lebih murah dan lebih mudah dari pada *caustic* cair.

4. *SodaAsh Briquettes* Na_2CO_3 (*Sodium Carbonate*)

Sodium Carbonate biasanya digunakan dalam debit kecil dengan kandungan besi yang rendah. Pemilihan *soda ash* untuk penanganan air asam biasanya berdasar pemakaian sebuah kotak atau tong dengan air masuk dan buangan.

5. Kapur Tohor CaO (*Calcium oxide*)

Kapur Tohor atau dikenal pula dengan nama kimia *kalsium oksida* (CaO) adalah batu kapur yang diolah dengan cara dibakar dengan sistem manual, dengan pembakaran lebih dari 900°C . Kapur ini bisa dimanfaatkan untuk mengatasi segala hal yang sifatnya sebagai penetralisir limbah dari perusahaan-perusahaan, baik perusahaan besar, menengah maupun limbah keluarga.

Bahan kimia penetral air asam tambang tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan seperti dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Bahan Kimia Penetral Air Asam Tambang

No	BAHAN	KEKURANGAN	KELEBIHAN
1	Limestone Carbonat (Calcium carbonat)	Mempunyai keterbatasan karena kelarutan yang rendah dalam air.	- Biaya yang murah. - Paling aman dari semua bahan-bahan kimia lainnya.
2	Hydrate Lime (Calcium hydroxide)	Membutuhkan waktu yang lama untuk membuat hydrate lime bisa terlarut dalam air.	Memiliki tingkat keasaman yang tinggi.
3	Caustic Soda (Sodium hydroxide)	- Biaya yang mahal. - Bahaya dalam penanganannya.	- Menaikkan tingkat keasaman yang sangat cepat. - Sangat mudah larut dalam air.
4	Soda Ash Briquettes (Sodium carbonat)	Hanya dapat digunakan dalam debit air yang kecil dengan kandungan besi yang rendah.	- Bahan yang lunak. - Dapat larut dalam air dingin. - Dapat digunakan dalam industri gula, sabun, obat, dll.
5	Kapur Tohor (Calcium oxide)	Proses pembuatan kapur membutuhkan waktu yang lama.	- Biaya yang murah. - Dapat mengubah air bersifat asam menjadi basa. - Mudah larut dalam air.

2.6. Dampak–dampak Air Asam Tambang

Terbentuknya air asam tambang dilokasi penambangan akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Adapun dampak negatif dari air asam tambang tersebut antara lain yaitu :(*Effendi, 2003*)

1. Masyarakat Disekitar Wilayah Tambang

Dampak terhadap masyarakat disekitar wilayah tambang tidak dirasakan secara langsung karena air yang dipompakan ke sungai atau ke laut telah dinetralkan dan selalu dilakukan pemantauan 1x seminggu menggunakan alat “*water quality checker*” (untuk mengetahui temperatur, kekeruhan, pH, dan *salinity*). Hasil pemantauan disesuaikan dengan baku mutu air sungai dan air laut namun apabila terjadi pencemaran dan biota perairan terganggu maka binatang seperti ikan akan mati akibatnya mata pencaharian penduduk menjadi terganggu.

Kemungkinan dampak terhadap manusia yaitu aluminium terlarut dalam air dapat menimbulkan gangguan terhadap pertumbuhan organ tubuh dan gangguan kesehatan lainnya. Adapun dampak lain terhadap manusia yaitu meningkatnya jenis-jenis nyamuk tertentu, nyamuk mencari tempat yang asam untuk bertelur dan menetaskannya.

2. Biota Perairan

Biota Perairan adalah seluruh makhluk hidup yang hidup di perairan. Dampak negatif untuk biota perairan adalah terjadinya perubahan keanekaragaman biota perairan seperti *plankton* dan *benthos*. Kehadiran *benthos* dalam suatu perairan dapat digunakan sebagai indikator kualitas perairan. Pada perairan yang baik dan subur *benthos* akan mengalami kelimpahan, sebaliknya pada perairan yang kurang subur *benthos* tidak akan mampu bertahan

hidup. Kondisi pH air asam tambang yang rendah dapat langsung mengakibatkan kematian ikan. Akibat bereaksinya besi dan aluminium dengan insang (terjadinya penyumbatan insang oleh garam-garam besi dan aluminium).

3. Kualitas Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan atau bebatuan di bawah permukaan tanah. Adapun dampak air asam tambang terhadap kualitas air tanah yaitu:

- a. Akibat kelebihan unsur hara mikronyadapat menyebabkan keracunan pada tanaman, hal ini ditandai dengan busuknya akar tanaman sehingga tanaman menjadi layu.
- b. Kekurangan unsur basa : Ca, Mg dan K
- c. Bakteri atau virus (*patogen*) meningkat.
- d. Sedangkan unsur hara *makro* yang sangat dibutuhkan tanaman seperti *fosfor*, *magnesium*, *kalsium* sangat kurang.

4. Dampak Terhadap Bangunan

Air asam tambang juga berdampak negatif terhadap bangunan diantaranya yaitu:

- a. Bahan bangunan dari besi dan aluminium sangat mudah korosi pada kondisi asam.
- b. Bangunan semen atau beton mudah rusak pada kondisi asam.
- c. Dapat terjadi penyumbatan *aquifer* atau sumur akibat pengendapan besi (besi oksida)

2.7. Syarat Baku Mutu Air

Untuk menjaga agar air berada dalam kondisi yang sesuai dengan peruntukannya maka pemerintah telah menerbitkan Peraturan Pemerintah Nomor 113 Tahun 2003 tanggal 10 Juli 2003 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Baku mutu air untuk kegiatan penambangan batubara dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
PH		6 – 9
Residu Tersuspensi	Mg/l	200
Besi (Fe) Total	Mg/l	7
Mangan (Mn) Total	Mg/l	4
Kadium (Cd) Total	Mg/l	0,05

Sumber Peraturan Pemerintah Nomor 113 Tahun 2003 tanggal 10 Juli 2003

Berikut ini akan diuraikan beberapa elemen penting dari baku mutu air serta dampaknya terhadap lingkungan. (*Gautama Rudy, 2012*)

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 *organic* biasanya akan meningkatkan keasaman air. Air buangan industri-industri bahan

organic pada umumnya mengandung asam mineral dalam jumlah yang tinggi, sehingga keasaman juga tinggi atau pH nya rendah.

Perubahan keasaman pada air buangan, baik kearah *alkali* (pH naik) maupun kearah asam (pH turun) akan sangat mengganggu kehidupan ikan dan hewan air lainnya. Air buangan yang mempunyai pH rendah juga bersifat sangat *korosif* terhadap baja dan besi, bangunan semen atau beton mudah rusak pada kondisi asam dan dapat terjadi penyumbatan *aquifer* atau sumur akibat pengendapan besi (besi oksida).

Alat yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman air (pH) yaitu pH meter dan kertas lakmus. pH meter adalah alat elektronik yang digunakan untuk mengukur pH kadar keasaman atau kebasaan dari suatu larutan. Namun ada probe khusus yang digunakan untuk mengukur pH zat semi padat. pH meter biasanya terdiri dari probe (elektroda gelas) yang terhubung ke pengukuran pembacaan yang mengukur dan menampilkan pH yang terukur.

Prinsip kerja dari alat ini yaitu semakin banyak elektron pada sampel maka akan semakin bernilai asam sebaliknya jika semakin sedikit elektron maka akan semakin bernilai basa, karena batang pada pH meter berisi larutan elektrolit lemah.

Berdasarkan cara pembacaannya, pH meter dibagi menjadi 2 jenis yaitu pH meter digital dan pH meter analog. PH Meter Digital

adalah pH meter yang dengan otomatis akan menampilkan angka hasil pengukuran pH ke layar digital.

Sedangkan pH meter analog adalah pH meter yang pembacaannya masih menggunakan jarum penunjuk untuk menentukan hasil pengukuran.

Dalam pembacaan hasil pengukuran, pH meter digital memiliki tingkat keakuratan yang lebih tinggi dibanding dengan pH meter analog, karena pH meter digital langsung menunjukkan angka yang dapat dibaca dengan jelas oleh pengguna.

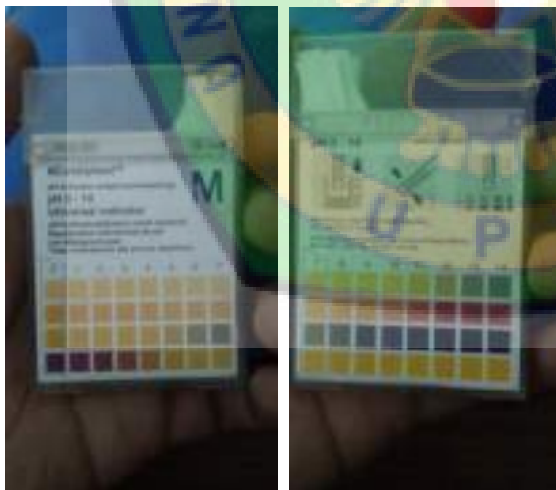
Lakmus adalah suatu kertas dari bahan kimia yang digunakan untuk mengukur pH dari suatu cairan. Cara kerja lakmus yaitu akan berubah warna jika dicelupkan kedalam larutan asam/basa. Warna yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kadar pH dalam larutan yang ada. Nilai pH ditunjukkan dengan skala secara sistematis dengan nomor 0-14.

mengenai pH meter dan lakmus. PH meter dan Lakmus sama-sama digunakan untuk mengukur derajat asam / basa pada suatu larutan, namun kedua alat ini memiliki perbedaan, antara lain :

1. pH meter merupakan alat elektronik yang dapat membaca hasil pengukuran dengan otomatis, sedangkan lakmus merupakan alat yang berbentuk kertas yang pembacaan hasil pengukurannya dilakukan dengan cara manual.

2. pH meter dapat membaca hasil pengukuran yang lebih akurat dibanding dengan lakmus.
3. pH meter memiliki probe khusus yang dapat digunakan untuk mengukur kadar pH pada zat semi padat, sedangkan lakmus hanya dapat digunakan untuk mengukur suatu zat yang berbentuk larutan/cairan.

Dilihat dari penjelasan diatas, pH meter dan lakmus memiliki beberapa perbedaan baik dari bentuk, cara kerja, dan tingkat keakuratannya. pH meter lebih banyak digunakan untuk pengukuran kadar pH dibandingkan dengan lakmus, karena pH meter dapat mengukur lebih cepat serta lebih akurat dari lakmus. Dan untuk di PT.PCN alat yang digunakan adalah kertas lakmus.



Gambar 2.1Lakmus



Gambar 2.2 pH meter

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 ketempat 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 temperature 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 *sulfite* disebabkan oleh reduksi *sulfat* dengan adanya bahan-bahan *organic* dan *mikroorganisme 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-kerak pada wadah-wadah pengolahan. (Gautama Rudy, 2012)

2.8. Pencegahan Air Asam Tambang (AAT)

Salah satu upaya pencegahan pembentukan air asam tambang (AAT) adalah dengan pembangunan lapisan penutup material reaktif. Umumnya dikenal sebagai *Potentially Acid Forming* (PAF) material. Material yang tidak reaktif, *Non Acid Forming* (NAF) material, tanah, atau material alternatif seperti *Geosynthetic Clay Liner* (GCL). Lapisan ini dikenal juga dengan sebutan *dry cover system*. (Gautama Rudy, 2012)

Pembentukan air asam tambang dapat diatasi dengan menghilangkan atau mengurangi satu atau lebih komponen-komponen pembentuk air asam tambang. Pencegahan terbentuknya air asam tambang pada kolam bekas penambangan adalah dengan cara pelapisan. Pelapisan adalah cara pengendalian terbentuknya air asam tambang dengan membatasi kontak oksigen dan air terhadap lapisan batubara yang mengandung mineral sulfida. Pelapisan ini dilakukan dengan cara menutupi lapisan batubara yang berupa lantai batubara dengan material yang bersifat tidak bisa ditembus air (*impermeable*) misalnya mineral liat. Mineral liat adalah mineral-mineral hasil pembentukan baru atau hasil pelapukan, selama proses pembentukan tanah yang komposisi maupun strukturnya sudah berbeda dengan mineral yang terlapuk.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan dari sistem pelapisannya adalah sebagai berikut :(*Gautama Rudy, 2012*)

1. Kandungan Sulfur

Semakin besar kandungan sulfur pada batuan maka semakin besar pula kemungkinan terjadinya reaksi oksidasi dengan oksigen dan air.

2. Ruang Kosong (Porositas)

Porositas mempengaruhi kemungkinan masuknya air serta udara kedalam lantai batubara yang mengandung mineral sulfida. Semakin besar porositas maka semakin besar juga kemungkinan terjadinya reaksi oksidasi.

3. Luas Permukaan Kristal *Pyrite*

Semakin luas permukaan Kristal *pyrite* yang tidak tertutupi maka semakin besar pula kemungkinan terkena air dan udara.

4. Kereaktifan Kristal *Pyrite*

Meskipun Kristal *pyrite* terkena udara dan air tetapi kereaktifan dari kristal *pyrite* sendiri berbeda. Kereaktifan ini mempengaruhi kecepatan dari reaksi oksidasinya.

Secara umum penutupan batuan sulfida ini menggunakan mineral liat dengan langkah–langkah sebagai berikut :(*Gautama Rudy, 2012*)

1. Air asam tambang yang telah netral dikeluarkan dari kolam bekas penambangan dengan menggunakan pompa air. Air tersebut dikeluarkan menuju aliran sungai didekat kolam bekas penambangan.
2. Setelah air dikeluarkan seluruhnya, langkah berikutnya adalah pelapis liat ditukar diatas material sulfida kemudian dipadatkan dengan memanfaatkan lalu lintas alat berat selama proses penumpukan batuan. Tahapan pematatannya harus benar–benar diperhatikan dan rata.
3. Selanjutnya digunakan material tambang untuk melapisi dan dilakukan pemadatan lagi. Ketebalan penutupan batuannya disesuaikan dengan rencana yang sudah dibuat dan ketersediaan material yang dipakai untuk penutupan batuan sulfida.
4. Lapisan terakhir yang digunakan adalah tanah humus (*top soil*). Penutupan lokasi bekas penambangannya dilakukan dengan

menggunakan material yang ada pada daerah penambangan. Dalam hal ini material yang digunakan adalah material hasil bongkaran dan *top soil*nya juga berasal dari daerah penambangan.

2.9. *Settling Pond* (Kolam Pengendapan Lumpur)

Settling Pond atau Kolam pengendapan lumpur adalah sebagai tempat menampung air tambang sekaligus untuk mengendapkan partikel-partikel padatan yang ikut bersama air dari lokasi penambangan. Kolam pengendapan dibuat pada daerah terendah dari suatu daerah penambangan, sehingga air akan masuk ke kolam pengendapan secara alami dan selanjutnya dialirkan ke sungai melalui saluran pembuangan. (Gautama Rudy, 2012)

Settling Pond akan berfungsi dengan baik apabila rancangan kolam pengendapan yang dibuat sesuai dengan debit air limpasan yang akan ditampung untuk pengendapan lumpur. Rancangan kolam pengendapan 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 serta mudah dibersihkan dari segi lumpur yang mengendap.

Keberadaan kolam pengendapan lumpur diharapkan pada saat air yang keluar dari daerah penambangan sudah bersih dari partikel-partikel padatan sehingga tidak menimbulkan kekeruhan pada sungai atau laut sebagai pembuangan akhir. Selain itu juga tidak menimbulkan pendangkalan sungai akibat dari partikel padatan yang terbawa bersama air.

Untuk menghitung volume *Settling Pond* (Kolam Pengendap Lumpur) dapat menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{Volume} = P \times L \times T$$

Dimana : P = Panjang Kolam

L = Lebar Kolam

T = Tinggi Kolam

Bentuk kolam pengendapan biasanya digambarkan secara sederhana yaitu berupa kolam berbentuk empat persegi panjang. Sebenarnya bentuk tersebut dapat bermacam-macam, namun pada setiap kolam pengendap akan selalu ada 4 zona penting yang terbentuk karena proses pengendapan material padatan. Zona pertama yaitu *inlet*, zona ke dua *treatment*, ketiga yaitu zona pengendapan yang ke empat zona *outlet*.

2.9 Penggunaan Kapur Tohor

Penggunaan Kapur Tohor adalah pemberian kapur untuk meningkatkan pH air yang bereaksi asam menjadi mendekati netral yaitu pH 6. Pada umumnya proses penetralan air asam tambang menggunakan kapur tohor (CaO). Karena jenis batuan tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan pH secara praktis, murah, aman dan sekaligus mengurangi kandungan logam berat. Proses pengolahanya yaitu kapur langsung dicurahkan pada saluran atau aliran kolam pengendap lumpur pertama menuju kolam pengendap lumpur kedua atau dari zona *inlet* menuju zona

treatment. Pengolahan pada saluran *inlet* dan *treatment* ini dilakukan karena :(Gautama Rudy, 2012)

1. Air pada saluran *inlet* dan *treatment* arusnya lebih deras sehingga proses pengolahan bisa lebih merata dan membantu pelarutan kapur dalam air.
2. Pada saluran *inlet* terdapat bak kontrol yang berfungsi sebagai tempat pengadukan air asam tambang dan kapur.
3. Jika dilakukan pengapuran pada saluran *outlet* kapur akan langsung terbuang karena terbawa arus air yang keluar menuju sungai.

Proses pengolahan ini dapat mengurangi tingkat keasaman pada air yang terdapat di *Settling Pond*, sehingga jika dibuang ke sungai tidak berdampak terhadap lingkungan dan biota perairan lainnya. Waktu pengolahan akan lebih baik jika dibuat jadwal khusus. Untuk mengetahui proses pengolahan itu dapat menetralkan air asam tambang yang berada di *Settling Pond* dalam jangka waktu berapa hari.

Faktor-faktor yang harus diperhatikan sebelum melakukan pengapuran adalah :

1. Pengambilan sampel air
2. Pengukuran pH air, total padatan tersuspensi (TSS), kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn),
3. Bentuk dan Volume *Settling Pond*.
4. Jumlah kapur yang digunakan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.1.1 Profil Perusahaan

Berdasarkan Surat Keterangan Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi Nomor 188.45/55/DISTAMBEN/2012 tentang Pemberian Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi dan Berdasarkan KEPMENHUT No SK 454/Menhut-II/2013. Wilayah IUP Operasi Produksi PT Prolindo Cipta Nusantara berada pada kawasan hutan produksi tetap. Secara administratif termasuk kedalam wilayah Kecamatan Sungai Loban, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan.

PT. Prolindo Cipta Nusantara sebagai salah satu perusahaan swasta nasional yang bergerak dibidang pertambangan batubara yang dalam akta pendiriannya bergerak dibidang pertambangan dan turut serta untuk mengembangkan peluang usaha dalam bidang pertambangan khususnya di Kabupaten Tanah Bumbu dalam rangka memperluas lapangan kerja dan meningkatkan taraf hidup masyarakat khususnya di Kecamatan Sungai Loban.

3.1.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. Prolindo Cipta Nusantara Secara administrative termasuk kedalam wilayah Kecamatan

Sungai Loban, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan dengan luas area Izin Usaha Pertambangan sebesar 350 Ha.

Secara geografis PT. Prolindo Cipta Nusantara terletak pada koordinat seperti yang tercantum pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Koordinat IUP PT Prolindo Cipta Nusantara

No	Lintang Selatan (LS)			Bujur Timur (BT)		
	Derajat	Menit	Detik	Derajat	Menit	Detik
1	3	36	32.5	115	38	7.8
2	3	37	29.1	115	38	7.8
3	3	37	29.1	115	36	44.4
4	3	36	54.1	115	36	44.4
5	3	36	54.1	115	36	54.1
6	3	36	32.5	115	36	54.1

Sumber : *Engineering PT Prolindo Cipta Nusantara (Data Sekunder, 2012)*

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 bupaten 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: Sebelah Utara Kecamatan Kelumpang Hulu Kabupaten Kotabaru, Sebelah Selatan Laut Jawa, Sebelah Barat Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut dan Kecamatan Aranio, Kabupaten Banjar dan Sebelah Timur Kecamatan Pulau Laut Barat, Kabupaten Kotabaru.

Kabupaten Tanah Bumbu memiliki luas wilayah 5.006,96 km² atau 13,56 % dari luas wilayah Provinsi Kalimantan Selatan. Kabupaten

Tanah Bumbu yang beribu kota di Batulicin ini memiliki 10 (sepuluh) Kecamatan yaitu Kusan Hilir, Sungai Loban, Satui, Kusan Hulu, Batulicin, Karang Bintang, Simpang Empat, Mantewe, Kuranji dan Angsana. Lima kecamatan yang terakhir disebutkan adalah kecamatan hasil pemekaran pada pertengahan tahun 2005.

Kecamatan Kusan Hulu merupakan kecamatan terluas yang mencakup 13,76% dari luas keseluruhan Kabupaten Tanah Bumbu, sedangkan Kecamatan Kuranji memiliki luas wilayah terkecil sebesar 110,42 Km² atau hanya 2,18 % dari wilayah Kabupaten Tanah Bumbu. Kecamatan yang mempunyai wilayah pantai atau pulau kecil adalah Satui, Angsana, Sungai Loban, Kusan Hilir, Batulicin dan Simpang Empat.

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; belah 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: Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Kusan Hulu, Sebelah Selatan berbatasan dengan Laut Jawa, Sebelah Timur berbatasan dengan Desa Trimartani, Desa Indra loka Jaya dan Desa Sebamban Lama sedangkan Sebelah Barat

berbatasan dengan Kecamatan Angsana. (Lihat Dilampiran Peta Lokasi Kesampaian Daerah).

Kesampaian daerah WIUP PT. Prolindo Cipta Nusantara di desa Sebamban, kecamatan Sungai Loban, kabupaten Tanah Bumbu dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda 4 rutenya adalah sebagai berikut :

a. Palangka Raya – Banjarmasin :

Menggunakan jalan darat sejauh ± 194 km selama 4,5 jam menggunakan kendaraan roda 4 untuk menuju ke Banjarmasin.

b. Banjarmasin – Sungai Loban :

Dari Banjarmasin untuk menuju ke Kecamatan Sungai Loban dengan menggunakan jalur darat sejauh ± 200 km selama 5 jam menggunakan kendaraan roda 4.

c. Sungai Loban-Lokasi WIUP PT. PCN :

Selanjutnya dari Kecamatan Sungai Loban untuk menuju ke WIUP PT. PCN dapat ditempuh dengan menggunakan kendaraan roda 4 sejauh ± 15 km selama 15 menit, selanjutnya melewati jalan Hauling Underpass PT. TIA sejauh 10 Km selama 10 menit.

3.1.3 Keadaan Iklim Dan Curah Hujan

Lokasi daerah penelitian berada pada iklim tropis basah, seperti umumnya yang terjadi di wilayah Indonesia. Lokasi yang relatif dekat dengan garis khatulistiwa menyebabkan fluktuasi yang terjadi sepanjang tahun relatif kecil. Sehingga tidak terdapat perbedaan yang cukup ekstrim

antara musim hujan dan musim kemarau. Kondisi yang mempengaruhi iklim dan meteorologi setempat adalah topografi dan keadaan vegetasi (hutan hujan tropis) di sekitar udara.

Dengan klimatologi yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Selatan untuk Kabupaten Tanah Bumbu yang merupakan wilayah terdekat dengan lokasi kegiatan pertambangan batubara PT. Prolindo Cipta Nusantara, selanjutnya dalam studi intensif pengukuran sesaat juga dilakukan pada saat pengambilan sampel kualitas udara dan data-data pada stasiun-stasiun pemantauan cuaca setempat.

Tabel 3.2 Data Curah Hujan dan Hari Hujan Kabupaten Tanah Bumbu Tahun 2017

Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan (hh)
Januari	352	16
Februari	290	14
Maret	359	25
April	193	20
Mei	242	18
Juni	318	20
Juli	22	11
Agustus	14	4
September	0	0
Oktober	15	4
November	157	17
Desember	323	23

(Sumber : Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Selatan, dengan tebusan dari badan meteorologi klimatologi dan geofisika banjarmasin ,Tahun 2017)

Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan maret yaitu 359 mm dalam 25 hari hujan. Sedangkan curah hujan terendah terjadi pada bulan September yaitu 0 mm dalam 0 hari hujan.

3.2 Kondisi Geologi

3.2.1 Kondisi Geologi Regional

A. Fisiografi Regional

Secara fisiografi lokasi penelitian 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 ± 6000 meter. Cekungan ini mengalami transgresi dari Kala Eosen sampai dengan Kala Miosen, kemudian Cekungan Asam-Asam ini juga mengalami regresi pada Kala Pliosen. Pada waktu terjadinya transgresi pada Cekungan Asam-Asam di endapkan dari batuan tua kemuda dari Formasi Manunggul, Formasi Tanjung, Formasi Berai dan Formasi Warukin. Kemudian pada waktu terjadinya regresi di endapkan Formasi Dahor.

Aktivitas tektonik yang bekerja pada Cekungan Asam-Asam telah mempengaruhi proses pengendapan batuan di cekungan tersebut. Sebagai akibat dari aktivitas tektonik tersebut terjadi pengangkatan pegunungan meratus, yaitu pada Kala Miosen tengah dan Kala Plistosen. Sebagai produk pengangkatan tersebut terjadi persesaran dan perlipatan serta mengaktifkan struktur sesar yang lebih tua. Orientasi sumbu-sumbu perlipatan yang terjadi pada umumnya mempunyai arah timur laut-barat daya, sedangkan sesar-sesar berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya.

B. Stratigrafi Regional

Menurut E. Rustandi, E.,S. Nila, P. Sanyoto dan U. Margono (Puslitbang Geologi, 1995), pada peta geologi regional lembar kota baru, urutan stratigrafi dari batuan yang berumur tua sampai yang muda adalah sebagai berikut :

- 1. Aluvium (Qa) :** Kerakal, kerikil, pasir, lanau, lempung dan lumpur, terdapat endapan sungai, rawa dan pantai.
- 2. Formasi Dahor (TQd) :** Batupasir kuarsa, mudah hancur, setempat bersisipan lempung, batubara lignit, limonit, kerakal lembar Samarinda satuan berumur pliosen-plistosen dengan ciri-ciri litologi serupa disebut Formasi Kampung Baru dan terletak tidak selaras diatas Formasi Warukin.
- 3. Formasi Warukin (Tmw) :** Perselingan batupasir kuarsa dan batulempung, bersisipan serpih, batubara dan batugamping. Batupasir dan batulempung karbonan setempat mengandung konkresi besi. Satuan ini terendapkan pada lingkungan litoral hingga paralis dan tebalnya 250-750 m. Formasi Warukin mengandung fosil *miogypsina* sp, *cycloypeus* sp dan *lepidocyclina* cf. *Sumatrensis* yang berumur miosen tengah-miosen akhir serta menindih selaras di atas formasi berai. Nama Formasi warukin di gunakan pertama kali oleh PERTAMINA (1980), dan lokasi tipenya terdapat di daerah Kambilin Balikpapan, Kalimantan Timur.
- 4. Formasi Berai (Tomb) :** Batugamping bioklastik, setempat berselingan dengan napal dan batupasir, mengandung bintal rijang. Fosil

foraminifera yang diidentifikasi adalah *Spiroclypeus* sp, *Pelatispira* sp, dan *Nummulus* sp. Menunjukkan umur Oligosen-Miosen Awal, lingkungan pengendapannya neritic. Tebal satuan antara 500-1500 m. Formasi berai menjemari dengan Formasi Pamaluan dan menindih selaras Formasi Tanjung. Lokasi tipenya di G. Berai, sebelah timur Tanjung, Kalimantan Selatan.

5. Formasi Tanjung (Tet) : Perselingan konglomerat, batupasir dan batulempung dengan sisipan serpih, batubara dan batugamping. Bagian bawah terdiri dari konglomerat dan batupasir dengan sisipan batulempung, serpih dan batubara, sedangkan bagian atas terdiri dari batupasir dan batulempung dengan sisipan batugamping. Batugamping mengandung fosil: *Discocyclus* sp, *Nummulus* sp. dan *Lepidocyclus* sp. berumur Eosen, diendapkan di lingkungan fluviatile di bagian bawah dan beralih ke delta di bagian atas. Tebal satuan diperkirakan 1500 m. Formasi Tanjung menindih tak selaras Formasi Pitap dan Formasi Haruyan. Lokasi tipennya di daerah Tanjung, Kalimantan Selatan.

6. Formasi Pitap (Ksp) : Batulanau kersikan, batupasir kersikan dan konglomerat aneka bahan, setempat gampingan terendapkan didaerah kipas bawah laut, berumur kapur awal.

C. Struktur Geologi Regional

Struktur geologi yang berkembang di daerah penyelidikan adalah struktur perlipatan homoklin dengan arah umum relatif berarah barat-timur struktur sesar yang berupa sesar mendatar.

3.2.2 Kondisi Geologi

A. Morfologi

Secara umum dan sesuai dengan kenampakan lapangan, morfologi daerah Kecamatan Angsana dan Sungai Loban dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) satuan yaitu :

1. Satuan Morfologi Perbukitan Bergelombang Tinggi, Satuan Morfologi ini menempati areal bagian utara Kecamatan Angsana dengan luas sekitar 15%, ketinggian bervariasi antara 605 sampai 101 meter dari permukaan laut (dpl). Pada satuan morfologi tersebut di dominasi oleh semak, belukar dan hutan sekunder.
2. Satuan Morfologi Perbukitan Bergelombang Sedang, Satuan Morfologi ini menempati areal bagian tengah Angsana dengan luas sekitar 65%, ketinggian bervariasi antara 100 sampai 24 meter dari permukaan laut (dpl). Pada satuan Morfologi tersebut di dominasi oleh tanaman sawit.
3. Satuan Morfologi Perbukitan Bergelombang Lemah, Lokasi satuan Morfologi ini menempati bagian selatan Kecamatan Angsana, dengan ketinggian berkisar antara 36 sampai 14 meter dari permukaan laut (dpl). Pada umumnya di wilayah morfologi ini di dominasi tanaman kelapa sawit, tumbuhan rawa, ilalang dan belukar.

Berdasarkan Peta Rupa Bumi lembar Sebamban 1812-13 skala 1 : 50.000, pola aliran sungai yang berkembang di Wilayah Kecamatan Angsana dan sekitarnya adalah Pola Aliran Denritik (bentuk seperti urat-urat daun). Di antara sungai-sungai yang mengalir di wilayah kecamatan ini diantaranya Sungai Satui dan Sungai Sebamban dengan arah aliran Utara-Selatan.

B. Litologi

Menurut E. Rustandi, E.,S. Nila, P. Sanyoto dan U. Margono (Puslitbang Geologi, 1995), pada peta geologi regional lembar kota baru, formasi penyusunan daerah penelitian adalah batupasir kuarsa, mudah hancur, setempat bersisipan lempung, batubara lignit, limonit, kerakal lembar Samarinda satuan berumur ploisen-plistosen dengan ciri-ciri litologi serupa disebut Formasi Kampung Baru dan terletak tidak selaras diatas Formasi Warukin.

C. Struktur Geologi

Dari kenampakan kedudukan struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian relatif tidak ditemukan indikasi perubahan dari pola penyebaran ataupun arah pada umumnya. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan di lapangan lapisan batubara yang terdapat di PT. Prolindo Cipta Nusantara memiliki perlapisandengan kedudukan sudut kemiringan $\pm N 150^\circ E/10^\circ-15^\circ$. Dengan ketebalan batubara berkisar antara ± 1.20 meter sampai dengan ± 5.0 meter.

3.3 Alat Dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan selama Skripsi adalah :

- Alat Pelindung Diri (APD)
- Buku Tulis
- Kamera
- Kertas lakmus
- Kapur
- Jerigen
- Stopwatch
- Radio

3.4 Metode Penelitian

A. Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data yang akan digunakan sebagai referensi penyusunan laporan skripsi dengan judul “**Analisis Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor Pada *Settling Pond* 03 di PT Prolindo Cipta Nusantara**” sebagai berikut :

1. Observasi (Pengamatan)

Observasi adalah suatu cara pengumpulan data dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap suatu objek dalam suatu periode tertentu dan mengadakan pencatatan secara sistematis tentang hal-hal tertentu yang diamati. Metode ini dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan. Adapun data yang dikumpulkan

berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas dalam Skripsi ini yang dibagi menjadi 2 (dua), yaitu:

- Data primer, yaitu data yang didapat dari hasil pengamatan secara langsung dilapangan antara lain :
 - Pengamatan Proses Pengolahan Air Asam Tambang.
 - Pengambilan sampel air.
 - Perbandingan jumlah kapur dan air asam tambang
 - Pengukuran pH air Mingguan.
- Data sekunder, yaitu data yang menunjang dalam kegiatan penelitian dan dalam proses pembuatan laporan skripsi. Data tersebut antara lain:
 - Profil Perusahaan
 - Peta Lokasi Penelitian
 - Geologi Regional Daerah Penelitian
 - Data Kegiatan Pengelolaan AAT
 - Data curah hujan

2. Metode Pustaka

Metode pustaka merupakan metode pengumpulan data yang diarahkan kepada pencarian data dan informasi melalui dokumen-dokumen, baik dokumen tertulis, foto-foto, gambar, maupun dokumen elektronik yang dapat mendukung dalam proses penulisan. Metode ini dilakukan dengan studi literatur yang terkait dengan kegiatan pengolahan air asam tambang.

B. Metode Pengolahan Data

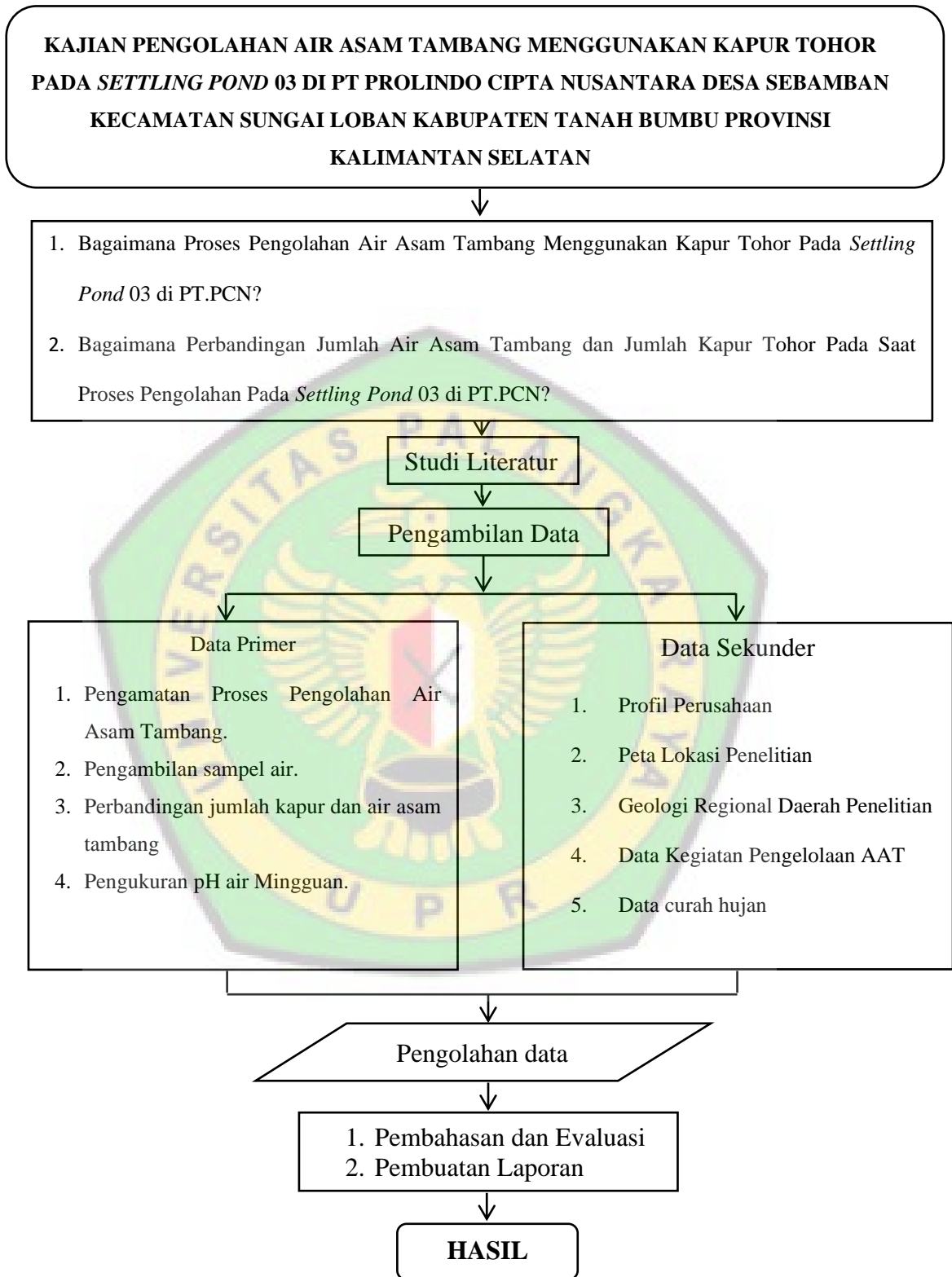
Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan metode kuantitatif yang menggunakan statistik deskriptif untuk mengetahui proses pengolahan air asam tambang menggunakan kapur tohor. Data yang dihasilkan dari penelitian ini berupa pH air sampel uji dan berapa kapur tohor yang akan digunakan pada saat penetralan. Dalam penulisan Skripsi ini memberikan gambaran tentang proses pengolahan air asam tambang menggunakan kapur tohor untuk mengurangi tingkat keasaman air tambang. Pengolahan data secara matematis dengan menggabungkan data-data yang diperoleh baik data primer maupun data sekunder, dengan mengacu kepada teori yang diperoleh melalui literature, kemudian dianalisis sehingga diperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian.

3.5 Langkah Kerja

Langkah kerja dalam pelaksanaan penelitian adalah:

1. Melakukan observasi lapangan
2. Pengambilan dokumentasi/foto di lapangan
3. Pengambilan data lapangan baik data primer maupun sekunder
4. Melakukan pengukuran PH air asam tambang
5. Melakukan perbandingan jumlah kapur tohor yang digunakan untuk menetralkan air asam tambang
6. Pengolahan data primer maupun sekunder yang sudah dikumpulkan yang akan dibandingkan sesuai ketentuan baku mutu air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 113 Tahun 2003 tanggal 10 Juli 2003.

3.5 Bagan Alir



Gambar 3.1 Bagan Alir Pelaksanaan Skripsi

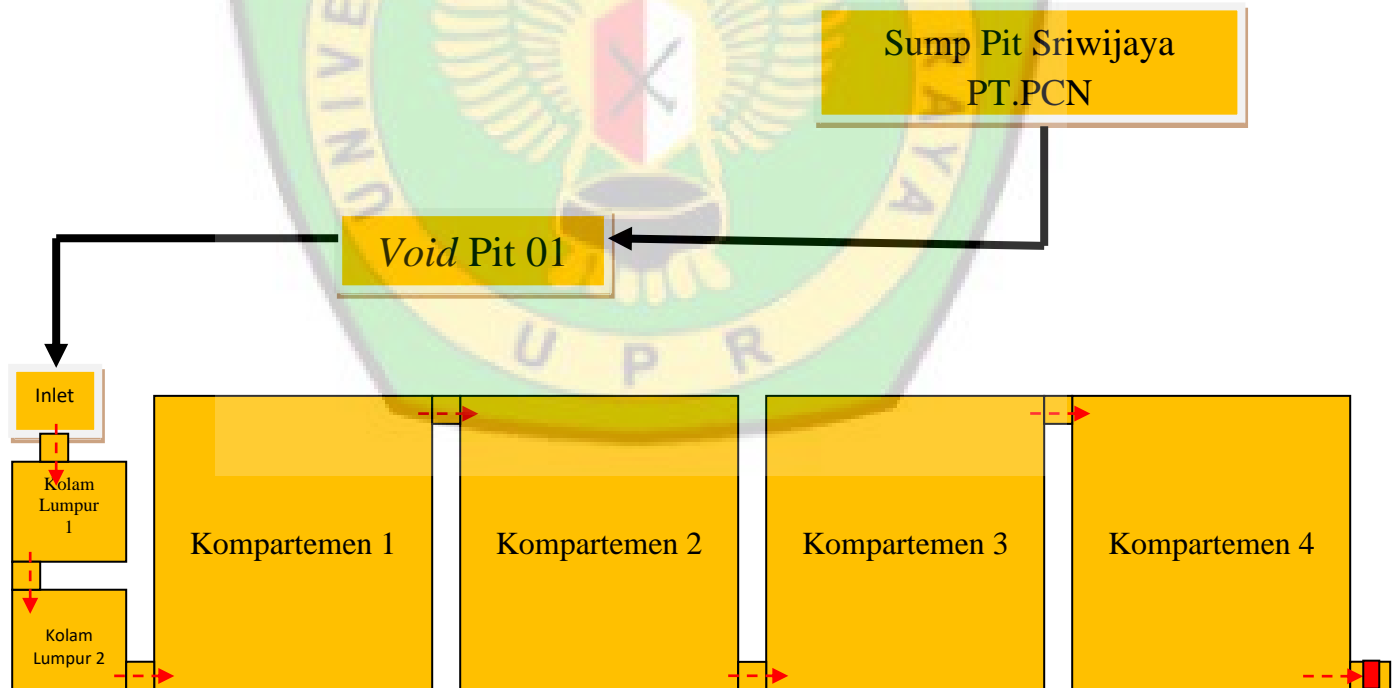
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

4.1.1. Proses Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor

Pengolahan air asam tambang pada PT Prolindo Cipta Nusantara harus dilakukan sebelum air tersebut dibuang ke sungai sehingga nantinya tidak mencemari perairan di sekitar lokasi tambang. Pengolahan ini menggunakan Kapur tohor (CaO). Berikut bagan alir proses dari pengolahan air asam tambang.



Gambar 4.1 Bagan Proses Pengolahan Air Asam Tambang

Keterangan :

1. *void* berfungsi sebagai kolam transit dan penampungan sementara.
2. Inlet berfungsi sebagai blending/pencampuran kapur tohor.
3. Kolam Lumpur 2 – 3 berfungsi sebagai kolam pengendapan lumpur.
4. Kompartemen 1 – 3 berfungsi sebagai kolam pemuai treatment.
5. Kompartemen 4 berfungsi sebagai kolam monitoring.
6. Yang berwarna merah, yaitu *valve*/ pintu air, berfungsi sebagai pengaturan air (apabila sesuai dengan baku mutu *valve* tersebut bisa dibuka, begitu juga sebaliknya apabila air belum sesuai baku mutu *valve* tersebut harus ditutup).



Sumber : Penelitian Tugas Akhir November 2017

Gambar 4.2 Kapur Tohor (CaO)

Proses pengolahan air asam tambang pada PT. PCN ini dilakukan di kolam pengendap lumpur (*Settling Pond*). Kolam kompartemen pertama dan yang kedua berfungsi sebagai *sediment pond* atau pengendapan lumpur

dengan ukuran 8 x 4 meter dengan kedalaman 8 meter, volume $256 \text{ m}^3 \times 2$ kolam. Dan untuk kompartemen *settling pond* terdiri 4 kolam, dengan ukuran

Tabel 4.1

Kompartemen *Settling Pond*

	Ukuran		
	Panjang	Lebar	Kedalaman
Kompartemen 1	19 meter	19 meter	3 meter
Kompartemen 2	19 meter	19 meter	3 meter
Kompartemen 3	19 meter	19 meter	3 meter
Kompartemen 4	19 Meter	19 meter	3 meter

Proses pengolahan air asam tambang di PT. PCN ini yaitu dengan menggunakan proses pengolahan aktif. Proses pengolahan aktif yaitu kapur langsung dicurahkan pada saluran atau aliran kolam pengendap lumpur pertama menuju kolam pengendap lumpur kedua atau dari zona *inlet* menuju zona *treatment*. Pemberian kapur tohor pada zona *inlet* ini dilakukan karena :

1. Air pada zona *inlet* arusnya lebih deras sehingga proses pengapuran bisa lebih merata dan membantu pelarutan kapur dalam air.
2. Pada zona *inlet* sebagai tempat pengadukan air asam tambang dan kapur.
3. Jika dilakukan pengapuran pada zona *outlet* kapur akan langsung terbuang karena terbawa arus air yang keluar menuju sungai.

Proses penetralan dapat mengurangi tingkat keasaman pada air yang terdapat di kolam pengendap lumpur, sehingga jika dibuang kesungai tidak berdampak terhadap lingkungan dan biota perairan lainnya.

4.1.2 Perbandingan Jumlah Kapur dan Air Asam Tambang

Perbandingan terhadap jumlah kapur dan air asam tambang ini bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan proses penetralan. Dari hasil pengujian dengan mengambil sampel air di *Settling pond* pada PT. PCN diperoleh data perubahan pH terhadap dosis kapur yang digunakan (Gambar 4.3). Dosis kapur yang digunakan dapat menaikkan pH air asam tambang di *Settling Pond* dengan pH awal 4 sehingga mencapai nilai pH air yang sesuai dengan baku mutu lingkungan dengan nilai pH 6 adalah kapur dengan dosis 0,2 gr/L. Dari hasil pengujian didapat data pada (Tabel 4.2).



Sumber :Dokumentasi Penelitian November 2017

Gambar 4.3 Pengujian Jumlah Kapur dan Air Asam Tambang

Tabel 4.2

Data Hasil Pengujian Sampel Air Asam Tambang

Sampel Air (L)	1	1	1	1	1	1	1
pH Awal	4	4	4	4	4	4	4
Berat kapur (gr/L)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
pH akhir	5	6	7	8	9	10	11

Diketahui dimensi *Settling pond* dengan dimensi rata-rata dari ke empat zona yaitu 19 meter x 19 meter x 3 meter. Untuk menghitung volume air yang berada di *Settling pond* dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$\text{Volume air} = P \times L \times T$$

Sehingga dapat di hitung :

$$P = 19 \text{ m} = 1.900 \text{ cm}$$

$$L = 19 \text{ m} = 1.900 \text{ cm}$$

$$T = 3 \text{ m} = 300 \text{ cm}$$

$$\text{Dosis Kapur} = 0,2 \text{ gr/L}$$

Penyelesaian : $V \text{ air} = P \times L \times T$

$$V \text{ air} = 1.900 \text{ cm} \times 1.900 \text{ cm} \times 300 \text{ cm}$$

$$V \text{ air} = 1.083.000.000 \text{ cm}^3 = 1.083.000 \text{ dm}^3$$

$$V \text{ air} = 1.083.000 \text{ Liter}$$

$$= 1.083.000 \text{ L} \times 0,2 \text{ gr/L}$$

$$= 216.600 \text{ gr} = 217 \text{ Kg kapur.}$$

Jadi untuk menetralkan air asam yang berada di *Settling pond* dengan volume air 1.083.000 liter menggunakan kapur sebanyak $\pm 217 \text{ Kg}$ atau ± 9 karung kapur (1 karung 25 Kg).

Dari hasil penelitian yang dimulai pada tanggal 13 November – 18 Desember 2017 perhitungan volume air asam di *settling pond* 03 pada saat proses penetralkan diketahui dimensi *Settling Pond* dengan ukuran rata-rata dari ke empat zona yaitu 19 m x 19 m dan dosis kapur yang digunakan untuk menetralkan air asam tambang 0,2 gr/L. Untuk menghitung volume air yang berada di *Settling Pond* dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$V. \text{ air} : P \times L \times \text{Kedalaman air}$$

Sehingga dapat dihitung :

1. Pada tanggal 13 November 2017 diketahui :

$$\begin{aligned} V. \text{ Air} &= 1.900 \text{ cm} \times 1.900 \text{ cm} \times 220 \text{ cm} \\ &= 794.840.000 \text{ cm}^3 \\ &= 794.840 \text{ dm}^3 = 794.840 \text{ L} \\ &= 794.840 \times 0,2 \text{ gr/L} \\ &= 158.840 \text{ gr} = 158,840 \text{ Kg } (\pm 7 \text{ karung kapur}) \end{aligned}$$

2. Pada tanggal 20 November 2017 diketahui :

$$\begin{aligned} V. \text{ Air} &= 1.900 \text{ cm} \times 1.900 \text{ cm} \times 250 \text{ cm} \\ &= 902.500.000 \text{ cm}^3 \\ &= 902.500 \text{ dm}^3 = 902.500 \text{ L} \end{aligned}$$

$$= 902.500 \times 0,2 \text{ gr/L}$$

$$= 180.500 \text{ gr} = 180,5 \text{ Kg } (\pm 8 \text{ karung kapur})$$

3. Pada tanggal 27 November 2017 diketahui :

$$V. \text{ Air} = 1.900 \text{ cm} \times 1.900 \text{ cm} \times 270 \text{ cm}$$

$$= 974.700.000 \text{ cm}^3$$

$$= 974.700 \text{ dm}^3 = 974.700 \text{ L}$$

$$= 974.700 \times 0,2 \text{ gr/L}$$

$$= 194.940 \text{ gr} = 195 \text{ Kg } (\pm 8 \text{ karung kapur})$$

4. Pada tanggal 04 Desember 2017 diketahui :

$$V. \text{ Air} = 1.900 \text{ cm} \times 1.900 \text{ cm} \times 280 \text{ cm}$$

$$= 1.010.800.000 \text{ cm}^3$$

$$= 1.010.800 \text{ dm}^3 = 1.010.800 \text{ L}$$

$$= 1.010.800 \times 0,2 \text{ gr/L}$$

$$= 202.160 \text{ gr} = 202,160 \text{ Kg } (\pm 8 \text{ karung kapur})$$

5. Pada tanggal 11 Desember 2017 diketahui :

$$V. \text{ Air} = 1.900 \text{ cm} \times 1.900 \text{ cm} \times 188 \text{ cm}$$

$$= 678.680.000 \text{ cm}^3$$

$$= 678.680 \text{ dm}^3 = 678.680 \text{ L}$$

$$= 678.680 \times 0,2 \text{ gr/L}$$

$$= 135.736 \text{ gr} = 135.736 \text{ Kg } (\pm 6 \text{ karung kapur})$$

6. Pada tanggal 18 Desember 2017 diketahui :

$$V. \text{ Air} = 1.900 \text{ cm} \times 2.900 \text{ cm} \times 200 \text{ cm}$$

$$= 722.000.000 \text{ cm}^3$$

$$= 722.000 \text{ dm}^3 = 722.000 \text{ L}$$

$$= 722.000 \times 0,2 \text{ gr/L}$$

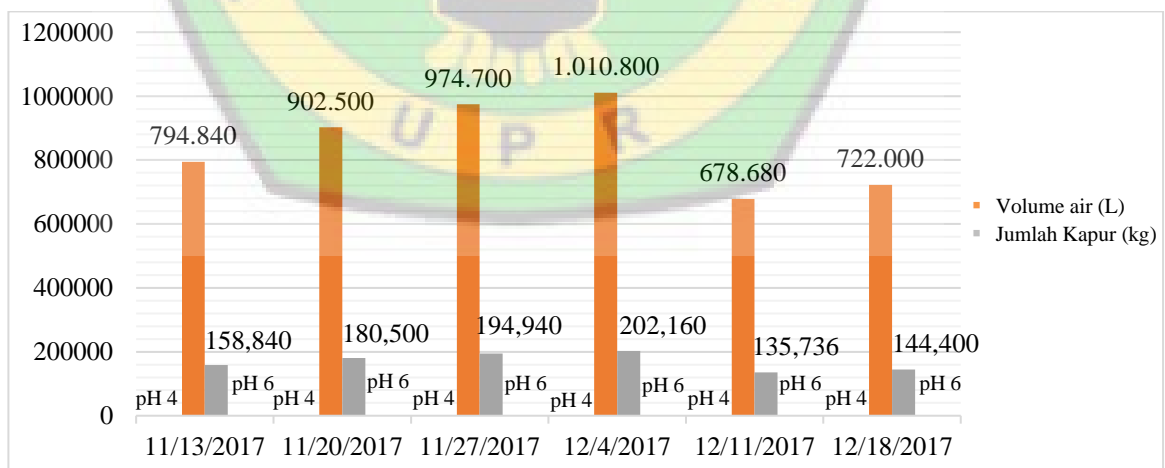
$$= 144.400 \text{ gr} = 144,400 \text{ Kg } (\pm 6 \text{ karung kapur}).$$

Tabel 4.3

Data Pengujian di Saluran *Inlet* dan *Outlet*

No	Tanggal	pH <i>Inlet</i>	Volume air	Jumlah Kapur (Kg)	pH <i>Outlet</i>
1	13-11-2017	4	794.840 L	158,840	6
2	20-11-2017	4	902.500 L	180,500	6
3	27-11-2017	4	974.700 L	194,940	6
4	04-12-2017	4	1.010.800 L	202,160	6
5	11-12-2017	4	678.680 L	135,736	6
6	18-12-2017	4	722.000 L	144,400	6

Sumber: Penelitian Tugas Akhir November 2017



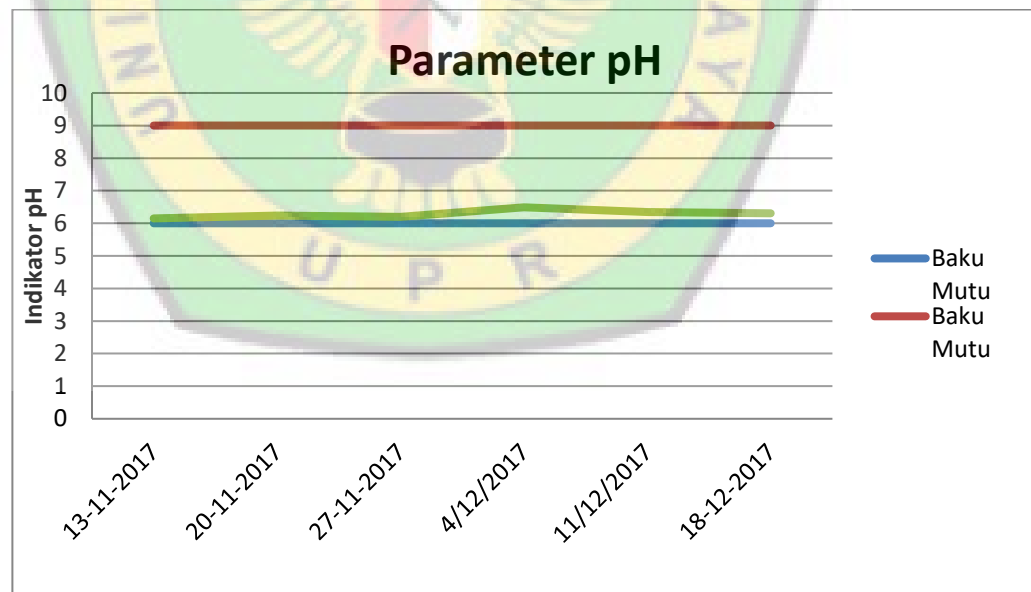
Gambar 4.4 Grafik perbandingan volume AAT dengan jumlah kapur tohor

Dari hasil pengujian laboratorium pada saluran *outlet settling pond 03* dapat dilihat pada tabel dibawah : (lihat juga lampiran E – J)

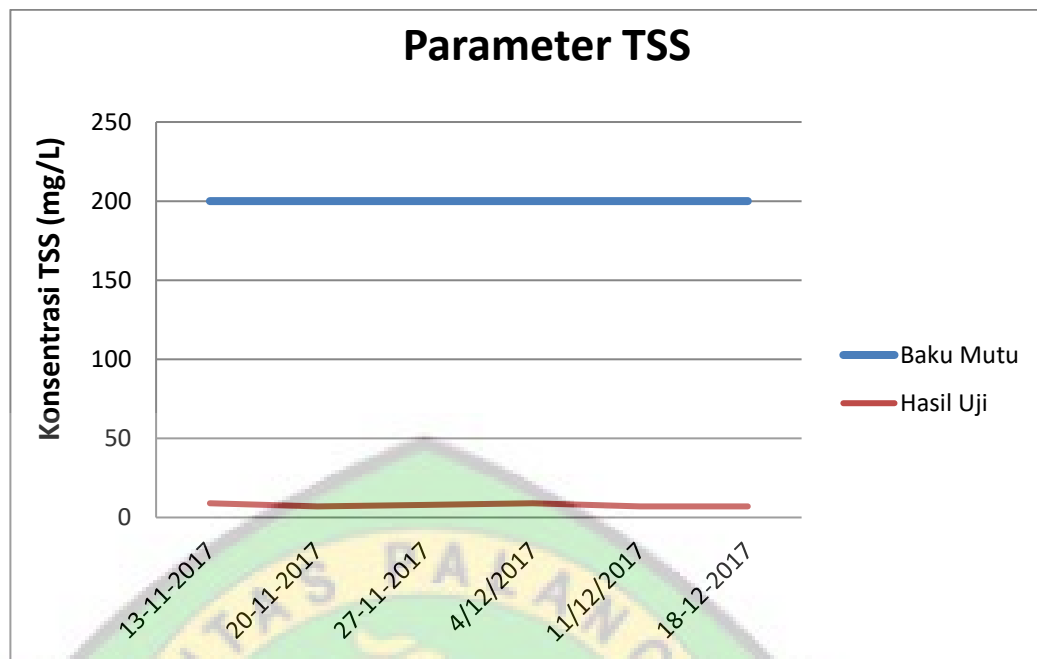
Tabel 4.4

Data Hasil Pengujian Laboratorium

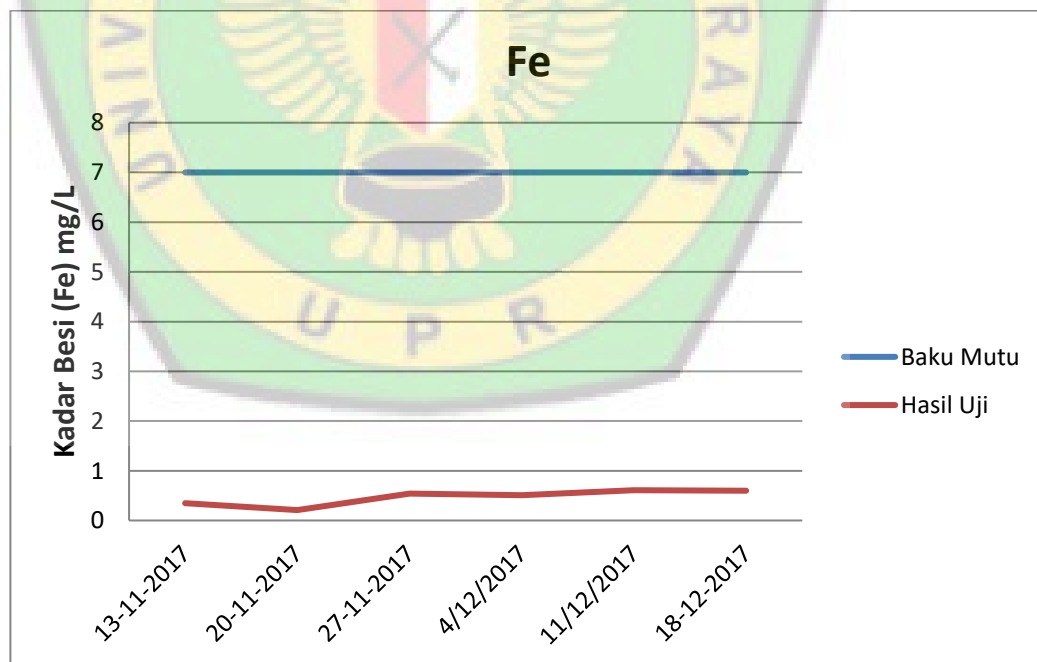
Tanggal	pH	TSS	Fe	mn	Cd
13-11-2017	6,15	9	0,349	0,050	<0,015
20-11-2017	6,24	7	0,209	0,070	<0,005
27-11-2017	6,20	8	0,540	0,069	<0,012
04-12-2017	6,49	9	0,509	0,055	<0,010
11-12-2017	6,35	7	0,609	0,095	<0,010
18-12-2017	6,31	7	0,600	0,047	<0,014



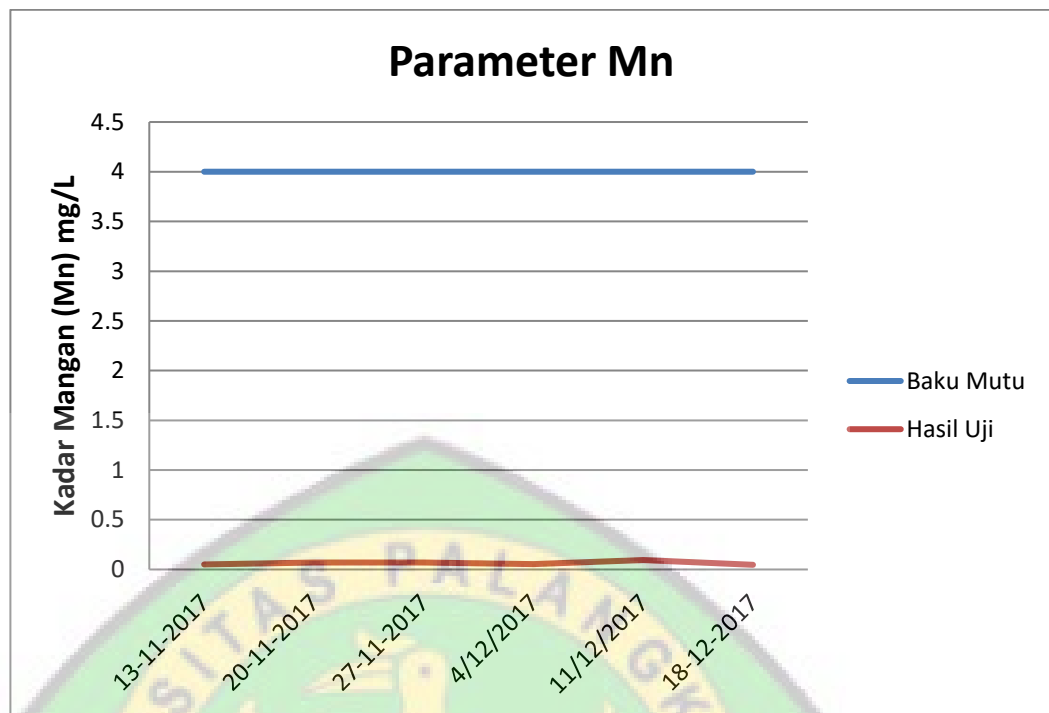
Gambar 4.5 Grafik parameter pH perminggu



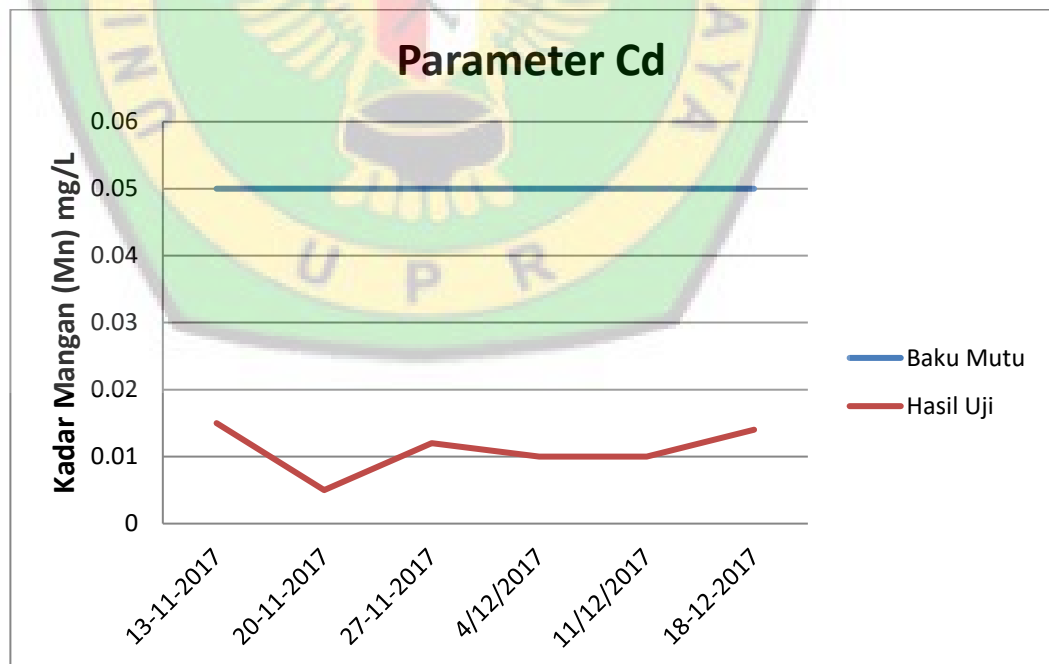
Gambar 4.6 Grafik parameter TSS perminggu



Gambar 4.7 Grafik parameter Fe perminggu



Gambar 4.8 Grafik parameter Mn perminggu



Gambar 4.9 Grafik parameter Cd perminggu

4.2 Pembahasan

4.2.1 Proses Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor

Pengolahan air asam tambang yaitu proses menaikkan nilai pH air yang berada di *settling pond* sehingga sesuai dengan baku mutu lingkungan yang diperoleh. Pada PT. Prolindo Cipta Nusantara penetralan air asam tambang dilakukan oleh pihak manajemen *Health Safety Environment* (HSE).

Penetralan air asam tambang di PT. Prolindo Cipta Nusantara ini menggunakan kapur tohor (CaO). Kapur tohor (CaO) atau dikenal pula dengan nama kimia kalsium oksida adalah batu kapur yang diolah dengan cara dibakar dengan sistem manual, dengan pembakaran lebih dari 900°C. Kapur tohor (berbentuk serbuk/tepung) dicampurkan secara langsung ke air asam di saluran *Settling Pond* atau kolam penampungan air. Proses pengolahan seperti ini adalah pengolahan secara aktif.

Air asam tambang yang masuk kedalam *settling pond* 03 berasal dari air asam tambang dari pit aktif Sriwijaya PT.PCN (lihat lampiran peta), air tersebut di sedot menggunakan pompa 01 dan air dikeluarkan di kolam transit yang disebut *void*, dari *void* disedot kembali dengan menggunakan mesin pompa 02 dan masuk ke dalam *settling pond* 03. Dari pompa 02 mengalir masuk ke *inlet* berfungsi sebagai *blending*/pencampuran kapur tohor mengalir melalui *overflow* melewati kolam 1 dan kolam 2 berfungsi sebagai kolam pengendapan lumpur, mengalir melalui *overflow* melewati kompartemen 1 sampai 3 sebagai kolam pemuai treatment dan kompartemen 4 sebagai kolam monitoring dan *valve*/pintu air, berfungsi

sebagai pengaturan air apabila sesuai dengan baku mutu *valve* tersebut bisa dibuka, begitu juga sebaliknya apabila air belum sesuai baku mutu *valve* tersebut harus ditutup. (Bagan Alir Proses Pengolahan Air Asam Tambang)
Dari *outlet settling pond* air mengalir hingga ke sungai.

Dari hasil penelitian di lapangan pada PT. Prolindo Cipta Nusantara nilai pH air asam tambang yang dibuang kesungai sudah memenuhi standar baku mutu lingkungan yaitu dengan pH 6.

Waktu proses pengolahan air asam tambang lebih diperhatikan. Hal ini dikarenakan air yang keluar dari *Settling pond* dapat terkontrol dengan baik tingkat keasamannya. Sehingga air yang keluar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Waktu pengolahan air asam tambang dibuat jadwal khusus dalam melakukan proses penetralan. Sehingga dapat diketahui dalam satu kali proses pengolahan dapat menetralkan air asam tambang yang berada di *Settling pond* dalam jangka waktu berapa hari.

Hal-hal yang mempengaruhi waktu proses pengolahan air asam tambang antara lain yaitu :

1. Proses pemompaan air yang berada di *Sump* menuju *Settling Pond*.
2. Nilai pH air yang berada di *Settling pond* dibawah standar yaitu dengan nilai $pH < 6$.
3. Jika air asam tambang tersebut akan dibuang ke sungai.
4. Sarana penunjang lainnya seperti kendaraan untuk menuju lokasi *Settling pond* sedang digunakan untuk keperluan lain.

4.2.2 Perbandingan Jumlah Kapur dan Air Asam Tambang

Dari data yang terdapat pada tabel 4.2 dengan sampel 7 jerigen berisi air asam tambang yang diambil dari *inlet* dengan pH 4 yang dimasukkan pada jerigen masing-masing berisi 1 L dan dilakukan penambahan kapur tohor dari 0,1 gr/L – 0,7 gr/L pada setiap jerigen. Terlihat bahwa pada penambahan kapur tohor sebanyak 0,2 gr/L untuk menetralkan 1 L air asam tambang dengan pH 4 didapatkan pH 6. Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat keasaman mengalami penurunan pH normal 6. Sebagai mana kita ketahui jika semakin kecil pH (<6) maka tingkat keasaman meningkat, sedangkan jika semakin tinggi pH (>6) maka karakteristik air akan berubah menjadi basa. Jadi semakin dekat dengan angka normal (pH 6) maka akan semakin baik.

Diketahui dimensi *Settling pond* dengan dimensi rata-rata dari keempat zona yaitu 19 meter x 19 meter x 3 meter. Untuk menghitung volume air asam tambang yang berada di *Settling pond* dapat menggunakan rumus (Volume air = P x L x T) dan didapat hasil volume air 1.083.000 L. Diketahui 1 L air asam tambang dengan pH 4 membutuhkan 0,2 gr/L untuk penetralan. Jadi untuk penetralan 1.083.000 L air asam tambang dibutuhkan kapur sebanyak ± 217 Kg atau ± 9 karung kapur (1 karung 25 Kg).

Dari data pengujian dilapangan pada tabel 4.3 yang diambil permingguan yang dimulai dari tanggal 13 November – 18 Desember 2017 perhitungan volume air pada saat proses penetralan diketahui kedalaman air yang perminggunya berbeda tergantung pada banyak air yang dapat dipompa masuk ke *settling pond* 03. Didapatkan hasil pada tanggal 13 November

dengan volume air 794.840 L pH awal 4 dibutuhkan kapur sebanyak 158,840 kg untuk mendapatkan pH akhir 6. Pada tanggal 20 November dengan volume air 902.500 L pH awal 4 dibutuhkan kapur sebanyak 180,500 kg untuk mendapatkan pH akhir 6. Tanggal 27 November dengan volume air 974.700 L pH awal 4 dibutuhkan kapur sebanyak 194,940 kg untuk mendapatkan pH akhir 6. Tanggal 04 Desember dengan volume air 1.010.800 L pH awal 4 dibutuhkan kapur sebanyak 202,160 kg untuk mendapatkan pH akhir 6. Tanggal 11 Desember dengan volume air 678.680 L 722.000 L pH awal 4 dibutuhkan kapur sebanyak 135,736 kg untuk mendapatkan pH akhir 6. Dan pada tanggal 18 Desember dengan volume air 722.000 L pH awal 4 dibutuhkan kapur sebanyak 144,400 kg untuk mendapatkan pH akhir 6.

Dari hasil pengujian di *Settling Pond* reaksi yang terjadi pada perubahan pH awal sebelum pemberian kapur sehingga mencapai pH akhir atau sesuai dengan standar baku mutu lingkungan 6 yaitu selama 20-60 menit setelah penetralan.

Diketahui Dari hasil pengujian laboratorium pada saluran *outlet settling pond* 03 pada tabel 4.4 ditunjukkan nilai pH , TSS, Fe, Mn dan Cd masih dalam syarat baku mutu air untuk kegiatan penambangan batubara. Nilai pH yang didapat dilapangan dibanding dengan hasil uji laboratorium hampir sama yaitu pH 6. Karena pada pengujian dilapangan menggunakan kertas lakmus jadi nilai pH yang ditunjukkan hanya skala secara sistematis dengan nomor 0-14. Tidak seperti hasil dari pengujian laboratorium yang menunjukkan nilai pH yang lebih akurat dibanding dengan lakmus.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Proses pengolahan air asam tambang yang dilakukan pada PT. Prolindo Cipta Nusantara yaitu menggunakan kapur tohor (CaO) dengan pengolahan aktif. Air asam tambang yang masuk kedalam *settling pond* 03 berasal dari air asam tambang dari pit aktif Sriwijaya PT.PCN, air tersebut di sedot menggunakan pompa 01 dan air dikeluarkan di kolam transit yang disebut *void*, dari *void* disedot kembali dengan menggunakan mesin pompa 02 dan masuk ke dalam *settling pond* 03. Dari pompa 02 mengalir masuk ke *inlet* berfungsi sebagai *blending*/pencampuran kapur tohor mengalir melalui *overflow* melewati kolam 1 dan kolam 2 berfungsi sebagai kolam pengendapan lumpur, mengalir melalui *overflow* melewati kompartemen 1 sampai 3 sebagai kolam pemuai treatment dan kompartemen 4 sebagai kolam monitoring dan *valve*/pintu air, berfungsi sebagai pengaturan air apabila sesuai dengan baku mutu *valve* tersebut bisa dibuka, begitu juga sebaliknya apabila air belum sesuai baku mutu *valve* tersebut harus ditutup. Dari *outlet settling pond* air mengalir hingga ke sungai.

2. Dari hasil pengujian terhadap 1 liter air asam tambang dengan pH awal 4 maka setelah diberi kapur dengan dosis 0,2 gr/L maka nilai pH air asam tersebut menjadi 6 dan nilai ini telah memenuhi standar baku mutu lingkungan. Dan dari hasil perhitungan untuk menetralkan air asam pada *Settling pond* dengan volume air $\pm 1.083.000$ liter menggunakan kapur sebanyak ± 217 kg kapur atau ± 9 karung kapur (1 Karung 25kg).

5.2 Saran

Dari hasil pembahasan, penulis memberikan saran untuk perusahaan yaitu sebagai berikut :

1. Dalam mengukur tingkat keasaman air sebaiknya harus menggunakan pH meter karena hasil yang diperoleh akan lebih akurat, daripada menggunakan lakmus.
2. Segera lakukan penutupan pada lahan bekas penambangan menggunakan batuan penutup dan *top soil* agar terbentuknya air asam tambang dapat dicegah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Munawar, 2007. Pengendalian aktif Air Asam Tambang .Jurnal Buku Ilmu Tanah Lingkungan Vol. 7 no.1 (2007)
- Chaney RL, Brown SL, Li Ym, Angle Js, Homer F, Green C. 1995. Potetial use of metals hyperaccumulators. *Mining Enviro Management* 3(3) : 9 – 11
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta
- Gautama, Rudy S. 2012. *Pelatihan Pengelolaan Air Asam Tambang*. Yogyakarta
- Hartono. 2013. *Kuliah Sistem Pengaliran Tambang*. Yogyakarta : UPN Vetran
- Hedin, R.S., R.W Nairn, Dan R.I.P. Kleinmann.1994. *Active Treatment of Coal Mine Drainage*. U.S. Bureau of Mines Information Circular IC 9389.
- Kadlec R. H. dan R. L. Knight. 1996. *Treatment Settling Pond*. CRC Press LLC. Florida
- Keputusan Mentri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan / atau Kegiatan Pertambangan Batubara.
- Lilly, R., and P. Ziemkiewicz. 1992. *Manganese removal at a lower ph with calciumperoxide result of field trials*. In proceeding, thirteenth annual west Virginia surface.
- Miller, S.D. 1995. *Geochemical indicators of sulphide oxidation and acid generation in the field*. Second Australian acid mine drainage workshop.
- Skousen, J.G., and P.F. Ziemkiewicz. 1996. *Acid mine drainage control and treatment*. West Virginia University, Morgan Town, WV.356 pp.
- Stumm, W., and J.J Moergan. 1996. *Aquatic Chemistry and introduction emphasizing chemical equillbria in natural water*. 3rd Ed. John Wiley and sons. New York.
- Ziemkiewicz, P.F., J.G. Skousen, and R. Lovett 1994.*Open Limestone Channels For Treating Acid Mine Drainage*. A new look at an old idea. *Greenland* 24(4) : 36 – 41
- Zipper, C dan C, Jage. 2002. *Active Treatment of Acid-Mine Drainage with Vertikal Flow Sistems*. *Reclamation Guidelines*. Powel River Project.