

***Life Cycle Assessment* Emisi ke Udara pada Proses Pembakaran Batubara di *Boiler* PLTU Paiton**

Aditya Faruq Al Farizi^{1*}, Ahmad Erlan Afiuddin¹, dan Novi Eka Mayangsari¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 60111

*E-mail : adityafaruq.alfarizi@gmail.com

Abstrak

PLTU Paiton unit 7 memiliki kapasitas 645 NMW, kapasitas tersebut diduga akan menyebabkan timbulnya peningkatan pencemaran udara yang disebabkan oleh emisi CO₂, NO_x, SO₂, dan partikulat. Salah satu unit yang menjadi pokok dalam produksi energi listrik adalah *boiler*. Pembakaran batubara di unit tersebut menyebabkan pencemaran udara. Penilaian dampak pencemaran udara dapat dilakukan dengan *Life Cycle Assessment* yang sesuai dengan standar ISO 14040. Penelitian menggunakan pendekatan *gate to gate* dengan metode EDIP 2003 untuk menganalisis data dan aplikasi SimaPro 9.0. Berdasarkan perhitungan dan analisa yang dilakukan pada SimaPro 9.0, dapat diketahui nilai kontribusi terbesar pada *boiler* unit 7 sebesar 959386,16 Pt dan *boiler* unit 8 sebesar 899437,75 Pt. Kategori dampak *ozone formation (human)* merupakan kontributor terbesar dari total dampak dengan nilai sebesar 392095,23 Pt (unit 7) dan 367998,52 Pt (unit 8). Aksi mitigasi yang dapat dilakukan dengan cara penggunaan *boiler* super kritikal dan substitusi/komparasi bahan bakar fosil dengan *alternative fuel*.

Keywords: *Boiler*, EDIP 2003, *life cycle assessment*, PLTU Paiton, SimaPro 9.0

1. PENDAHULUAN

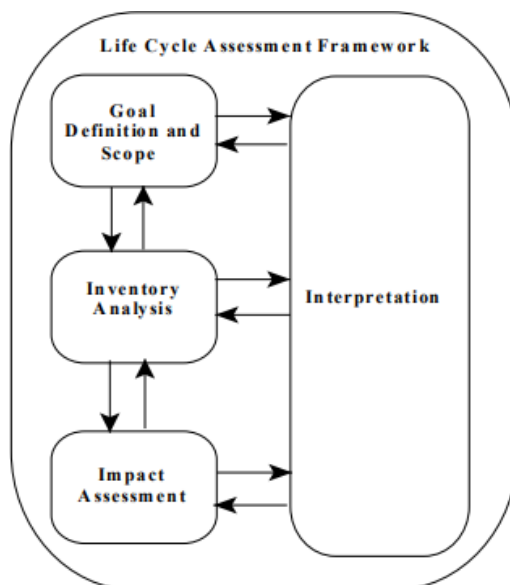
PLTU Paiton Unit 7 merupakan perusahaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang hasil produksinya berupa energi listrik dengan kapasitas 645 NMW . Kapasitas yang besar tersebut diduga akan menyebabkan pencemaran udara. Menurut Istiyanie (2011) salah satu industri yang paling banyak menghasilkan emisi CO₂ adalah pembangkit tenaga listrik karena bahan bakarnya menggunakan batubara. Emisi yang terus dihasilkan terus-menerus akan terakumulasi sehingga menimbulkan polusi udara yang akan mengganggu kesehatan makhluk hidup disekitarnya dan dapat menurunkan kualitas terhadap kondisi iklim global. Kandungan polusi udara yang dapat menimbulkan pencemaran udara diantaranya debu, nitrogen oksida (NO_x), sulfur oksida (SO_x) dan karbon monoksida (CO). Kontribusi emisi karbon dioksida terhadap efek rumah kaca sangat besar yaitu 48% dibandingkan dengan sumber emisi lainnya seperti freon (26%), ozon (10%), metan (8%), dinitrogen oksida (6%) dan gas lainnya (2%) (Widyantari, 2013). Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi dampak yang ditimbulkan ke lingkungan pada proses produksi energi listrik, dan menentukan aksi mitigasi untuk mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan.

Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui sustainability suatu produk salah satunya adalah Life Cycle Assessment (LCA) sesuai dengan standar ISO 14040 (Khalizah, dkk, 2019). *Life Cycle Assessment* (LCA) digunakan untuk menganalisa dampak yang ditimbulkan dari proses pembakaran di *boiler*. Analisis *life cycle assessment* ini menggunakan *software* SimaPro 9.0. *Software* tersebut digunakan sebagai perangkat bantuan dalam menganalisis LCA yang dapat di instal di *hardware* seperti laptop dan komputer.

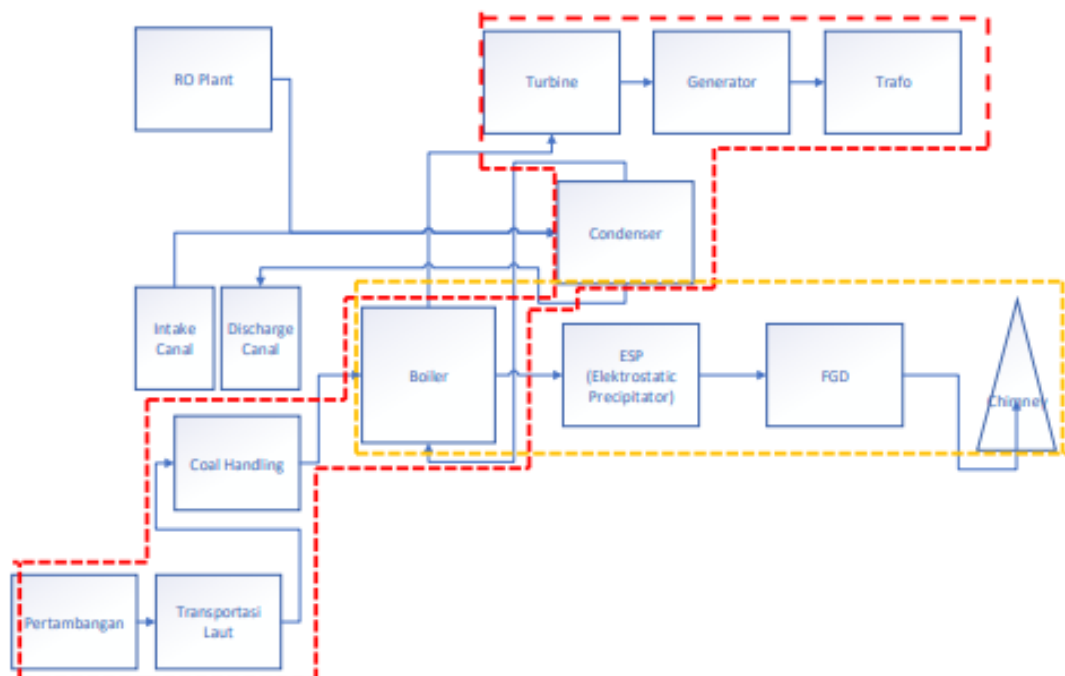
2. METODE

Tahapan analisis *life cycle assessment* (LCA) meliputi, (1) penentuan *goal and scope*, tahapan ini merupakan pendefinisian dari tujuan analisis *life cycle* dan menentukan ruang lingkup dan batasan dari sistem yang akan dikaji (2) *life cycle inventory* (LCI) merupakan tahapan pengumpulan data terhadap semua input dan *output* serta emisi yang relevan terhadap analisis LCA (3) *life cycle impact assessment* (LCIA) merupakan tahapan pengelompokkan dan penilaian mengenai efek yang ditimbulkan terhadap lingkungan berdasarkan data-data yang diperoleh pada tahap LCI, (4) interpretasi data dan kesimpulan merupakan tahapan integrasi dari hasil LCI dan LCIA yang digunakan untuk mengkaji menarik kesimpulan dan rekomendasi. Penelitian ini menggunakan pendekatan *gate to gate*, yang terdiri dari unit transportasi, unit *coal handling*, unit *condenser*, unit *boiler*, unit turbin dan unit trafo. Basis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data *input*, data *output* dan data emisi yang berasal dari data sekunder dan data primer. Data-data tersebut digunakan dalam

proses analisis LCA, dikarenakan data *input* meliputi penggunaan bahan baku dalam proses dan penggunaan energi listrik pada unit yang membutuhkan untuk beroperasi. Data *output* meliputi produk yang dihasilkan pada unit tersebut, sedangkan untuk data emisi meliputi hasil beban emisi yang dihasilkan dari unit tersebut. Tahapan analisis *life cycle impact assessment* terdiri dari *characterization*, *normalization*, *weighting* dan *single score*. Langkah dalam melakukan analisis LCA dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan analisis LCA (sumber : Curran, 2006)



Gambar 2. Scope penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari tahapan dari analisis *life cycle assessment* pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Penentuan *Goal and Scope*

Penelitian ini menggunakan ruang lingkup *gate to gate*, mulai dari transportasi hingga unit trafo. Uraian unit dari proses produksi energi listrik yaitu dimulai dari transportasi, *coal handling*, *condenser*, *boiler*, turbin dan trafo. EDIP 2003 merupakan metode yang digunakan dalam melakukan analisis untuk mengetahui nilai beberapa kategori dampak yang dikaji seperti *global warming*, *ozone formation (human)*, *ozone formation (vegetation)*, *human toxicity* dan *acidification*. Pemilihan *scope* yang berdasarkan proses utama di PLTU Paiton unit 7, dikarenakan sesuai dengan tujuan penelitian ini.

Analisis *Life Cycle Inventory*

Tahapan analisis ini yaitu mengumpulkan semua data material yang ada keterkaitannya dengan analisis *life cycle assessment* (LCA) yaitu berupa data *input*, data *output* dan data emisi. Semua data yang dibutuhkan bisa didapatkan melalui data primer maupun data sekunder. Hasil *life cycle inventory* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Life Cycle Inventory* Unit Ketel Uap (*Boiler*) Unit 7

<i>Input*</i>		<i>Output*</i>		<i>Emisi**</i>	
Material <i>Electricity</i> <i>Fuel</i>	Jumlah/bulan	Material	Jumlah/bulan	Parameter	Jumlah (ton/bulan)
<i>Makeupwater</i>	11869 m ³	<i>Steam</i>	1320955 ton	SO ₂	499,8
Batubara	227183 ton			NO _x	10282.42
Udara	442679,28 ton			Partikulat	3201.5
				CO ₂	420965.2

(Sumber : *LCI Perusahaan, **Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa data *input* merupakan kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan untuk unit tersebut. Data *output* merupakan produk yang dihasilkan pada unit tersebut, yang akan diproses pada unit selanjutnya.

Analisis *Life Cycle Impact Assessment*

a. *Characterization*

Tahapan ini merupakan proses mengkarakterisasi keseluruhan proses yang mempunyai nilai kontribusi sesuai dengan kategori dampak. Hasil analisis *characterization* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis *Characterization* Unit 7

<i>Impact Category</i>	Unit	Total	Unit					
			Transportasi	<i>Coal Handling</i>	Kondensor	<i>Boiler</i>	<i>Turbine</i>	Trafo
<i>Global warming 100a</i>	kg CO ₂ eq	3.18 x 10 ⁸	11931.243	1102248	156926.7	3.17 x 10 ⁸	0	0
<i>Ozone formation (Vegetation)</i>	m ² .ppm.h	1.39 x 10 ¹⁰	0	0	0	1.39 x 10 ¹⁰	0	0
<i>Ozone formation (Human)</i>	person.ppm.h	928255.75	0	0	0	928255.75	0	0
<i>Acidification</i>	m ²	73180187	0	0	0	73180187	0	0
<i>Human toxicity air</i>	Person	2.93 x 10 ⁹	0	0	0	2.93 x 10 ⁹	0	0

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa unit *boiler* menghasilkan semua dampak yang dianalisis. Dampak yang muncul tersebut diakibatkan oleh beberapa emisi yang dihasilkan pada unit tersebut. Emisi yang dihasilkan pada unit tersebut terdiri dari CO₂, SO₂, NO_x dan partikulat.

b. *Normalization*

Tahapan ini merupakan tahapan yang digunakan untuk memudahkan proses interpretasi lanjutan, sehingga dibutuhkan nilai perbandingan dari setiap kategori dampak. Menurut Khalizah, A.N., dkk (2019) prosedur ini menormalkan hasil indikator dengan membagi nilai referensi yang dipilih sehingga pada prosedur ini tidak ada satuan unit satuan yang digunakan.

Tabel 3. Hasil Analisis *Normalization* Unit 7

Impact category	Total	Unit					
		Transportasi	Coal Handling	Kondensor	Boiler	Turbine	Trafo
Global warming 100a	41017.26	1.54	142	20.24	40853.28	0	0
Ozone formation (Vegetation)	233920.45	0	0	0	233920.45	0	0
Ozone formation (Human)	326746.02	0	0	0	326746.02	0	0
Acidification	185877.68	0	0	0	185877.68	0	0
Human toxicity air	6.18	0	0	0	6.18	0	0

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa kategori dampak berupa *ozone formation (human)* merupakan kategori dampak yang memiliki nilai kontribusi terbesar dibandingkan kategori dampak lainnya. Nilai dampak *ozone formation (human)* sebesar 326746,02.

c. *Weighting dan Single Score*

Tahapan *weighting* merupakan tahapan yang digunakan dalam pemberian bobot pada setiap kategori dampak yang berbeda sesuai dengan *weighting factor*. *Single score* merupakan tahapan klasifikasi semua nilai dari *impact category* berdasarkan proses.

Tabel 4. Hasil Analisis *Weighting dan Single Score* Unit 7

Impact category	Unit	Total	Unit					
			Transportasi	Coal Handling	Kondensor	Boiler	Turbine	Trafo
Global warming 100a	Pt	45118.98	1.69	156.41	22.267899	44938.61	0	0
Ozone formation (Vegetation)	Pt	280704.54	0	0	0	280704.54	0	0
Ozone formation (Human)	Pt	392095.23	0	0	0	392095.23	0	0
Acidification	Pt	241640.98	0	0	0	241640.98	0	0
Human toxicity air	Pt	6.80	0	0	0	6.80	0	0

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa unit *boiler* merupakan unit yang memiliki kategori dampak yang terbesar daripada kategori dampak lainnya yang berupa *ozone formation (human)* sebesar 392095,23 Pt.

Interpretasi data

Interpretasi data merupakan tahapan analisis *life cycle assessment (LCA)* yang terakhir dilakukan sebelum dilakukannya pengambilan keputusan dan rencana tindakan. Berdasarkan tahapan analisis *life cycle impact assessment (LCIA)* yang telah dilakukan, maka kategori dampak *ozone formation (human)* merupakan kategori dampak yang memiliki nilai kontribusi terbesar. Hal tersebut berasal dari unit *boiler*, yang mana pada unit tersebut menghasilkan emisi dalam produksinya. Oleh karena itu perlu dilakukan aksi mitigasi yang digunakan untuk mengurangi nilai kontribusi dari setiap kategori dampak,

khususnya pada dampak *ozone formation (human)*. Berikut beberapa aksi mitigasi yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk mereduksi emisi yang dihasilkan pada unit *boiler* :

1. Penggunaan Ketel Uap (*Boiler*) *Supercritical*

Ketel uap jenis sub kritisal secara spesifik masih memisahkan fasa cair dan gas sehingga memungkinkan untuk terjadi proses yang kontinyu. Pada ketel uap sub kritisal air dipanaskan pada tekanan sub kritisal (dibawah 22,1 MPa) temperatur akan naik hingga menguap (Cahyadi, 2015). Peningkatan efisiensi pembangkit merupakan salah satu peluang dalam menerapkan sebuah teknologi ketel uap super kritisal. Pada buku dengan judul “PLTU Batubara Superkritisal Yang Efisiensi” menyebutkan bahwa dalam penerapan ketel uap super kritisal mampu menurunkan emisi karbon dioksida (CO₂) dan oksida nitrogen (NO_x) terhadap efisiensi superkritisal dan terjadi potensi peningkatan efisiensi dengan penurunan faktor emisi sebesar ±42 kg/MWh serta dapat menurunkan spesifik konsumsi batubara sebesar ±26,5 kg/MWh.

2. Substitusi/Komparasi Bahan Bakar Fosil dengan *Alternative Fuel*

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Jerry, dkk (2019) ongkok yang digunakan sebagai bahan bakar telah memenuhi syarat, dengan nilai kalori sebesar 6074 Kkal/kg setelah dilakukannya karbonasi dengan kondisi optimal pada temperature 300°C dengan kadar abu dan kadar air yang rendah sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti batubara. Adapun penelitian lain yang telah dilakukan oleh Triantoro, Agus., dkk (2019) adalah kualitas biobriket terbaik sebagai pengganti batubara yaitu campuran antara *bottom ash* 70%, ongkok kering 20% dan damar 10% dengan hasil analisa nilai kalori sebesar 5401,6 Kkal/kg. Menurut Jerry, dkk (2019) nilai kalor pada batubara komersil yaitu diatas 4000 Kkal/kg. Limbah ongkok yang tidak ada campuran memiliki nilai kalori yang lebih besar daripada limbah ongkok yang dicampur oleh *bottom ash* dan damar, sehingga limbah ongkok tanpa campuran dapat digunakan dalam pengganti/campuran bahan bakar batubara. Menurut Suganal dan Hudaya (2008) kombinasi bahan bakar biomassa dan batubara menjadi salah satu penyelesaian untuk mempertahankan kandungan energi, pengurangan pasokan bahan bakar fosil dan pencegahan peningkatan emisi gas rumah kaca.

4. KESIMPULAN

1. Unit *boiler* pada unit 7 menghaikkan nilai kontribusi terbesar daripada unit lainnya dengan nilai sebesar 959386,16 Pt, sedangkan untuk kategori dampak yang menjadi kontributor terbesar adalah *ozone formation (human)* dengan nilai sebesar 392095,23 Pt.
2. Aksi mitigasi yang dapat dilakukan dengan cara penggunaan *boiler* super kritisal dan substitusi/komparasi bahan bakar fosil dengan *alternative fuel*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi., 2005. *PLTU Batubara Superkritisal Yang Efisiensi*. Banten : BPPT Press.
- Curran, M.A., 2006. *Life Cycle Assesment : Principle And Practice*. Ohio. National Risk Management Research Laboratory.
- Istiyanie, Dewi., 2011. *Pemanfaatan Emisi CO₂ Dari PLTU Batubara Dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik Berbasis Mikroalga*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Jerry., Febriyanto, Pramahadi., Satria, A.W., 2019. Kajian Awal Pemanfaatan Limbah Ongkok Sebagai Substitusi Batubara. *Jurnal Integrasi Proses*. Vol 18 (1), 14-18.
- Khalizah, A.N., Mirna A., dan Afiuddin A.E., 2019. *Life Cycle Assesment Emisi Gas Dan Partikulat Ke Udara Pada Proses Produksi Semen Di PT. Semen Indonesia (Persero) TBK. Pabrik Tuban*. Surabaya : Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Suganal., dan Hudaya, G.K., 2019. Bahan Bakar Co-Firing Dari Batubara Dan Biomassa Tertorefaksi Dalam Bentuk Briket (Skala Laboratorium). *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. Bandung, Vol 15 (1).
- Triantoro, Agus., Mustofa, Adip., Kartini., dan Hanafi, Abdurrahman., 2019. Studi Analisa Kualitas Biobriket Campuran Bottom Ash Batubara dan Ongkok Tepung Tapioka Menggunakan Karbonasi. *Jurnal Fisika FLUX*, Vol. 1 (1).
- Widyantari, I, A, D., 2013. *Potensi Simpanan Karbon Di Kawasan Rehabilitasi Mangrove Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali*. Yogyakarta : Unversitas Gadjah Mada.