

**DAMPAK KESEHATAN DAN LINGKUNGAN EMISI DEBU DARI AKTIVITAS PLTU
KARANGKANDRI CILACAP**

Saipul Bahri
Politeknik Negeri Cilacap Jl. Dr. Soetomo Sidakaya Cilacap
saipultekim2010@gmail.com

ABSTRACT

*In the dry season, the activity of Steam Power Plant (PLTU) of Cilacap (Karangkandri) is often complained by the people living along the coal transportation routes, especially coal dust which produced from the activity. The aims of the study are to know the impacts of dust emission which come from the coal transportation routes through the Port of Tanjung Intan and the Jetty of PLTU to the amount of dust emitted to the environment along with the effects for human and environmental health of the dust emissions by using Life Cycle Assessment (LCA). The LCA analysis starts from the arrival of coal in Cilacap waters until the coal becomes ash which is emitted through the steam power plant with a base of 600 MWe for one hour operation. This study is a gate to gate approach based on an LCA reference framework in ISO 14040 in 2006 that consists of defining objectives and scope, inventory analysis, impact analysis and interpretation. Based on the inventory analysis it is known that the amount of coal dust emissions from the loading and unloading paths through Tanjung Intan Port are 12.3 Kg (TSP), 5.73 Kg (PM 10) and 0.629 Kg (PM 2.5) while the coal dust emissions through the Jetty of PLTU are 0.799 Kg (TSP), 0.631 Kg (PM 10) and 0.0568 Kg (PM 2.5). From the result of the research, it is known that the difference of the health and environmental impact from the coal transportation route through the Port of Tanjung Intan and the Jetty of power plant are as follows: (1) Non-carcinogenic impact of $2.28.10^{-05}$ DALY, (2) carcinogenic impact $2.13.10^{-06}$ DALY, (3) impact on respiratory distress of $3.67.10^{-03}$ DALY, (4) impact on aquatic ecotoxicity of $4.1.10^{-01}$ PDF * m2 * year, (5) impact on terrestrial ecotoxicity of 123.5 PDF * m2 * year.*

Keywords: Healthy; impact; dust; emission; environment.

ABSTRAK

Pada musim kemarau, aktivitas Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Karangandri Cilacap seringkali dikeluhkan oleh masyarakat yang tinggal di sepanjang jalur transportasi batubara yang akan masuk ke PLTU khususnya debu batubara yang dihasilkan dari aktivitas tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh rute jalur transportasi batubara yaitu melalui Pelabuhan Tanjung Intan dan Dermaga PLTU Karangandri terhadap jumlah debu yang teremisi ke lingkungan beserta efek bagi kesehatan manusia dan lingkungan dari emisi debu tersebut dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). Analisis LCA dilakukan mulai dari kedatangan batubara di perairan Cilacap sampai batubara tersebut menjadi abu yang teremisi melalui cerobong PLTU dengan basis perhitungan 600 MWe untuk satu jam operasi. Kajian ini merupakan pendekatan *gate to gate* berdasarkan kerangka acuan LCA dalam ISO 14040 tahun 2006 yang terdiri dari pendefinisian tujuan dan ruang lingkup, analisis inventory, analisis/penakaran dampak dan interpretasi. Berdasarkan analisis inventory diketahui bahwa jumlah emisi debu batubara dari jalur bongkar muat melalui Pelabuhan Tanjung Intan sebesar

12,3 kg (TSP), 5,73 Kg (PM 10) dan 0,629 Kg (PM 2,5) sedangkan emisi debu dengan jalur batubara melalui Dermaga PLTU sebesar 0,799 Kg (TSP), 0,631 Kg (PM 10) dan 0,0568 Kg (PM 2,5). Dari hasil penelitian diketahui besarnya selisih dampak kesehatan dan dampak lingkungan dari jalur transportasi batubara yang melalui Pelabuhan tanjung Intan dan yang melalui Dermaga PLTU adalah sebagai berikut: (1) Dampak non-karsinogenik sebesar $2,28 \cdot 10^{-05}$ DALY, (2) dampak karsinogenik sebesar $2,13 \cdot 10^{-06}$ DALY, (3) dampak terhadap gangguan pernafasan sebesar $3,67 \cdot 10^{-03}$ DALY, (4) dampak terhadap pencemaran perairan (*aquatic ecotoxicity*) sebesar $4,1 \cdot 10^{-01}$ PDF*m²*year, (5) dampak terhadap pencemaran daratan (*terrestrial ecotoxicity*) sebesar 123,5 PDF*m²*year.

Kata Kunci: Efek; Debu; Emisi; Kesehatan; Lingkungan.

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Karangandri Cilacap merupakan salah satu pembangkit yang sangat penting peranannya untuk pemenuhan kebutuhan listrik jaringan Jawa-Madura-Bali. Sejak PLTU ini beroperasi tahun 2006 sampai tahun 2018, masyarakat seringkali mengeluhkan emisi debu (partikulat) dari aktivitas PLTU yang dianggap mencemari lingkungan khususnya debu pada proses bongkar muat batubara apalagi ketika musim kemarau tiba sehingga persoalan debu jalanan yang berasal dari truk pengangkut bahan bakar batu bara dinilai mendesak untuk ditangani. Pihak PLTU Karangandri diminta oleh pemerintah Kabupaten Cilacap untuk segera menyikapi hal tersebut dengan aksi nyata (Radar Banyumas, 2018).

Penelitian tentang pembangkit listrik dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) telah banyak dilakukan baik di Eropa, Amerika maupun Asia. Namun demikian, penelitian tentang LCA tersebut umumnya hanya fokus terhadap reduksi gas-gas berbahaya dan reduksi karbon untuk mengurangi dampak suatu pembangkit listrik terhadap *global warming* (pemanasan global).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh rute jalur transportasi batubara yaitu melalui Pelabuhan Tanjung Intan dan Dermaga PLTU terhadap kuantitas debu yang teremisi ke lingkungan yang berdampak buruk bagi kesehatan manusia dan lingkungan serta cara yang dapat digunakan untuk mengurangi dampaknya dengan menggunakan metode LCA.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batubara

PLTU batubara merupakan suatu sistem pembangkit tenaga listrik berbahan bakar batubara yang mengkonversi energi air menjadi energi listrik dengan menggunakan uap air sebagai fluida kerjanya, yaitu dengan memanfaatkan energi kinetik uap untuk menggerakkan sudu-sudu turbin. Sudu-sudu turbin menggerakkan poros turbin, untuk selanjutnya poros turbin menggerakkan generator. Dari generator inilah kemudian dibangkitkan energi listrik.

Debu (partikulat)

Debu adalah zat padat yang dihasilkan oleh manusia atau alam dan merupakan hasil dari proses pemecahan suatu bahan. Debu adalah zat padat yang berukuran 0,1–25 mikron yang termasuk kedalam golongan partikulat (Wardhana, 2001).

Jika ditinjau dari lamanya partikel tersuspensi di udara dan rentang ukurannya, partikel dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu *dust fall* (*setteable particulate*) dan *suspended particulate matter* (SPM). *Dust fall* adalah partikel berukuran lebih besar dari 10 µm dan biasanya berkisar antara 10 sampai 45 µm yang biasa juga disebut sebagai *total suspended*

particulate (TSP). SPM adalah partikel yang ukurannya lebih kecil dari 10 μm dan keberadaannya terutama berasal dari proses industri dan pembakaran. SPM yang umum dikenal terdiri dari dua yaitu *particulate matter* yang berukuran lebih kecil dari 10 μm (PM 10) dan *particulate matter* yang berukuran lebih kecil dari 2,5 μm (PM 2,5).

Debu PLTU Batubara

Emisi debu batubara dapat berasal dari berbagai tahapan kegiatan pada PLTU misalnya pada penyimpanan batubara di *coal yard* yang terbawa oleh angin, tumpahan atau ceceran pada saat transportasi dari pelabuhan ke *coal yard*, tumpahan dari sistem konveyor (*conveyor belt*) dan lain-lain. Pada saat batubara di dalam konveyor, akan ada material yang berukuran halus yang terbawa oleh angin sehingga meningkatkan kadar debu di lingkungan tersebut. Proses *crushing* juga dapat menghasilkan debu.

Pada pembakaran batubara, gas buang yang bercampur dengan debu-debu halus *fly ash* yang dikeluarkan melalui *stack* juga merupakan penghasil debu pada PLTU. *Fly ash* dan *bottom ash* adalah terminologi umum untuk abu terbang yang ringan dan abu relatif berat yang timbul dari suatu proses pembakaran suatu bahan yang lazimnya menghasilkan abu. *Fly ash* dan *bottom ash* dalam konteks ini adalah abu yang dihasilkan dari pembakaran batubara.

Life Cycle Assessment (LCA)

LCA adalah metodologi untuk mengevaluasi dan mengkaji dampak lingkungan yang berhubungan dengan produk, pengolahan dan aktivitas (Ciambrone, 1997). Pengkajian LCA sangat penting dilakukan karena berorientasi produk atau jasa, pendekatan integratif dan dirancang untuk menyediakan informasi paling ilmiah dan kuantitatif yang dapat mendukung pengambilan keputusan. LCA dapat digunakan untuk menangani dampak lingkungan dari produk, proses, atau aktifitas dalam seluruh siklus hidup mulai dari ekstraksi material, pemrosesan, transportasi, penggunaan dan pembuangan akhir.

Berdasarkan ISO 14040 tahun 2006, studi LCA terdiri dari empat kerangka acuan utama yaitu:

1. Pendefinisian tujuan dan ruang lingkup (pelingkupan)
2. Analisis *inventory*
3. Penilaian/penakaran dampak
4. Analisis perbaikan (interpretasi).

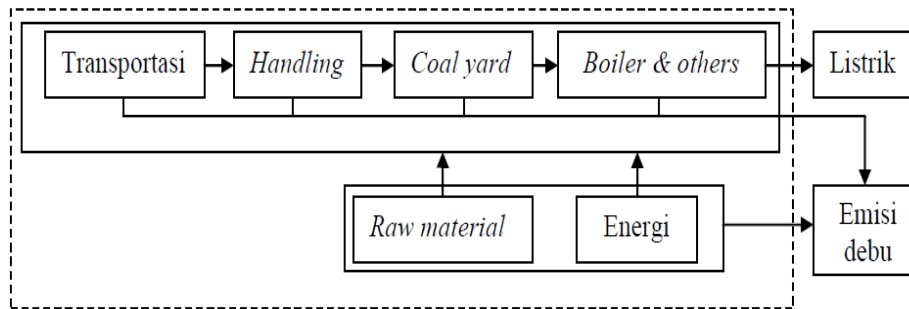
METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Februari – April 2018 di PLTU Karangandri Cilacap 600 MWe dengan mengacu pada langkah-langkah studi *Life Cycle Assessment* berdasarkan ISO 14040 tahun 2006.

Pendefinisian Tujuan dan Ruang Lingkup

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui besarnya efek atau dampak emisi debu bagi kesehatan dan lingkungan pada proses pembangkit listrik berbahan bakar batubara dalam hal ini dimulai sejak kedatangan batubara, proses transportasi, proses konversi ke tenaga listrik sampai batubara tersebut teremisi ke lingkungan.

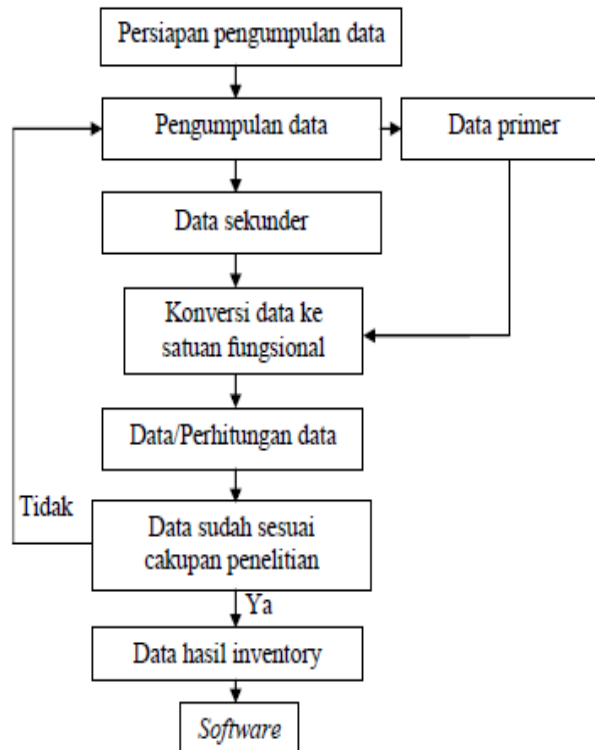
Dalam penelitian ini, perhitungan besarnya dampak lingkungan dilakukan dengan menggunakan basis daya terpasang PLTU Karangandri yaitu sebesar 600 MWe yang mengkonsumsi batubara sebanyak 280.564 Kg dalam satu jam operasi. Adapun batasan sistem dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Batasan sistem penelitian

Analisis Inventory

Tahapan ini dimulai dengan pengembangan diagram alir proses secara keseluruhan kemudian dilakukan persiapan sebelum pengumpulan data setelah itu barulah dilakukan pengumpulan data. Adapun metode pengumpulan data dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Metode pengumpulan data

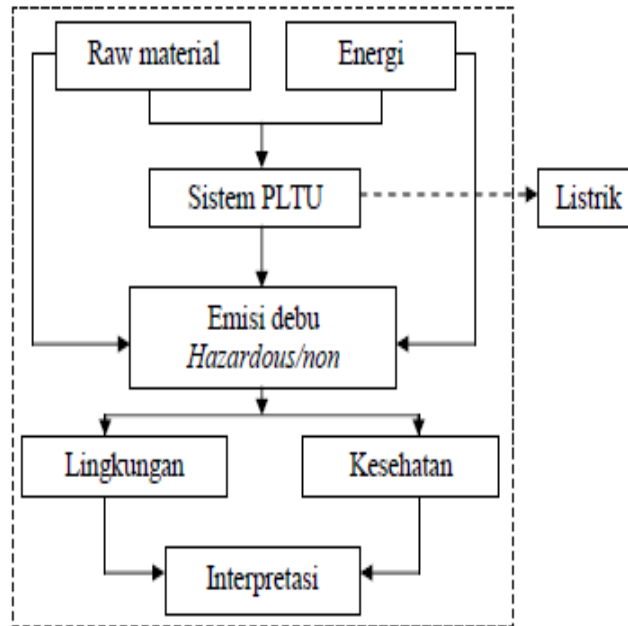
Penakaran Dampak Lingkungan

Metode penakaran dampak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *Impact 2002+*. Metode penakaran dampak *Impact 2002+* dipilih karena metode ini adalah salah satu metode yang direkomendasikan oleh *Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)* dalam hal penakaran dampak. Didalam metode penakaran dampak ini terdapat satuan yang digunakan berupa *disability adjusted life years (DALY)* dan *potentially disappeared fraction (PDF)*. Satuan DALY adalah ukuran yang diterima seseorang dari keseluruhan beban penyakit,

yang dinyatakan dalam jumlah tahun yang hilang akibat gangguan kesehatan cacat atau kematian dini. Satu DALY sama dengan satu tahun dari hidup sehat yang hilang. Sedangkan PDF adalah daerah (area) yang berpotensi terkena dampak lingkungan yang biasanya berupa luas (m^2) yang terkena dampak dalam periode tertentu (*year*).

Interpretasi

Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap hasil analisis inventori dan penakaran dampak untuk menentukan solusi alternatif untuk penanggulangan dampaknya. Adapun langkah-langkah interpretasi hasil dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Interpretasi hasil

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Debu PLTU Dengan Proses Bongkar Muat Melalui Pelabuhan Tanjung Intan

Untuk mengetahui besarnya emisi debu dari aktivitas PLTU dengan jalur bongkar muat batubara melalui Pelabuhan Tanjung Intan dapat dilakukan dengan mengetahui serangkaian aktivitas/proses dari jalur bongkar muat batubara melalui Pelabuhan Tanjung Intan yaitu:

- Debu batubara dari aktivitas bongkar muat (*handling*) sebesar $7,2 \cdot 10^{-03}$ kg (TSP), $3,42 \cdot 10^{-03}$ kg (PM 10) dan sebesar $5,18 \cdot 10^{-04}$ kg (PM 2,5).
- Debu tanah pada aktivitas bongkar muat batubara sebesar 9,18 kg (TSP), 1,79 kg (PM 10) dan 0,46 kg (PM 2,5) untuk jalan beraspal dan sebesar 2,12 kg (TSP), 1,02 kg (PM 10) dan 0,1 kg (PM 2,5) untuk jalan yang tidak beraspal.
- Debu batubara dari tempat penyimpanan (*stock pile*) sebesar 0,75 kg (TSP), 0,36 kg (PM 10) dan 0,055 kg (PM 2,5).
- Debu batubara dari aktivitas *conveyor belt* sebesar $2.346 \cdot 10^{-03}$ kg (TSP), $1,1 \cdot 10^{-03}$ kg (PM 10) dan $1.68 \cdot 10^{-04}$ kg (PM 2,5).
- Debu berupa *fly ash* yang keluar dari cerobong PLTU sebesar 6,7 kg
- Debu dari bahan bakar kendaraan dalam hal ini tongkang dan truk sebesar 2,4885 kg (PM 10)

Analisis Debu PLTU Dengan Proses Bongkar Muat Melalui Dermaga (Jetty) PLTU

Untuk mengetahui besarnya emisi debu dari aktivitas PLTU dengan proses bongkar muat batubara melalui Dermaga PLTU dapat diketahui dengan melihat serangkaian aktivitas/proses dari jalur bongkar muat batubara melalui Dermaga PLTU yaitu:

- a. Debu dari *conveyor belt* menuju *stock pile* sebesar $2,41 \cdot 10^{-03}$ Kg (TSP), $1,14 \cdot 10^{-03}$ Kg (PM 10) dan $1,72 \cdot 10^{-04}$ Kg (PM 2,5).
- b. Debu dari tumpukan batubara pada bak tongkang sebesar 0,029 Kg (TSP), 0,015 Kg (PM 10) dan 0,0022 Kg (PM 2,5).
- c. Debu dari bahan bakar kendaraan (transportasi) dalam hal ini tongkang sebesar 0,0193 Kg (PM 10).

Zat-zat pencemar udara yang ada dalam debu batubara berdasarkan hasil inventarisasi dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Inventarisasi zat-zat dalam partikulat dengan proses bongkar muat batubara melalui Pelabuhan Tanjung Intan dan Dermaga PLTU

No	Substance	Jalur Bongkar Muat 1	Jalur Bongkar Muat 2
		Kg	
1	Antimony	$1,82 \cdot 10^{-06}$	$1,21 \cdot 10^{-07}$
2	Arsenic	$6,05 \cdot 10^{-04}$	$5,55 \cdot 10^{-07}$
3	Barium	$7,89 \cdot 10^{-05}$	$1,55 \cdot 10^{-05}$
4	Beryllium	$2,16 \cdot 10^{-06}$	$3,91 \cdot 10^{-07}$
5	Boron	$1,56 \cdot 10^{-03}$	$1,24 \cdot 10^{-05}$
6	Bromine	$7,57 \cdot 10^{-05}$	$1,49 \cdot 10^{-05}$
7	Cadmium	$1,1 \cdot 10^{-04}$	$1,59 \cdot 10^{-07}$
8	Carbonblack	4,61	$9,04 \cdot 10^{-01}$
9	Chlorine	$5,69 \cdot 10^{-05}$	$1,88 \cdot 10^{-06}$
10	Chromium	$1,60 \cdot 10^{-05}$	$2,57 \cdot 10^{-06}$
11	Cobalt	$1,24 \cdot 10^{-05}$	$1,74 \cdot 10^{-06}$
12	Copper	$1,51 \cdot 10^{-03}$	$1,63 \cdot 10^{-06}$
13	Fluorine	$4,5 \cdot 10^{-03}$	$7,43 \cdot 10^{-09}$
14	Lead	$3,01 \cdot 10^{-03}$	$1,41 \cdot 10^{-06}$
15	Lithium	$3,66 \cdot 10^{-06}$	$7,18 \cdot 10^{-07}$
16	Manganese	$6 \cdot 10^{-02}$	$1,11 \cdot 10^{-05}$
17	Mercury	$1,43 \cdot 10^{-06}$	$1,18 \cdot 10^{-07}$
18	Molybdenum	$6,31 \cdot 10^{-08}$	$1,24 \cdot 10^{-08}$
19	Nickel	$1,51 \cdot 10^{-02}$	$5,41 \cdot 10^{-06}$
20	Selenium	$3,99 \cdot 10^{-06}$	$3,36 \cdot 10^{-07}$
21	Silver	$6,31 \cdot 10^{-08}$	$1,24 \cdot 10^{-08}$
22	Strontium	$1,70 \cdot 10^{-05}$	$3,34 \cdot 10^{-06}$
23	Thallium	$1,01 \cdot 10^{-06}$	$1,98 \cdot 10^{-07}$
24	Tin	$6,31 \cdot 10^{-06}$	$1,24 \cdot 10^{-06}$
25	Uranium	$4,42 \cdot 10^{-07}$	$8,67 \cdot 10^{-08}$
26	Vanadium	$2,8610^{-05}$	$5,61 \cdot 10^{-06}$
27	Zinc	$4,5410^{-03}$	$7,65 \cdot 10^{-06}$
28	Zirconium	$2,4610^{-05}$	$4,83 \cdot 10^{-06}$
	TOTAL	4,70	$9,04 \cdot 10^{-01}$

• untuk setiap jam operasi (600 MWH)

Keterangan:

Jalur bongkar muat 1: Jalur bongkar muat melalui Pelabuhan Tanjung

Jalur bongkar muat 2: Jalur bongkar muat melalui Dermaga PLTU

Penakaran Dampak Emisi Debu

Dampak emisi debu pada PLTU difokuskan kepada dua kategori yaitu kesehatan manusia dan lingkungan dalam hal ini kualitas ekosistem.

a. Efek racun terhadap manusia

Zat beracun yang paling dominan baik dari proses bongkar muat melalui Pelabuhan Tanjung Intan maupun melalui Dermaga PLTU yaitu Arsenik dan Zinc. Untuk proses bongkar muat melalui Pelabuhan Tanjung Intan, efek racun Arsenik sebesar $2,11 \cdot 10^{-05}$ DALY dan Zinc sebesar $1,18 \cdot 10^{-06}$ DALY. Sedangkan untuk proses bongkar muat melalui Dermaga PLTU, efek racun Arsenik sebesar $1,94 \cdot 10^{-08}$ DALY dan Zinc sebesar $1,99 \cdot 10^{-09}$ DALY. Arsenik merupakan polutan yang muncul baik dari batubara, tanah, maupun dari bahan bakar kendaraan.

b. Efek karsinogen terhadap manusia

Zat penyebab timbulnya kanker yang muncul dari aktivitas bongkar muat batubara yaitu arsenik sebesar $2,11 \cdot 10^{-06}$ DALY untuk proses bongkar muat batubara melalui Pelabuhan Tanjung Intan dan sebesar $1,93 \cdot 10^{-09}$ DALY untuk proses bongkar muat melalui Dermaga PLTU.

c. Efek terhadap gangguan pernafasan

Partikulat yang paling dominan memberikan efek terhadap gangguan pernafasan baik dari proses bongkar muat batubara melalui pelabuhan Tanjung Intan maupun melalui Dermaga PLTU yaitu PM 10 yang terutama berasal dari aktivitas bongkar muat batubara. Efek gangguan pernafasan dari proses bongkar muat melalui Pelabuhan Tanjung Intan sebesar $3,95 \cdot 10^{-03}$ DALY dan melalui dermaga PLTU sebesar $2,8 \cdot 10^{-04}$ DALY.

d. Efek terhadap kerusakan/pencemaran lingkungan perairan (*aquatic eco toxicity*)

Zat yang paling dominan mencemari lingkungan perairan dari jalur bongkar muat melalui Pelabuhan Tanjung Intan yaitu copper, nickel dan zinc sedangkan untuk jalur bongkar muat melalui Dermaga PLTU, dapat dikatakan tidak ada zat yang paling dominan karena hampir seluruh zat memiliki efek yang relatif sama. Jika dilihat dari jumlah zat yang teremisi ke udara, jumlah emisi copper relatif lebih sedikit jika dibandingkan dengan nickel dan zinc, namun faktor kerusakan copper jauh lebih besar jika dibandingkan dengan nickel dan zinc sehingga efeknya tetap paling besar. Secara total, besarnya efek kerusakan terhadap lingkungan perairan dari proses bongkar muat melalui Pelabuhan Tanjung Intan sebesar $4,14 \cdot 10^{-01}$ PDF*m²*year dan melalui dermaga PLTU sebesar $4,55 \cdot 10^{-04}$ PDF*m²*year.

e. Efek terhadap pencemaran daratan (*terrestrial eco toxicity*)

Zat yang paling dominan mencemari daratan dari jalur bongkar muat batubara melalui Pelabuhan Tanjung Intan yaitu nickel, zinc dan copper. Sedangkan melalui Dermaga PLTU didominasi oleh nickel dan copper. Jika dilihat dari faktor kerusakannya, copper memang lebih tinggi dibandingkan dengan dua zat yang lain, namun perbedaannya tidak begitu jauh sehingga jika dikalikan dengan jumlah zat yang teremisi ke udara maka efek nickel tetap lebih besar jika dibandingkan dengan zinc dan copper. Secara total, besarnya efek kerusakan terhadap daratan dari proses bongkar muat melalui Pelabuhan Tanjung Intan sebesar $123,513$ PDF*m²*year dan melalui dermaga PLTU sebesar $1,19 \cdot 10^{-01}$ PDF*m²*year.

Analisis Perbaikan

a. Identifikasi Masalah Signifikan Berdasarkan Tahap Inventarisasi dan Penakaran Dampak

Dari hasil analisis inventori diketahui bahwa proses bongkar muat batubara melalui Pelabuhan Tanjung Intan lebih dominan dalam mengemisi partikulat ke udara jika dibandingkan dengan proses bongkar muat melalui Dermaga PLTU sedangkan dari hasil penakaran dampak diketahui pula bahwa arsenik dan PM 10 adalah jenis zat dan partikulat yang paling dominan memberikan efek toksik dan karsinogen maupun efek terhadap gangguan pernafasan pada manusia. Jenis zat dan partikulat ini berasal dari batubara, tanah dan bahan bakar kendaraan.

b. Evaluasi Perbaikan Masalah Signifikan

Dari identifikasi masalah signifikan perlu dilakukan perbaikan terhadap proses bongkar muat batubara dari Pelabuhan Tanjung Intan ke areal PLTU. Perhatian difokuskan terhadap alat transportasi yang digunakan dalam hal ini truk pengangkut batubara.

Transportasi yang layak untuk menggantikan truk yaitu kereta api dengan alasan sebagai berikut:

1. Rel kereta api dari Pelabuhan Tanjung Intan menuju PLTU telah tersedia meskipun butuh penambahan panjang rel yang masuk ke areal PLTU sejauh 3 km.
2. Kereta api dapat menggunakan bahan bakar yang sama dengan truk sehingga jenis emisi partikulatnya sama.
3. Emisi dari ceceran batubara akibat kondisi jalan yang tidak rata dapat dikurangi.
4. Emisi debu tanah dari jalan otomatis tidak ada sehingga total pengurangan partikulat secara keseluruhan bisa signifikan.

Secara umum, penggunaan kereta api untuk mengganti truk dapat mereduksi emisi debu ke udara menjadi $7,4 \cdot 10^{-01}$ kg (TSP), $6,3 \cdot 10^{-01}$ kg (PM 10) dan $5,68 \cdot 10^{-02}$ kg (PM 2,5).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis *inventory* diketahui bahwa jumlah emisi debu dari jalur bongkar muat melalui Pelabuhan Tanjung Intan sebesar 12,3 Kg (TSP), 5,73 Kg (PM 10) dan 0,629 Kg (PM 2,5) sedangkan melalui Dermaga PLTU sebesar 0,799 Kg (TSP), 0,631 Kg (PM 10) dan 0,0568 Kg (PM 2,5).

Dari hasil penakaran dampak diketahui bahwa jalur bongkar muat melalui Pelabuhan Tanjung Intan lebih dominan dampaknya (baik dampak bagi kesehatan maupun dampak lingkungan) jika dibandingkan dengan jalur bongkar muat melalui Dermaga PLTU, dengan besarnya selisih dampak keduanya adalah sebagai berikut: (1) Dampak non-karsinogenik sebesar $2,28 \cdot 10^{-05}$ DALY, (2) dampak karsinogenik sebesar $2,13 \cdot 10^{-06}$ DALY, (3) dampak terhadap gangguan pernafasan sebesar $3,67 \cdot 10^{-03}$ DALY, (4) dampak terhadap pencemaran perairan (*aquatic ecotoxicity*) sebesar $4,1 \cdot 10^{-01}$ PDF*m²*year, (5) dampak terhadap pencemaran daratan (*terrestrial ecotoxicity*) sebesar $123,5$ PDF*m²*year.

Saran

Bila jalur bongkar muat melalui Pelabuhan Tanjung Intan tetap dilakukan, sebaiknya alat transportasi batubara (truk) yang menuju ke PLTU diganti dengan kereta api. Penggunaan kereta api dapat mereduksi emisi debu ke udara menjadi $7,4 \cdot 10^{-01}$ kg (TSP), $6,3 \cdot 10^{-01}$ kg (PM 10) dan $5,68 \cdot 10^{-02}$ kg (PM 2,5) sehingga dampak totalnyapun dapat berkurang secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adaro, 2011, *Envirocoal Specification*, <http://www.adaro.com> diunduh tanggal 10 April 2018.
- Biro Pusat Statistik (BPS) Cilacap, 2011, *Cilacap Dalam Angka 2011*, <http://www.cilapkab.bps.go.id> diunduh 28 April 2018.
- Buonicore A.J., dan Davis W.T., 1992, *Air Pollution Engineering Manual*, Air and Waste Management Association (AWMA), Van Nostrand Reinhold, New York.
- Ciambrone, D.F., 1997, *Environmental Life Cycle Analysis*, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- Curran M., 1996, *Environmental Life-Cycle Assessment*, McGraw-Hill, New York.
- Depkes RI, 2003, *Modul Pelatihan Bagi Fasilitator Kesehatan Kerja*, Jakarta.
- ISO 14040, 2006, *Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles And Framework*, Second Edition, Switzerland.
- Jolliet, O., Margnin M., Charles R., Humbert S., Payet J., Rebitzer G., Rosenbaum R., 2003, *Impact 2002+: New Life Cycle Impact Assessment Methodology*, Industrial Ecology & Life Cycle Systems Group, GECOS, Swiss Federal Institute Lausanne, Switzerland.
- Mudjianto A., 2011, *Life Cycle Assessment Modul Air Bag Kemudi Pada Mobil Ukuran Kecil*, Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Radar Banyumas, 2018, *Persoalan Debu Jalan Ke PLTU Karangandri Harus Segera Ditangani* <https://radarbanyumas.co.id/>. Diunduh tanggal 04 April 2018.
- USEPA's AP-42, 2011, *Emission Factor documentation For AP-42* <http://www.epa.gov/> diunduh tanggal 2 April 2018.
- Von, V., dan Spohn, O.M., 2009, *Parametrised Life Cycle Assessment of Electricity Generation in Hard-Coal-Fuelled Power Plants with Carbon capture and Storage*, Stuttgart University.
- Wardhana, 2001, *Partikulat Matter*, <http://www.wordpress.com>, diunduh tanggal 01 April 2018.
- WRAP, 2000, *WRAP Fugitive Dust Handbook*, Western Governors' Association, Denver Colorado.