

Kajian Siklus Daur Hidup pada Proses Produksi Industri Stainless Steel Gresik

Enrico Gianpratama Latuhihin¹, Tuhu Agung Rachmanto²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya, Indonesia,

Email: ¹pratama.latuhihin@gmail.com, ²tuhu.tl@upnjatim.ac.id

Abstract

“Gresik Stainless Steel Industry is one of the largest stainless steel factories in Indonesia since 1996 until now. With a sufficiently large production capacity, it is possible for the production process to produce emissions/by-products that can pollute the environment. This study approaches the production process of the Gresik Stainless Steel Industry using the Life Cycle Assessment (LCA) method. The scope of this research is gate to gate or during the stainless steel production process from the entry of materials to the release of finished products which include operating units from Coil Preparation Line Units, Coil Grinding Line Units, Mill Units, Annealing Pickling Line Units, Skinpass Units, Slitter Units, to Cut-To-Length Units. Life cycle assessment is carried out using the midpoint approach of the TRACI 2.1 method. Based on the results of the analysis, the APL unit is the operating unit that has the greatest influence on the eutrophication impact which has a total normalized value of 5025.309. This is due to the use of nitric acid as the main ingredient in the acidification process for the stainless steel production process.”

Keywords: Life Cycle Assessment, Simapro, TRACI

Abstrak

“Industri Stainless Steel Gresik merupakan salah satu pabrik stainless steel terbesar di Indonesia sejak tahun 1996 hingga sekarang. Dengan kapasitas produksi yang cukup besar, tidak menutup kemungkinan proses produksi menghasilkan emisi/produk sampingan yang dapat mencemari lingkungan. Studi ini mendekati proses produksi dari Industri Stainless Steel Gresik dengan menggunakan metode Life Cycle Assessment (LCA). Lingkup dari penelitian ini adalah gate to gate atau selama proses produksi stainless steel dari masuknya bahan material sampai keluarnya produk jadi yang mencakup unit operasi dari Unit Coil Preparation Line, Unit Coil Grinding Line, Unit Mill, Unit Annealing Pickling Line, Unit Skinpass, Unit Slitter, hingga Unit Cut-To-Length. Penilaian siklus daur hidup dilakukan dengan pendekatan midpoint metode TRACI 2.1. Berdasarkan hasil analisis, unit APL merupakan unit operasi yang memiliki pengaruh paling besar dengan dampak eutrophication yang memiliki nilai dengan jumlah nilai normalisasi 5025,309. Hal ini disebabkan penggunaan asam nitrat sebagai bahan utama proses pengasaman untuk proses produksi stainless steel.”

Kata Kunci: Penilaian Siklus Hidup, Simapro, TRACI

1. PENDAHULUAN

Industri Stainless Steel Gresik merupakan salah satu pabrik stainless steel terbesar di Indonesia dari tahun 1996 hingga sekarang. Produk stainless steel yang dihasilkan dibagi menjadi tiga jenis yaitu jenis 200, jenis 300, dan jenis 400. Produk ini telah melewati Skin Pass and Leveling yang setara dengan standar internasional.

Industri stainless steel (baja tahan karat) merupakan industri yang memanfaatkan bahan baku bijih nikel laterit sebagai bahan baku utama pembuatan baja nirkarat. Sumber

energi industri baja menggunakan batubara, gas alam dan listrik yang seluruhnya berasal dari sumber daya domestik. Pengolahan bijih nikel dan besi menjadi baja tahan karat akan meningkatkan nilai tambah bijih yang cukup besar, yaitu hingga 80x untuk baja nir karat. Selain itu, Indonesia juga memiliki berbagai sumber daya pendukung industri baja seperti batu kapur, bijih mangan, bijih aluminium, dan bijih tembaga yang perlu diolah lebih lanjut untuk dipergunakan sebagai bahan penunjang kebutuhan industri baja (The Indonesian Iron & Steel Industry Association).

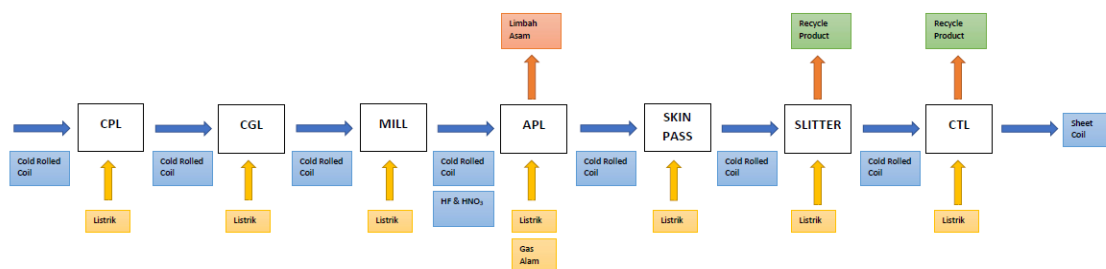
Metode evaluasi menggunakan Life Cycle Assessment (LCA) digunakan untuk perbaikan dalam efisiensi energi, reduksi polutan, pemakaian kembali energi yang terbuang serta penggunaan bahan baku dan bahan bakar alternatif, untuk produksi stainless steel selanjutnya (Devi et al, 2017). Konsep produk ramah lingkungan ini memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas hidup dengan cara mengurangi dampak lingkungan, penggunaan sumber daya melalui daur hidup (Life Cycle) dan menentukan tingkat sustainabilitas produk. Life Cycle Assessment (LCA) merupakan suatu metode untuk menyusun data secara lengkap, mengevaluasi dan mengkaji semua dampak lingkungan yang terkait dengan produk, proses, dan aktivitas. LCA dikembangkan salah satunya adalah 2 untuk mengkaji dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas pada proses produksi (Haas, 2000).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Goal dan Scope

Goal atau tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi besaran dampak lingkungan yang timbul akibat proses produksi *stainless steel* menggunakan metode LCA. Adapun *scope* dari penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder dari Industri Stainless Steel Gresik
2. *Scope* dari penelitian ini adalah pada proses produksi *stainless steel* (*gate to gate*) dengan 7 unit operasi antara lain, CPL, CGL, Mill, APL, Skinpass, Slitter, dan CTL. Bisa dilihat pada gambar 1 diagram alir proses produksi *stainless steel*
3. Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah SimaPro 9.3.0.3, dilakukan dengan pendekatan *midpoint* menggunakan metode TRACI 2.1
4. Dampak yang ditinjau adalah *ozone depletion*, *global warming*, *smog*, *acidification*, *eutrophication*, *human health* (*carciogenics*, *non-carciogenics*, and *respiratory effects*), *ecotoxicity*, dan *fossil fuel depletion*.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Produksi *Stainless Steel*

2.2 Life Cycle Inventory (LCI)

Life Cycle Inventory merupakan tahap inventori data masukan/keluaran yang berkaitan dengan proses produksi *stainless steel*. Inventori mencakup pengumpulan data yang diperlukan untuk mencapai tujuan dari penelitian yang telah ditetapkan (ISO SNI 14044-2017). Input dan Output data bisa dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

2.3 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

LCIA bertujuan untuk mengidentifikasi besaran dampak yang muncul akibat dari suatu proses dan memberikan informasi tambahan untuk membantu dalam mengkaji sistem produk hasil LCI sehingga dapat lebih memahami arti pentingnya terhadap lingkungan (ISO 14044 2017). LCIA dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *midpoint* menggunakan metode TRACI 2.1 Analisis secara *midpoint* dipilih karena hasil *impact assessment* lebih spesifik dan menunjukkan dampak lingkungan tunggal dan mampu memberi pertimbangan ilmiah yang relatif kuat (Michael dkk, 2015). Kategori dampak yang dianalisis dengan metode TRACI 2.1 adalah ozone depletion, global warming, smog, acidification, eutrophication, human health (carcinogenics, non-carcinogenics, and respiratory effects), ecotoxicity, dan fossil fuel depletion (EPA, 2006). Pada penelitian ini seluruh kategori dampak tersebut tetap dianalisis namun untuk dampak *carcinogenics*, *non-carcinogenics*, dan *respiratory effects* digabung menjadi satu dalam kategori *human health*. Penggabungan dilakukan karena ketiga kategori dampak tersebut mengarah pada kesehatan manusia.

2.4 Interpretasi Data

Interpretasi data adalah tahap akhir dari LCA, di mana hasil LCI atau LCIA, atau keduanya dirangkum dan dibahas sebagai dasar pembuatan kesimpulan, rekomendasi, dan keputusan yang sesuai untuk definisi tujuan penelitian dan ruang lingkup (ISO 14040, 2016). Berbagai macam dampak yang dihasilkan dari analisis SimaPro 9.3.0.3 perlu dipelajari lebih dalam agar bisa diinterpretasikan sesuai dengan proses produksi yang sedang dipelajari. Tujuan interpretasi data adalah menentukan unit dengan kontribusi dampak terbesar dalam sistem proses (hotspot process), di dalam hal ini proses produksi *stainless steel*. Berdasarkan nilai normalisasi, dapat diketahui bahwa dampak tertinggi selama proses produksi *stainless steel* adalah dampak *eutrophication*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

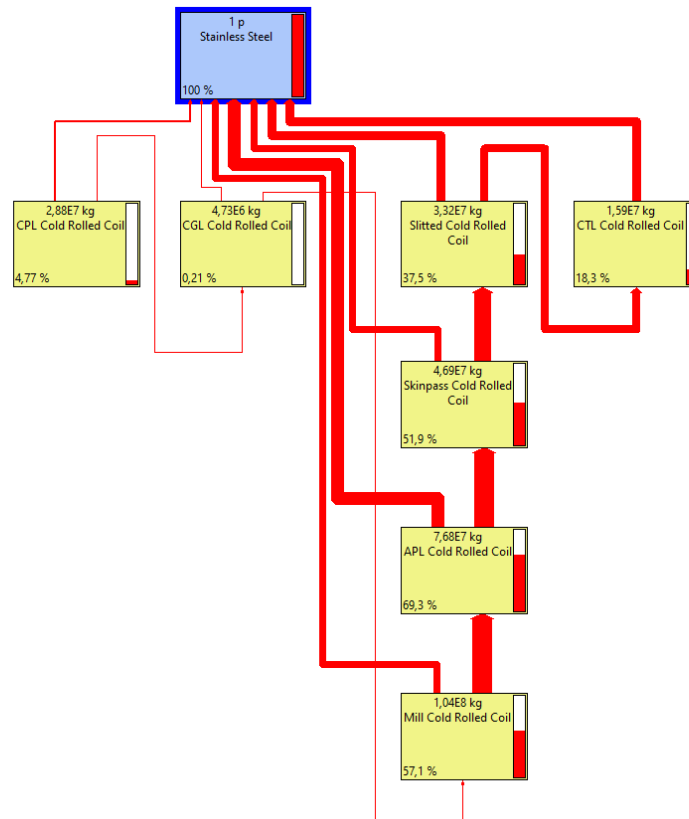
Hasil dari *Life Cycle Impact Assessment* berupa nilai karakterisasi dan nilai normalisasi pada tiap unit.

Tabel 1 Data Input dari masing-masing Unit Operasi pada Proses Produksi Stainless Steel

No	Unit Operasi	Input Data		
		Bahan Baku	Bahan Kimia	Energi
1	CPL	Colled Rolled Coil		Lisrik
2	CGL	Colled Rolled Coil		Lisrik
3	Mill	Colled Rolled Coil		Lisrik
4	APL	Colled Rolled Coil	HF, & HNO ₃	Lisrik, & Gas Alam
5	Skinpass	Colled Rolled Coil		Lisrik
6	Slitter	Colled Rolled Coil		Lisrik
7	CTL	Colled Rolled Coil		Lisrik

Tabel 2 Data Input dari masing-masing Unit Operasi pada Proses Produksi Stainless Steel

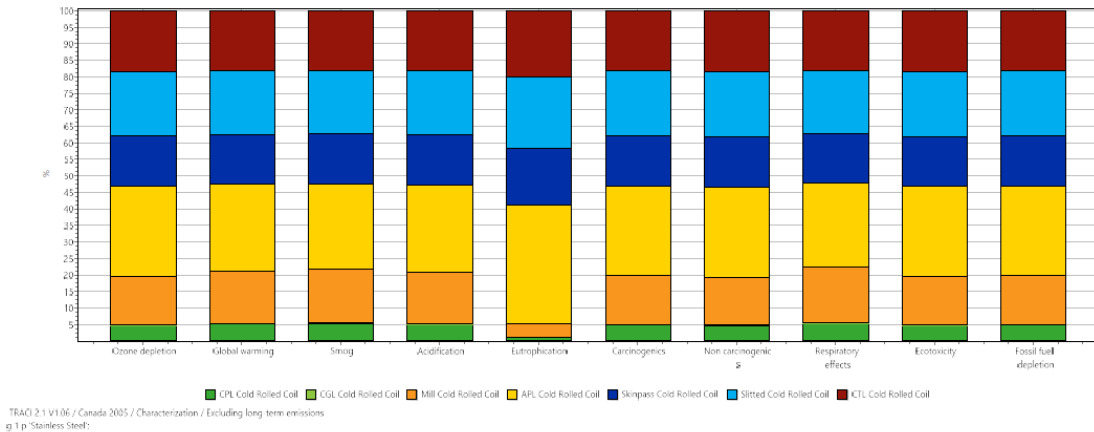
No	Unit Operasi	Output Data	
		Produk	Emisi
1	CPL	Colled Rolled Coil	HF, & HNO ₃
2	CGL	Colled Rolled Coil	
3	Mill	Colled Rolled Coil	
4	APL	Colled Rolled Coil	
5	Skinpass	Colled Rolled Coil	Recycle Product
6	Slitter	Colled Rolled Coil	
7	CTL	Sheet Coil	Recycle Product



Gambar 2. SimaPro Network Dampak Lingkungan pada Proses Produksi *Stainless Steel*

3.2 Karakterisasi

Karakterisasi adalah nilai dampak asli yang muncul berdasarkan *input* data bahan baku, bahan bakar, energi, dan emisi dari masing-masing *unit* proses. Masing-masing kategori dampak dalam karakterisasi memiliki satuan yang berbeda-beda, maka dari itu nilai antar dampak tidak dapat dibandingkan. Diketahui bahwa dampak *ozone depletion* terbesar berasal dari APL dengan nilai 0,235 kg CFC⁻¹¹ eq. Dampak *global warming* terbesar berasal dari APL dengan nilai 8436355,7 kg CO₂ eq. Dampak smog terbesar berasal dari APL dengan nilai 521697,94 kg O₃ eq. Dampak *acidification* terbesar berasal dari APL dengan nilai 36966,824 kg SO₂ eq. Dampak *eutrophication* terbesar berasal dari APL dengan nilai 68422,828 kg N eq. Dampak *carciogenics* terbesar berasal dari APL dengan nilai 0,087 CTUh. Dampak *non-carciogenics* terbesar berasal dari APL yaitu 0,807 CTUh. Dampak *respiratory effect* terbesar berasal dari APL dengan nilai 172700,47 kg PM^{2.5} eq. Dampak *ecotoxicity* terbesar berasal dari APL dengan nilai 3170512,2 CTUe. Dampak *fossil fuel depletion* terbesar berasal dari APL dengan nilai 5296640,3 MJ Surplus.



Gambar 2. Grafik Persentase Nilai Karakterisasi Dampak Lingkungan tiap Unit Operasi Proses Produksi *Stainless Steel*

3.3 Normalisasi

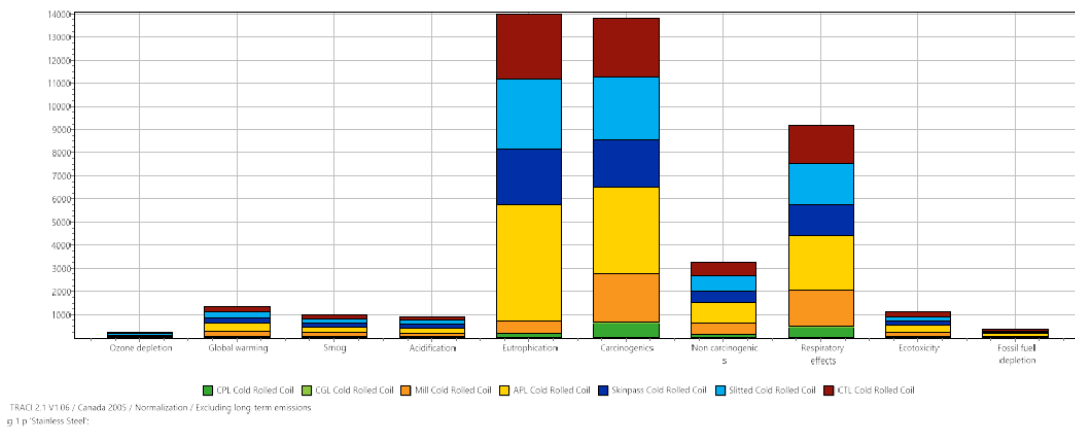
Normalisasi adalah hasil dari karakterisasi yang telah disetarakan. Normalisasi dilakukan agar nilai dari masing-masing kategori dampak dapat dibandingkan untuk keperluan pengambilan kesimpulan dalam interpretasi data. Nilai normalisasi merupakan nilai karakterisasi dikalikan dengan faktor normalisasi. Faktor normalisasi tiap metode analisis dapat berbeda-beda, faktor ini merupakan hasil penelitian dari tiap metode analisis dalam aplikasi SimaPro.

Tabel 3 Faktor Normalisasi

Kategori Dampak	Faktor Normalisasi
Ozone depletion	249.8330678
Global warming	0.0000426
Smog	0.0004894
Acidification	0.0064653
Eutrophication	0.0734450
Carcinogenics	43,055.09851
Non-Carcinogenics	1,113.79844
Respiratory effects	0.0136036
Ecotoxicity	0.0000960
Fossil fuel depletion	0.0000179

Diketahui bahwa dampak *ozone depletion* terbesar berasal dari APL dengan nilai 58,667. Dampak *global warming* terbesar berasal dari APL dengan nilai 358,977. Dampak smog terbesar berasal dari APL dengan nilai 255,329. Dampak *acidification* terbesar berasal dari APL dengan nilai 239,001. Dampak *eutrophication* terbesar berasal dari APL dengan nilai 5025,315. Dampak *carcinogenics* terbesar berasal dari APL dengan nilai 3730,778. Dampak *non-carcinogenics* terbesar berasal dari APL yaitu 899,249. Dampak *respiratory effect* terbesar berasal dari APL dengan nilai 2349,354. Dampak *ecotoxicity* terbesar berasal dari APL dengan nilai 304,441. Dampak *fossil fuel depletion* terbesar berasal dari APL dengan nilai 94,92.

Nilai normalisasi tertinggi adalah 14003,655 untuk kategori dampak *eutrophication*, sebagian besar dari unit APL dengan nilai 5025,315. Analisis dan penjelasan lebih lanjut mengenai unit tersebut dengan kontribusi dampak terbesar selama proses produksi *stainless steel* adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Nilai Normalisasi masing-masing Dampak Lingkungan pada tiap Unit Operasi Proses Produksi *Stainless Steel*

3.4 Hotspot

Untuk mengetahui unit dengan kontribusi dampak terbesar selama proses produksi *stainless steel*, perlu untuk menjumlahkan hasil dampak untuk setiap unit. Hasil dari dampak yang dimaksud adalah diperoleh dari hasil analisis LCA menggunakan perangkat lunak SimaPro 9.3.0.3. Jumlah hasil dari dampak masing-masing unit ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Dampak Lingkungan tiap Unit Operasi

Unit Operasi	Total Dampak
CPL	1709,803
CGL	73,897
Mill	5391,184
APL	13316,031
Skinpass	7103,455
Slitter	9104,893
CTL	8483,851

Berdasarkan Tabel 4 telah diketahui bahwa kontribusi dampak terbesar dari proses produksi *stainless steel* berasal dari APL. Berikut adalah deskripsi *hotspot* dampak dari unit APL.

Berdasarkan Tabel diatas *Hotspot* dampak atau nilai dampak tertinggi adalah dampak *eutrophication*. Nilai dampak *eutrophication* dari APL adalah 68422,828 kg N eq pada tahap karakterisasi dan 5025,315 pada tahap normalisasi. Satuan kg N eq menyatakan jumlah nutrient berlebih dalam proses produksi *stainless steel* yang dilepaskan ke lingkungan dan berpotensi mencemari air. Satuan kg N eq menyatakan jumlah nutrient berlebih dalam proses produksi *stainless steel* yang dilepaskan ke lingkungan dan berpotensi mencemari air. Berdasarkan hasil analisis dari SimaPro, penyebab utama dampak *eutrophication* berasal dari kandungan dalam asam nitrat (HNO₃) yang kemungkinan besar dapat mencemari air. Asam nitrat merupakan salah satu bahan tambahan dalam proses produksi *stainless steel*.

Tabel 5 Total Dampak Lingkungan dari Unit APL

Unit	Total Dampak
Ozone depletion	58,667
Global warming	358,977
Smog	255,329
Acidification	239,001

Eutrophication	5025,315
Carcinogenics	3730,778
Non-Carcinogenics	899,249
Respiratory effects	2349,354
Ecotoxicity	304,441
Fossil fuel depletion	94,920

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Life Cycle Assessment (LCA) proses produksi stainless steel di Industri stainless steel gresik, *hotspot* atau unit proses dengan kontribusi terbesar adalah APL. Besaran dampak dari ketiga kategori dampak dengan nilai tertinggi adalah 5025,315 untuk dampak *eutrophication*, 3730,778 untuk dampak *carcinogenics*, dan 2349,354 untuk dampak *respiratory effects*.

5. REFERENCES

- Wibawa, Bima Sakti Satria. (2019) Kajian Dampak Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di PT. PJB UBJ O&M Probolinggo Terhadap Lingkungan Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA). Departemen Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- E Yudha, S.W. (2017) Pemerintah Perlu Mengoptimalkan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan. Yogyakarta: Humas UGM. Agustus 2, 2022.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016) Standar Nasional Indonesia ISO 14040 tentang Manajemen Lingkungan - Penilaian Daur Hidup – Prinsip dan Kerangka Kerja. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2017) Standar Nasional Indonesia ISO 14044 tentang Manajemen Lingkungan - Penilaian Daur Hidup – Persyaratan dan Panduan. Jakarta.
- Shabrina, Nisaa' Imaniar Nur (2020) Kajian Dampak Proses Produksi Pupuk SP36 Terhadap Lingkungan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA). Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Rahmah, D. M., Putra, A. S., Ishizaki, R., Noguchi, R., & Ahamed, T. (2022). A Life Cycle Assessment of Organic and Chemical Fertilizers for Coffee Production to Evaluate Sustainability toward the Energy–Environment–Economic Nexus in Indonesia. *Sustainability*, 14(7), 3912.
- Haber, W., & Salzwedel, J. (1992). *Umweltprobleme der Landwirtschaft: Sachbuch Ökologie*. Metzler-Poeschel.
- Hanafi, J., & Riman, A. (2015). Life Cycle Assessment of a Mini Hydro Power Plant in Indonesia: A Case Study in Karai River. *Procedia CIRP*, 29, 444–449.