

**USULAN PERBAIKAN SISTEM PENGOLAHAN AIR
ASAM TAMBANG MENGGUNAKAN *LIFE CYCLE*
*ASSESSMENT***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar
Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh :

Nama : Rahmah Fitri'aini Shafira

NPM : 2013610165



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2018**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Rahmah Fitri'aini Shafira
NPM : 2013610165
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : USULAN PERBAIKAN SISTEM PENGOLAHAN
AIR ASAM TAMBANG MENGGUNAKAN
LIFE CYCLE ASSESSMENT

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Agustus 2018

**Ketua Program Studi
Teknik Industri**

(Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.)

Pembimbing

(Catharina Badra Nawangpalupi, Ph.D)



Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan



Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Rahmah Fitri'aini Shafira

NPM : 2013610165

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan judul :

**"USULAN PERBAIKAN SISTEM PENGOLAHAN AIR ASAM TAMBANG
MENGUNAKAN *LIFE CYCLE ASSESSMENT*"**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung, Agustus 2018

Rahmah Fitri'aini Shafira

NPM : 2013610165

ABSTRAK

Salah satu isu lingkungan penting pada penambangan batu bara adalah pembentukan air asam tambang. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pengolahan air asam tambang. Saat ini, PT X mengaplikasikan pengolahan air asam tambang secara aktif dengan metode pemberian kapur, namun sistem pengolahan secara aktif dianggap memiliki dampak lingkungan yang tinggi akibat penggunaan bahan kimia dan energi yang besar. Oleh karena itu, sistem pengolahan secara pasif menjadi alternatif yang menarik karena dampak lingkungan yang dihasilkan lebih kecil. *Successive alkalinity producing system* (SAPS) merupakan metode pengolahan secara pasif yang diusulkan kepada PT X. Namun, belum dapat dibuktikan apakah dampak lingkungan yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan sistem pengolahan saat ini. *Life cycle assessment* (LCA) merupakan alat analisis dampak lingkungan yang dapat mengevaluasi dampak lingkungan untuk kedua sistem pengolahan air asam tambang tersebut. Dalam penelitian ini, dilakukan simulasi sistem pengolahan saat ini dan uji kolom usulan perbaikan sistem pengolahan untuk melihat apakah performansi telah sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan. Perancangan usulan perbaikan sistem pengolahan air asam tambang dilakukan berdasarkan faktor desain yang dikembangkan dari hasil uji kolom usulan pengolahan. Setelah itu, tahapan LCA dilakukan yang terdiri dari pendefinisian tujuan dan batasan sistem, *life cycle inventory* (LCI), *life cycle impact assessment* (LCIA) dan interpretasi hasil. Penilaian dampak lingkungan dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu ReCiPe 2016 dan Eco-indicator 99. Hasil penilaian dampak lingkungan menunjukkan bahwa usulan perbaikan sistem pengolahan air asam tambang memiliki dampak lingkungan yang lebih kecil, yaitu nilai *single score* sebesar 0,0541 Pt, dibandingkan dengan sistem pengolahan air asam tambang saat ini yang memiliki nilai *single score* sebesar 0,4249 Pt.

ABSTRACT

One of the important environmental issues in coal mining is the formation of acid mine water. Efforts that can be done is to do the acid mine drainage (AMD) treatment. Currently, PT X applies passive AMD treatment by lime method, but active treatment is considered to have a high environmental impact due to the use of large chemicals and energy. Therefore, passive treatment system becomes an attractive alternative because the resulting environmental impact is smaller. Successive alkalinity producing system (SAPS) is a method of passive treatment which proposed to PT X. However, it has not been proven whether the environmental impact is smaller than the current treatment. Life cycle assessment (LCA) is an analytical tool for environmental impact for both AMD treatment system. In this research, simulation of current treatment system is done and column test of proposed treatment system is done to see if the performance has been in accordance with the standard of specified quality. The design of the proposed AMD treatment is based on the design factors developed from the results of the proposed treatment column test. After that, the LCA stages are carried out which are consisting of defining objectives and boundary system, life cycle inventory (LCI), life cycle impact assessment (LCIA) and interpretation of results. The environmental impact assessment uses two methods, namely ReCiPe 2016 and Eco-indicator 99. The results of the environmental impact assessment show that the proposed AMD treatment has a smaller environmental impact, with single score of 0.0541 Pt, compared with the current AMD treatment having a single score of 0.4249 Pt.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Usulan Perbaikan Sistem Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan *Life Cycle Assessment*”. Penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Skripsi ini dapat diselesaikan tidak terlepas dari bantuan, dukungan dan arahan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Catharina Badra Nawangpalupi, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan dan meluangkan waktu bagi penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
2. Bapak Romy Loice, S.T., M.T., selaku dosen penguji proposal dan sidang skripsi atas masukan, komentar, pertanyaan dan bimbingan yang diberikan.
3. Ibu Cindy Marika Amalia Wibowo, S.T., M.T., selaku dosen penguji proposal skripsi yang telah memberikan masukan dan komentar untuk menyusun skripsi.
4. Ibu Yani Herawati, S.T., M.T., selaku dosen penguji sidang skripsi yang telah memberikan masukan dan arahan dalam melengkapi penyusunan skripsi.
5. Bapak Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M., selaku Koordinator Skripsi dan Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan arahan dalam melaksanakan skripsi.
6. Bapak Dadang, Ibu Susi dan Bapak Aldi yang telah memberikan waktu untuk berdiskusi dan membantu penulis dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi ini.

7. Orang tua dan saudara penulis yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan kepada penulis dari awal perkuliahan sampai penyelesaian skripsi.
8. Sharfina dan Lucy, yang telah menemani dan memberikan semangat selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan, saran dan bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis berharap agar penelitian ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan bagi pihak-pihak yang terlibat. Saran dan kritik diharapkan dari pembaca agar penelitian serupa atau selanjutnya dapat lebih baik. Sekali lagi penulis mengucapkan terima kasih bagi seluruh pihak yang mendukung penyusunan skripsi ini.

Bandung, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR PERSAMAAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah	I-1
I.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	I-3
I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi.....	I-7
I.4 Tujuan Penelitian	I-7
I.5 Manfaat Penelitian	I-7
I.6 Metodologi Penelitian.....	I-8
I.7 Sistematika Penulisan.....	I-11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Waste (Limbah).....	II-1
II.2 Air Asam Tambang	II-2
II.3 Ekologi Industri	II-4
II.4 <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA).....	II-6
II.5 <i>Streamlined</i> LCA.....	II-8
II.6 ReCiPe	II-9
II.7 Eco-indicator 99	II-11
II.8 Perhitungan Rancangan	II-12
BAB III EVALUASI DAN RANCANGAN SISTEM PENGOLAHAN	III-1
III.1 Karakteristik Air Asam Tambang.....	III-1
III.2 Simulasi Sistem Pengolahan Air Asam Tambang Saat Ini	III-1
III.3 Sistem Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode SAPS	III-5

III.3.1 Pemilihan Komposisi SAPS.....	III-7
III.4 Perbandingan Hasil Pengujian Kualitas Air Olahan	III-9
III.4.1 Kualitas Air Asam Tambang dengan Metode Pemberian Kapur	III-10
III.4.2 Kualitas Air Asam Tambang dengan Metode Pemberian SAPS	III-10
III.5 Metode <i>Streamlined</i> LCA	III-11
III.5.1 Tujuan dan Batasan Sistem	III-12
III.5.1 <i>Functional Unit</i>	III-13
III.6 Fasilitas Sistem Pengolahan	III-13
III.6.1 Fasilitas Pengolahan Air Asam Tambang Saat Ini	III-13
III.6.2 Fasilitas Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode SAPS	III-16
III.6.3 Tujuan dan Batasan Sistem	III-13
III.7 Skenario Pengolahan.....	III-22
III.8 <i>Life Cycle Impact Assessment</i>	III-26
III.8.1 Pendekatan <i>Midpoint</i>	III-26
III.8.1 Pendekatan <i>Endpoint</i>	III-32
III.9 Perbandingan Biaya Kontruksi dan Operasional pada Kedua Sistem Pengolahan Air Asam Tambang.....	III-37
BAB IV ANALISIS	IV-1
IV.1 Analisis Pemantauan dan Simulasi Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode Pemberian Kapur.....	IV-1
IV.2 Analisis Uji Kolom Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode SAPS	IV-2
IV.3 Analisis Hasil Pengujian Kualitas Air Olahan.....	IV-3
IV.4 Analisis Metode LCA.....	IV-4
IV.5 Analisis Rancangan Fasilitas Pengolahan.....	IV-5
IV.6 Analisis Dampak Lingkungan Sistem Pengolahan Air Asam Tambang Metode Pemberian Kapur	IV-5
IV.7 Analisis Dampak Lingkungan Sistem Pengolahan Air Asam Tambang Metode SAPS	IV-6
IV.8 Analisis Perbandingan Dampak Lingkungan Antara Sistem Pengolahan Air Asam Tambang Metode Pemberian Kapur	

dan Metode SAPS	IV-7
IV.9 Analisis Metode ReCiPe 2016 dan Eco-indicator 99	IV-8
IV.10 Analisis Perbandingan Biaya Konstruksi dan Operasional Antara Sistem Pengolahan Air Asam Tambang Metode Pemberian Kapur dan Metode SAPS	IV-9
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	IV-1
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Kategori Sampah Berdasarkan <i>European Council</i> (EU)	II-1
Tabel III.1	Nilai Rata-Rata Pengukuran Selama Periode Pemantauan dan Ambang Batas Air Asam Tambang.....	III-1
Tabel III.2	Komposisi Perangkat Simulasi Pengolahan dengan Kapur	III-4
Tabel III.3	Komposisi Kolom Pengujian.....	III-8
Tabel III.4	Karakteristik Air Asam Tambang <i>Influent</i> dan <i>Effluent</i> pada Simulasi dengan Metode Pemberian Kapur	III-10
Tabel III.5	Hasil Pengujian Kualitas Air Asam Tambang <i>Effluent</i> dengan Metode SAPS.....	III-11
Tabel III.6	Tingkat Penghilangan Asam.....	III-11
Tabel III.7	Perbandingan Kualitas Air Asam Tambang <i>Effluent</i> Metode Pemberian Kapur dan Metode SAPS	III-11
Tabel III.8	Jumlah <i>Precipitate</i> Senyawa Logam Berat Hidroksida	III-19
Tabel III.9	Rangkuman <i>Inventory</i> untuk Sistem Pengolahan Air Asam Tambang.....	III-25
Tabel III.10	Daftar Singkatan untuk Pendekatan <i>Midpoint</i> ReCiPe.....	III-26
Tabel III.11	Ringkasan Hasil Dampak Lingkungan Metode ReCiPe <i>Midpoint</i>	III-29
Tabel III.12	Ringkasan Hasil Dampak Lingkungan Metode Eco-indicator 99 <i>Midpoint</i>	III-32
Tabel III.13	Ringkasan Hasil Dampak Lingkungan Metode ReCiPe <i>Endpoint</i>	III-34
Tabel III.14	<i>Single Score</i> pada Metode Eco-indicator 99 <i>Endpoint</i>	III-36
Tabel III.15	Ringkasan Hasil Dampak Lingkungan Metode ReCiPe <i>Endpoint</i>	III-37
Tabel III.16	Perhitungan Biaya Konstruksi dan Operasional (juta/tahun).....	III-37
Tabel III.17	Biaya Pengolahan SAPS Tanpa Pengurangan Tenaga Kerja ...	III-38

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	Lokasi <i>Upper Pond</i> dan <i>Settling Pond</i>	I-3
Gambar I.2	<i>Flowchart</i> Proses Pengolahan Air Asam Tambang	I-4
Gambar I.3	Lokasi Pemberian Kapur dan Gudang Kapur	I-4
Gambar I.4	Metodologi Penelitian	I-9
Gambar II. 1	Gambaran dan Hubungan Antara Konsep, Alat dan Pendekatan terhadap Pertanyaan Lingkungan.....	II-6
Gambar II.2	Fase Utama pada Siklus Hidup Produk dan Interaksinya dengan <i>Ecosphere</i>	II-7
Gambar II. 3	Gambaran Umum pada Kategori Dampak dalam Metode ReCiPe 2016	II-10
Gambar II. 4	Kategori Dampak dan Jalur yang Dicakup Oleh Metodologi Eco-indikator 99	II-12
Gambar II. 5	Frustum Piramida.....	II-13
Gambar III.1	Peralatan (a) Reaktor Simulasi dan (b) Pompa Peristaltik	III-2
Gambar III.2	Proses Perakitan Reaktor Simulasi	III-3
Gambar III.3	Keseluruhan Pemasangan Alat Simulasi	III-4
Gambar III.4	Diagram Proses Simulasi	III-5
Gambar III.5	<i>Flowchart</i> dalam Memilih Pengolahan Secara Pasif	III-6
Gambar III.6	Kapur (a) dan Kompos (b) yang Digunakan pada Pengujian.....	III-7
Gambar III.7	Diagram Proses Pengujian (a) Set A dan (b) Set B.....	III-8
Gambar III.8	Keseluruhan Pemasangan Peralatan Pengujian	III-9
Gambar III.9	<i>Inductively Coupled Plasma Spectrometer</i>	III-9
Gambar III.10	<i>Flowchart</i> Batasan Sistem.....	III-12
Gambar III.11	Tata Letak Kolam Pengolahan dengan Metode Pemberian Kapur	III-14
Gambar III.12	Tata Letak Saluran Air Pengolahan dengan Metode Kapur.....	III-15
Gambar III.13	Rancangan Tata Letak Fasilitas Pengolahan SAPS Tampak Atas	III-16
Gambar III.14	Kolam SAPS Tampak Samping.....	III-18
Gambar III.15	Sistem pada Kolam SAPS.....	III-19

Gambar III.16 Rancangan Saluran Air Pengolahan Metode SAPS	III-21
Gambar III.17 <i>Flowchart</i> LCI Sistem Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode Pemberian Kapur.....	III-23
Gambar III.18 <i>Flowchart</i> LCI Sistem Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode SAPS.....	III-24
Gambar III.19 Diagram Penilaian Dampak Lingkungan Metode ReCiPe <i>Midpoint</i> untuk Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode Pemberian Kapur	III-27
Gambar III.20 Diagram Penilaian Dampak Lingkungan Metode ReCiPe <i>Midpoint</i> untuk Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode SAPS	III-28
Gambar III.21 Diagram Perbandingan Penilaian Dampak Lingkungan Metode ReCiPe <i>Midpoint</i> pada Sistem Pengolahan.....	III-29
Gambar III.22 Diagram Penilaian Dampak Lingkungan Metode Eco-indicator 99 <i>Midpoint</i> untuk Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode Kapur.....	III-30
Gambar III.23 Diagram Penilaian Dampak Lingkungan Metode Eco-indicator 99 <i>Midpoint</i> untuk Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode SAPS.....	III-31
Gambar III.24 Diagram Perbandingan Penilaian Dampak Lingkungan Metode Eco-indicator 99 <i>Midpoint</i> pada Sistem Pengolahan...	III-31
Gambar III.25 Hasil Penilaian Dampak Lingkungan Metode ReCiPe <i>Endpoint</i> untuk Pengolahan Air Asam Tambang	III-33
Gambar III.26 Hasil Perbandingan Penilaian Dampak Lingkungan Metode ReCiPe <i>Endpoint</i>	III-34
Gambar III.27 Hasil Penilaian Dampak Lingkungan Metode Eco-indicator <i>Endpoint</i> untuk Pengolahan Air Asam Tambang (a) Metode Kapur dan (b) Metode SAPS	III-35
Gambar III.28 <i>Network Single Score</i> pada Metode Eco-indicator 99 <i>Endpoint</i> untuk Pengolahan Air Asam Tambang (a) Metode Kapur dan (b) Metode SAPS	III-35
Gambar III.29 Hasil Perbandingan Penilaian Dampak Lingkungan Metode Eco-indicator 99 <i>Endpoint</i>	III-37

DAFTAR PERSAMAAN

Pers.II.1	II-12
Pers.II.2	II-13
Pers.II.3	II-13
Pers.II.4	II-13
Pers.III.1	III-19
Pers.III.2	III-20
Pers.III.3	III-20

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A *NETWORK* PENILAIAN DAMPAK LINGKUNGAN

LAMPIRAN B PENILAIAN DAMPAK LINGKUNGAN

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, identifikasi dan rumusan masalah dalam penelitian. Selain itu, dijelaskan juga mengenai batasan, asumsi, tujuan, manfaat, metodologi penelitian dan sistematika penulisan yang dilakukan pada penelitian mengenai usulan perbaikan sistem pengolahan air asam tambang menggunakan *life cycle assessment*.

I.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia menempati peringkat kelima sebagai produsen batu bara terbesar di dunia (IEA, 2017). Cadangan batu bara di Indonesia tersebar di beberapa wilayah, secara berturut-turut dari yang terbesar, antara lain Pulau Kalimantan, Sumatera, Jawa, Sulawesi, Maluku dan Papua (CMCT dalam Suseno, Jafril, Wibowo dan Sabur, 2009). Negara-negara di kawasan Asia merupakan wilayah terbesar tujuan ekspor batu bara Indonesia (Suseno et al., 2009). Berdasarkan hasil wawancara, kegiatan yang perlu dilakukan hingga batu bara dapat diambil adalah melakukan pembersihan lahan, pengupasan tanah pucuk, penggalian tanah penutup, pengangkutan *overburden*, dan kemudian baru dapat dilakukan penggalian dan pengangkutan batu bara. Metode pertambangan batu bara yang diterapkan tersebut merupakan metode tambang terbuka (*open mining*).

Penambangan batu bara pada umumnya dilakukan secara tambang terbuka. Secara umum menimbulkan kerusakan pada permukaan bumi, yaitu berdampak terhadap perubahan bentang alam, sifat fisik, kimia, dan biologis tanah. Dampak ini secara otomatis akan mengganggu ekosistem di atasnya, termasuk tata air (Subardja dalam Hidayat, 2017).

Salah satu isu lingkungan dengan menggunakan metode tambang terbuka adalah terbentuknya air asam tambang. Pembentukan air asam tambang terjadi karena adanya mineral sulfida yang terekspos akibat kegiatan penggalian dan penimbunan batuan penutup. Mineral sulfida merupakan mineral yang secara alami terbentuk dan terkandung dalam batuan. Pirit merupakan salah satu

mineral sulfida utama yang sering ditemukan di area pertambangan batu bara. Mineral sulfida tersebut akan mengalami kontak dengan oksigen dan air hujan yang menyebabkan peningkatan keasaman pada air. Hal tersebut ditandai dengan rendahnya nilai pH pada air. Selain itu, ada peningkatan terhadap konsentrasi logam-logam terlarut saat pembentukan air asam tambang (Abfertiawan, 2016). Apabila dibiarkan maka air asam tambang akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar penambangan. Air asam tambang dapat mencemari perairan dan lahan di sekitarnya. *Pit* penambangan merupakan daerah yang tidak dapat dihindari dari potensi pembentukan air asam tambang yang berasal dari batuan pada dinding *pit* (Abfertiawan, 2016). Oleh karena itu, upaya yang dapat dilakukan hanyalah dengan melakukan pengolahan air asam tambang.

PT X merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam pertambangan batu bara. Lokasi pertambangan batu bara yang dimiliki oleh PT X terletak di Pulau Kalimantan. Wilayah pertambangan PT X terbagi menjadi tiga wilayah. Blok Sungai Merdeka merupakan wilayah pertambangan PT X yang telah selesai ditambang. PT X memiliki tanggung jawab dalam mengelola lingkungan pertambangan setelah kegiatan penggalian batu bara selesai dilakukan. Salah satu pengelolaan yang perlu dilakukan adalah mengolah air asam tambang yang terbentuk. Perusahaan memiliki kewajiban dalam melaporkan kualitas air hasil dari pengolahan air asam tambang. Pengecekan kualitas air dilakukan minimal satu bulan sekali dan laporan kualitas air minimal dikirimkan tiga bulan sekali. Aturan tersebut berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (Kepmen LH) Nomor 113 Tahun 2003 mengenai baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan pertambangan batu bara.

Saat ini, PT X telah menjalankan rencana sementara dalam proses pengolahan air asam tambang. Metode pengolahan air asam tambang saat ini adalah dengan menerapkan metode pengolahan secara aktif, yaitu dengan memberikan bahan kimia secara terus-menerus dalam mengolah air asam tambang. Bahan kimia yang digunakan adalah kapur (kalsium karbonat dengan konsentrasi minimal 90%) dalam bentuk bubuk. Hasil dari pengolahan air asam tambang dapat dilepas kembali ke alam apabila kualitas air telah sesuai dengan standar kualitas air berdasarkan Kepmen LH Nomor 13 Tahun 2003.

Berdasarkan pemantauan dan wawancara, keseluruhan hasil olahan air asam tambang telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh pemerintah.

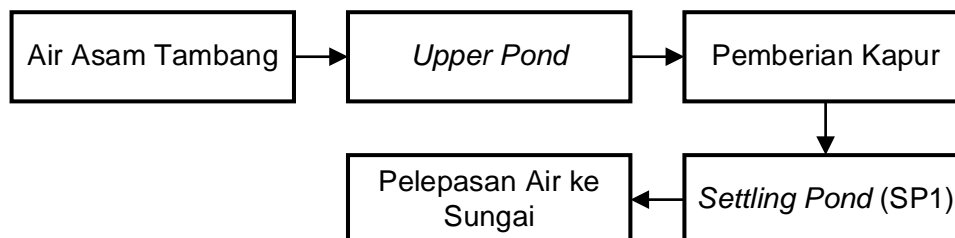
I.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, diketahui bahwa penting untuk melakukan pengolahan air asam tambang namun pengujian akan dampak lingkungan yang dihasilkan selama proses pengolahan air asam tambang berlangsung belum dilakukan. Oleh karena itu, dilakukan peninjauan lebih dalam mengenai proses pengolahan air asam tambang saat ini untuk memahami bagaimana pengolahan air asam tambang berjalan. Wilayah Blok Sungai Merdeka Sektor 1 dapat dilihat pada Gambar I.1. Pengolahan air asam tambang pada PT X bertujuan untuk mengolah air asam tambang yang terbentuk setelah kegiatan pertambangan selesai. Saat ini, pengolahan air asam tambang menggunakan metode pengolahan secara aktif, yaitu menambahkan bahan kimia secara terus-menerus dalam proses pengolahannya. Pada proses pengolahan air asam tambang di PT X, air asam tambang ditampung sementara di kolam penampungan atau *upper pound*. Hal ini dilakukan untuk dapat mengatur jumlah air asam tambang yang masuk ke kolam pengendapan atau *settling pound* (SP1). Lokasi *upper pound* dan SP1 dapat dilihat pada Gambar I.1. Air asam tambang akan dialirkan ke SP1 melalui jalur dan pipa yang telah disediakan oleh perusahaan.



Gambar I.1 Lokasi *Upper Pond* dan *Settling Pond*

Sebelum air asam tambang memasuki SP1, dilakukan proses pemberian bahan kimia, yaitu kapur. *Flowchart* untuk proses pengolahan air asam tambang dapat dilihat pada Gambar I.2. Berdasarkan hasil wawancara, metode ini dipilih karena merupakan salah satu metode paling sederhana dalam mengolah air asam tambang serta kapur dapat diperoleh dengan mudah di Indonesia. Kapur diberikan dengan tujuan untuk menaikkan pH air serta menurunkan beberapa kandungan logam terlarut pada air asam tambang.



Gambar I.2 *Flowchart* Proses Pengolahan Air Asam Tambang

Pengelolaan dalam pengolahan air asam tambang dengan metode pemberian kapur memerlukan pengawasan dan pemberian kapur secara rutin. Perubahan pada kecepatan aliran laju air yang masuk ke dalam *upper pond* ataupun SP1 sangat dipengaruhi oleh curah hujan. Keadaan cuaca akan

mempengaruhi kondisi laju alir air. Apabila terjadi hujan deras maka laju air mengalami peningkatan drastis. Adanya fenomena tersebut membuat perusahaan merancang dua kolam pada *upper pond* dan tiga kolam pengolahan pada SP1. Letak gudang kapur dengan tempat pemberian kapur memiliki jarak yang dekat. Lokasi pemberian kapur serta gudang kapur dapat dilihat pada Gambar I.3.



Gambar I.3 Lokasi Pemberian Kapur dan Gudang Kapur

Pengolahan air asam tambang terbagi menjadi dua, yaitu pengolahan secara aktif dan pengolahan secara pasif. Proses pengolahan air asam tambang secara aktif biasanya melibatkan penambahan bahan kimia seperti kapur tohor (CaO) atau kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang dibuat ke dalam *slurry*, untuk menetralisasi keasaman dan membantu menghasilkan pengendapan logam. Cara pengolahan secara aktif telah terbukti dan dapat diandalkan, namun energi yang tinggi serta penggunaan bahan kimia yang besar menyebabkan total dampak lingkungan yang tinggi juga (Younger, Banwart dan Hedin, 2002). Oleh karena itu, pengolahan secara pasif menjadi alternatif yang menarik. Hal ini karena dalam mengolah air asam tambang tidak dibutuhkan penambahan bahan kimia secara terus-menerus dan dapat beroperasi secara keberlanjutan dengan menggunakan proses biokimia yang merupakan bagian dari rekayasa bioproses. Bioproses merupakan sistem kehidupan organisme yang dapat berhubungan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan dengan ahli lingkungan dalam pengolahan air asam tambang, salah satu pengolahan air asam tambang secara pasif adalah metode *Successive Alkalinity Producing System* (SAPS). Solusi ini didapat berdasarkan hasil seleksi teknik pengolahan air asam tambang berdasarkan data hasil pemantauan awal terhadap

pengolahan air asam tambang saat ini di PT X. Pengolahan air asam tambang dengan metode SAPS terdiri dari sebuah struktur, yaitu substansi alkali dan material organik. Kapur sering digunakan sebagai substansi alkali dan kompos sebagai material organik. Metode ini diindikasikan dapat mengolah asam tambang sesuai dengan persyaratan standar kualitas air dengan sumber daya atau material yang lebih sedikit dibandingkan pengolahan air asam tambang secara aktif (metode pemberian kapur). SAPS akan lebih efisien apabila pengaplikasiannya dikombinasikan dengan kolam pengendapan atau lahan basah (Machado et al., 2007). Namun, metode ini tidak bisa langsung diterapkan. Penelitian dan pengujian perlu dilakukan untuk mendapatkan komposisi material yang sesuai untuk dapat mengolah air asam tambang di PT X. Hal tersebut karena faktor lingkungan serta kondisi kandungan air asam tambang yang berbeda dapat mempengaruhi keberhasilan dalam mengolah air asam tambang dari metode tersebut.

Metode SAPS diharapkan mampu menghasilkan keluaran air asam tambang dengan kualitas yang stabil dan sama atau lebih baik dibandingkan metode pemberian kapur. Kualitas yang stabil dapat diartikan bahwa keluaran air asam tambang dari proses SAPS seluruhnya mencapai standar kualitas air yang ditetapkan. Umumnya sering diasumsikan, selain penghematan secara ekonomi, pengolahan air asam tambang secara pasif akan menghasilkan dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan dengan pengolahan air asam tambang secara aktif yang setara. Hal ini terutama karena sedikitnya pemakaian bahan kimia dan energi dalam pengoperasiannya (Younger, et al., 2002). Namun, analisis secara komprehensif melalui penilaian dampak lingkungan masih belum dilakukan sehingga pernyataan tersebut belum dapat dibuktikan karena belum diuji bagaimana perbandingan penilaian dampak lingkungan antara pengolahan air asam tambang dengan menggunakan metode SAPS (pasif) dan metode pemberian kapur (aktif).

Secara umum, tujuan pengolahan air limbah adalah mengubah air limbah menjadi air yang cukup bersih untuk dibuang ke perairan bebas tanpa menyebabkan konsekuensi lingkungan atau ekologis yang berbahaya. Efisiensi ekologis ditandai dengan upaya terus-menerus terhadap peningkatan nilai ekonomi, lingkungan serta kebutuhan jangka panjang akan keberlanjutan. Oleh karena itu, tujuan sistem pengolahan air limbah tidak hanya melindungi

kesehatan manusia dan ekosistem perairan tetapi juga untuk dapat meminimalkan kehilangan sumber daya yang langka, dan mengurangi penggunaan energi (Lundin dalam Machado et al., 2007).

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk melakukan analisis dampak lingkungan adalah *Life Cycle Assessment* (LCA). Pada LCA, analisis didasarkan pada pemahaman dari sistem dengan menggunakan data realistis yang diperoleh. LCA merupakan sebuah proses yang bertujuan untuk mengevaluasi beban dari lingkungan yang berhubungan dengan produk, proses yang dialami produk, atau aktivitas pembuatan produknya dengan mengidentifikasi dan menghitung besar energi, material yang digunakan, dan pembuangan sisa produksi dan produknya pada lingkungan, serta untuk mengevaluasi dan menjalankan kesempatan untuk mempengaruhi perbaikan lingkungan (SETAC dalam Giudice, La Rosa dan Risitano, 2006). Ruang lingkup yang akan digunakan dapat disesuaikan dengan menggambarkan model sistem yang ingin dievaluasi. Hasil yang diberikan akan memberikan informasi yang cukup lengkap dan dapat memperlihatkan pada bagian mana dampak lingkungan sangat berpengaruh. Ada empat tahapan yang perlu dilakukan untuk melakukan LCA, yaitu *goal and scope definition*, *Life Cycle Inventory* (LCI), *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA), dan interpretasi hasil. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut selanjutnya diperoleh perumusan masalah, yaitu:

1. Bagaimana penilaian dampak lingkungan pada sistem pengolahan air asam tambang saat ini di PT X dan kualitas air asam tambang saat ini?
2. Bagaimana penilaian dampak lingkungan dari usulan perbaikan pada sistem pengolahan air asam tambang di PT X dan kualitas air asam tambang yang dihasilkan?

I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi

Dalam penelitian ini diperlukan pembatasan masalah dan asumsi. Batasan masalah digunakan untuk membatasi cakupan pembahasan agar menjadi lebih terfokus dan terarah. Pembatasan masalah dari penelitian ini, antara lain penelitian ini hanya dilakukan pada wilayah pertambangan batu bara milik PT X di Blok Sungai Merdeka Sektor 1 dan pendekatan '*gate to gate*' digunakan dalam analisis dampak lingkungan pada sistem pengolahan air asam tambang.

Selain batasan masalah, penelitian ini memiliki asumsi-asumsi. Asumsi yang dibuat dalam penelitian diperlukan agar dapat membantu dalam melakukan penelitian. Asumsi yang digunakan, yaitu penelitian dilakukan dengan asumsi jumlah olahan limbah per tahunnya sesuai dengan kondisi di tahun 2017 untuk pengolahan air asam tambang dengan metode pemberian kapur dan rancangan umur pengolahan, yaitu 20 tahun.

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan rumusan masalah yang telah disebutkan, maka diperoleh tujuan dari penelitian sebagai berikut.

1. Mengetahui penilaian dampak lingkungan pada sistem pengolahan air asam tambang saat ini di PT X dan kualitas air asam tambang saat ini.
2. Mengetahui penilaian dampak lingkungan dari usulan perbaikan pada sistem pengolahan air asam tambang di PT X dan kualitas air asam tambang yang dihasilkan.

I.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang berkaitan. Manfaat dari penelitian ini dapat dirasakan dari berbagai aspek, antara lain bagi pengembangan keilmuan, pemilik masalah dan sifatnya jangka panjang. Pada pengembangan keilmuan, manfaat yang didapat adalah mengetahui penggunaan metode LCA sebagai alat untuk dapat mengevaluasi sistem pengolahan air asam tambang. Manfaat bagi pemilik masalah adalah mengetahui dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh sistem pengolahan air asam tambang saat ini dan membantu dalam memberikan usulan perbaikan pada sistem pengolahan air asam tambang. Pemilik masalah dalam penelitian ini adalah pihak PT X. Manfaat dalam jangka panjang, yaitu meningkatkan dan menjaga kualitas air yang dikeluarkan oleh sistem pengolahan air asam tambang di PT X untuk memenuhi persyaratan kualitas air yang diatur oleh Kepmen LH No. 113 Tahun 2003.

I.6 Metodologi Penelitian

Metodologi merupakan langkah-langkah yang ditempuh dalam melakukan penelitian. Berikut merupakan metodologi yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini. Metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar I.4.

1. Penentuan Topik

Topik yang ditentukan dalam penelitian ini adalah penilaian sistem pengolahan air asam tambang dengan menggunakan metode LCA.

2. Penelitian Pendahuluan

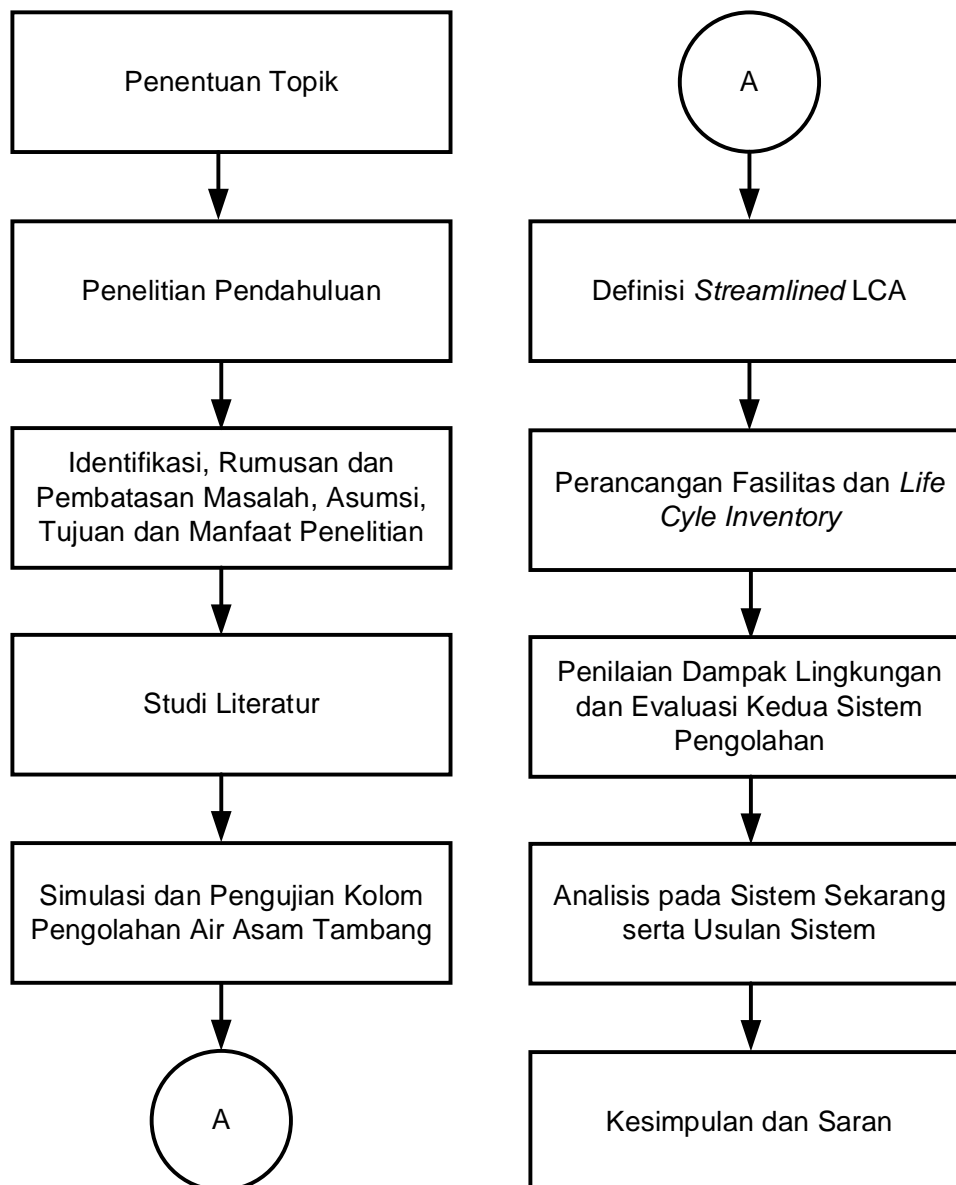
Pada penelitian pendahuluan dilakukan pengamatan langsung ke perusahaan dengan melihat proses sistem pengolahan air asam tambang.

3. Identifikasi, Rumusan dan Pembatasan Masalah, Asumsi, Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi secara jelas masalah yang akan diteliti. Lalu dari penentuan permasalahan tersebut dapat ditarik beberapa poin utama yang ingin dijawab dalam penelitian berupa rumusan masalah. Batasan dan asumsi dari penelitian diperlukan untuk memfokuskan penelitian, dan juga mempermudah selama melakukan penelitian. Tujuan penelitian akan sangat terkait dengan perumusan masalah yang dibuat untuk menjawab rumusan masalah tersebut. Selanjutnya menentukan manfaat yang didapat dari penelitian.

4. Studi Literatur

Studi literatur adalah studi mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian dan informasi yang didapat bersumber dari buku referensi maupun jurnal. Hal ini dilakukan untuk mendukung dan membantu dalam penelitian.



Gambar I.4 Metodologi Penelitian

5. Simulasi dan Pengujian Kolom Pengolahan Air Asam Tambang
 Simulasi sistem pengolahan air asam tambang dengan metode pemberian kapur dilakukan untuk memperjelas hubungan dalam sistem dan informasi yang dihasilkan akan digunakan dalam penelitian ini. Simulasi sistem pengolahan didasarkan pada rancangan para ahli di bidang pengelolaan limbah (pihak eksternal). Pengukuran hasil olahan air asam tambang dilakukan untuk melihat kualitas air asam tambang yang dihasilkan. Proses uji kolom dilakukan untuk melihat kemampuan pengolahan air asam tambang dengan metode SAPS dalam mengolah

air asam tambang agar sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan. Uji kolom dilakukan dengan beberapa variasi komposisi dan komposisi terbaik dipilih sebagai pertimbangan dalam rancangan pengolahan air asam tambang dengan metode SAPS. Keseluruhan proses ini dilakukan dengan bantuan pihak eksternal.

6. Definisi *Streamlined* LCA

Pada tahap ini dilakukan penjelasan mengenai metode LCA yang digunakan dan penentuan ruang lingkup dalam penelitian. Penilaian dampak lingkungan dilakukan dengan menggunakan *software* SimaPro. Penentuan *functional unit* yang digunakan dalam penilaian dampak lingkungan.

7. Perancangan Fasilitas dan *Life Cycle Inventory*

Perancangan fasilitas dilakukan terhadap kedua sistem pengolahan air asam tambang. *Life Cycle Inventory* (LCI) merupakan rangkuman atau rincian data material dan alat yang digunakan dalam membangun, mengoperasikan, dan merawat sistem pengolahan air asam tambang selama siklus hidup pengolahan.

8. Penilaian Dampak Lingkungan dan Evaluasi Kedua Sistem Pengolahan

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data-data yang telah dikumpulkan untuk dapat menghitung dampak lingkungan dengan menggunakan LCA. Tahapan LCA yang akan dilakukan pada tahap ini adalah *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) dengan menggunakan metode ReCiPe 2016 dan Eco-indicator 99.

9. Analisis pada Sistem Sekarang serta Usulan Sistem

Pada tahap ini dilakukan langkah terakhir dalam LCA, yaitu interpretasi hasil dampak lingkungan yang telah dinilai. Analisis dilakukan terhadap penilaian dampak lingkungan pada sistem sekarang dan usulan berdasarkan LCA.

10. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap perangkuman seluruh isi dari penelitian ini. Kesimpulan adalah jawaban akhir dari rumusan masalah. Saran adalah semua masukan yang diberikan baik bagi pengembangan untuk penelitian selanjutnya maupun bagi pihak pembaca.

I.7 Sistematika Penulisan

Pada subbab ini diberikan penjelasan singkat mengenai bab-bab yang ada dalam penelitian yang dibuat. Berikut ini merupakan sistematika penulisan yang dipakai dalam penelitian.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang, identifikasi dan rumusan masalah dalam penelitian. Selain itu, dijelaskan juga mengenai batasan, asumsi, tujuan, manfaat, metodologi penelitian dan sistematika penulisan yang dilakukan pada penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini, terdapat berbagai teori yang digunakan sebagai landasan dalam mengidentifikasi dan memperbaiki masalah yang dihadapi. Selain itu, digunakan pula dalam evaluasi pengolahan dan analisis dampak lingkungan. Sumber-sumber dalam memperoleh teori-teori tersebut, antara lain buku referensi, jurnal dan artikel-artikel. Studi literatur yang dipilih adalah studi mengenai teori limbah, air asam tambang, ekologi industri, LCA dan metode LCI.

BAB III EVALUASI DAN RANCANGAN SISTEM PENGOLAHAN

Pada bab ini, dilakukan evaluasi terhadap sistem pengolahan air asam tambang dengan metode pemberian kapur dan metode SAPS untuk melihat kualitas hasil olahan air asam tambang telah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Proses selanjutnya adalah pemilihan komposisi terbaik pada pengolahan air asam tambang dengan metode SAPS berdasarkan uji kolom yang telah dilakukan. Perancangan fasilitas dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan dari masing-masing pengolahan air asam tambang. Proses penilaian dampak lingkungan dilakukan terhadap kedua sistem pengolahan air asam tambang untuk melihat perbandingan dari dampak lingkungan yang dihasilkan pada kedua sistem pengolahan air asam tambang dengan menggunakan LCA.

BAB IV ANALISIS

Pada bagian ini, dilakukan analisis secara mendalam mengenai proses penelitian yang telah dilakukan maupun hasil-hasil pengolahan data dan rancangan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini, berisi kesimpulan dari awal penelitian disusun hingga selesai. Kesimpulan dibuat berdasarkan tujuan pada Bab I. Sedangkan bagian saran ditujukan untuk penelitian selanjutnya dalam bidang yang sama, perusahaan, dan bagi pembaca penelitian ini.