

ANALISIS DAMPAK PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN MENGGUNAKAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA): STUDI LITERATUR

IMPACT ANALYSIS OF FISHERY PROCESSING USING *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) METHOD: A LITERATURE REVIEW

Nadia Athirafitri^{1*}, Nastiti Siswi Indrasti², dan Andes Ismayana²

Program Studi Teknik Industri Pertanian, Sekolah Pascasarjana, IPB University
Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia.

E-mail: nadia_athirafitri@apps.ipb.ac.id

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University

Makalah: Diterima 25 Januari 2021; Diperbaiki 16 November April 2021; Disetujui 31 Desember 2021

ABSTRACT

The development of the fishery industry not only provides advantages, but has a significant impact on the environment. Life Cycle Assessment (LCA) can be used to identify positive and negative environmental impacts of a process or product, find opportunities for processing and product development, comparing and analyzing the impact of the environment caused and calculate the environmental impacts resulting from a quantitative product. Life Cycle Assessment (LCA) according to the ISO 14040 consists of four stages, namely the determination of the goals and scope, inventory analysis, impact analysis, and interpretation. The purpose of this literature study was to identify and quantify the potential pollution and environmental impact caused by the production process in the fishery industry. Fishery products studied were fish fillets and canned fish products. The potential environmental impacts of processing of fishery industry cover greenhouse gas (GHG), acidification, and eutrophication. The description of the environmental impact analysis in the fishery processing industry was explained in this work. The literature data indicates that the impact of GHG is caused by CO₂, the impact of acidification is generated by SO₂, and the effects of eutrophication are generated by PO₄³⁻. Recommendations for improvements are replacing energy sources and fuels.

Keywords: acidification, eutrophication, fishery processing industry, GHG, life cycle assessment

ABSTRAK

Perkembangan industri perikanan tidak hanya memberikan keuntungan, tetapi menimbulkan berdampak signifikan terhadap lingkungan. *Life Cycle Assessment* (LCA) dapat digunakan untuk mengidentifikasi dampak lingkungan yang positif maupun negatif dari suatu proses atau produk, menemukan peluang untuk pengembangan proses dan produk, membandingkan dan menganalisis dampak lingkungan yang ditimbulkan serta menghitung dampak lingkungan yang dihasilkan dari suatu produk secara kuantitatif. *Life Cycle Assessment* (LCA) menurut ISO 14040 terdiri dari empat tahapan yaitu penentuan tujuan dan ruang lingkup, analisis inventori, analisis dampak dan interpretasi. Tujuan dari studi literatur ini yaitu untuk mengidentifikasi dan mengukur potensi dampak pencemaran lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksi pada industri perikanan. Produk hasil perikanan yang dikaji yaitu ikan filet dan produk ikan kaleng. Potensi dampak lingkungan dari pengolahan industri hasil perikanan meliputi gas rumah kaca (GRK), asidifikasi dan eutrofikasi. Gambaran umum dari hasil analisis dampak lingkungan pada industri pengolahan hasil perikanan akan dijelaskan pada studi literatur ini. Data literatur menunjukkan bahwa dampak GRK dihasilkan oleh CO₂, dampak asidifikasi dihasilkan oleh SO₂, dan dampak eutrofikasi dihasilkan oleh PO₄³⁻. Rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan antara lain mengganti sumber energi dan bahan bakar.

Kata Kunci: asidifikasi, eutrofikasi, GRK, industri pengolahan hasil perikanan, *life cycle assessment*

PENDAHULUAN

Perikanan termasuk dalam subsektor pertanian yang berperan penting dalam menyumbang angka pendapatan negara maupun daerah. Hal tersebut dikarenakan sebagian besar wilayah negara Indonesia merupakan perairan, sehingga sektor perikanan menjadi sub sektor yang layak untuk dikembangkan. Letak Indonesia yang berada di antara Samudera Hindia dan Pasifik menyebabkan hasil perikanan berkembang pesat. Menurut data FAO (2016), 15%

sumber protein hewani yang dikonsumsi berasal dari produk hasil kelautan dan perikanan. Tingkat keragaman hayati perikanan yang hidup di wilayah perairan Indonesia cukup tinggi, yaitu ± 37% dari spesies ikan di dunia.

Perikanan di Indonesia terbagi menjadi tiga jenis perikanan, yaitu perikanan air laut, perikanan air payau, dan perikanan air darat. Hasil kelautan dan perikanan dapat ditemukan pada semua tipe perairan dengan bentuk dan karakter yang berbeda-beda (Adrim, 2010). Sifat hasil kelautan dan perikanan

mudah rusak (*highly perishable*), sehingga hasil tangkapan yang tidak terjual perlu dilakukan pengolahan. Pengolahan hasil kelautan dan perikanan merupakan penanganan pasca produksi tangkap menggunakan sarana prasarana dan teknologi (Riyanto dan Mardiansjah, 2018). Menurut Bar (2015), pengolahan hasil kelautan dan perikanan dilakukan untuk menjaga kualitas dan dapat meningkatkan nilai tambah produk yg diolah. Pengolahan dalam hal ini memiliki peranan yang penting untuk mempertahankan mutu produk hasil perikanan. Perbedaan karakteristik sumber daya ikan, sumber daya manusia, dan sumber daya teknologi di setiap daerah mengakibatkan potensi pengembangan industri perikanan yang berbeda. Identifikasi potensi wilayah diperlukan dalam upaya pengembangan industri perikanan, sehingga dapat dibuat strategi dan teknologi yang tepat untuk pengembangan industri perikanan di setiap daerah.

Perkembangan industri perikanan tidak hanya memberikan keuntungan, tetapi juga menyumbang dampak bagi lingkungan sekitar. Menurut Avadi dan Freon (2013), dampak lingkungan yang dihasilkan dari sektor perikanan berasal dari proses produksi bahan segar menjadi bahan siap konsumsi, dan penggunaan bahan bakar untuk keperluan proses produksi dan kapal penangkapan. Industri pengolahan hasil perikanan biasanya menyebabkan potensi terjadinya efek gas rumah kaca (GRK), asidifikasi, dan eutrofikasi. Gas rumah kaca (GRK) menghasilkan emisi berupa *Hybrid Fiber Coaxial* (HFC), karbon dioksida (CO₂), dan metana (CH₄). *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyatakan bahwa GRK yang dihasilkan memiliki potensi terhadap pemanasan global (*Global Warming Potential/GWP*) yang diukur secara relatif berdasarkan emisi CO₂. Asidifikasi menghasilkan emisi berupa klorin dioksida (SO₂), amonia (NH₃), dan NO_x sebagai hasil pembakaran dimana dapat meningkatkan kandungan asam yang dilepas ke atmosfer. Sedangkan eutrofikasi menghasilkan emisi berupa fosfat (PO₄³⁻) dan Nitrat (NO₃⁻) yang berasal dari limbah cair yang dihasilkan dari proses-proses produksi (Sofiah *et al.*, 2017). Pengukuran dan pemahaman untuk meminimalisir potensi GRK, atau jejak karbon dari produk yang dihasilkan merupakan bagian penting dari upaya industri pengolahan hasil perikanan untuk mengurangi pencemaran lingkungan, memenuhi peraturan pemerintah, menghasilkan produk ramah lingkungan, dan mewujudkan lingkungan yang berkelanjutan. Konsep produk ramah lingkungan dapat meningkatkan kualitas hidup dengan mengurangi dampak lingkungan dan pemakaian sumber daya melalui daur hidup (*life cycle*) serta mengetahui tingkat *sustainability* suatu produk (Palupi *et al.*, 2014).

Saat ini terdapat beragam metode penilaian dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh daur hidup suatu produk. Salah satu metode yang biasa

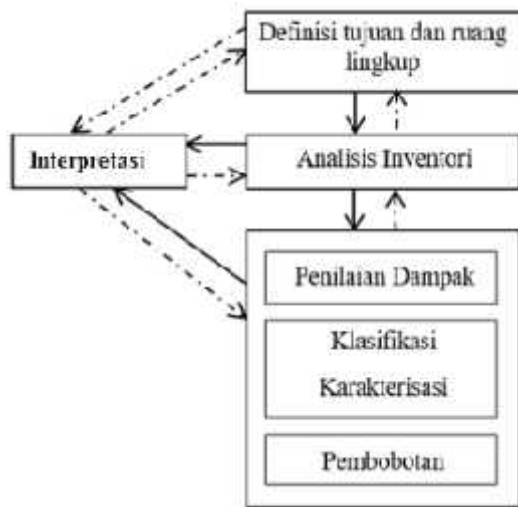
digunakan dalam menilai daur hidup suatu produk yaitu *Life Cycle Assessment* (LCA). *Life Cycle Assessment* (LCA) dapat digunakan untuk mengidentifikasi dampak lingkungan yang positif ataupun negatif dari suatu proses dan produk, menemukan peluang untuk pengembangan proses dan produk, membandingkan dan menganalisis dampak lingkungan yang ditimbulkan serta menghitung dampak lingkungan yang dihasilkan dari suatu produk secara kuantitatif (Chaerul dan Allia, 2020). Penerapan *Life Cycle Assessment* (LCA) juga dapat digunakan sebagai tolak ukur apakah proses produksi telah menghemat energi, apakah produk yang dihasilkan sudah aman dan mempertimbangkan dampak negatif yang akan menyebabkan terjadinya perubahan lingkungan. Perubahan lingkungan tersebut berupa perubahan iklim, penipisan lapisan ozon, pembentukan asap, eutrofikasi, pengasaman, toksikologi terhadap kesehatan manusia dan ekosistem, penurunan sumber daya, kebisingan, dan lain-lain (Sofiah *et al.*, 2017). Tulisan ini dimaksudkan sebagai ringkasan dari beberapa literatur *Life Cycle Assessment* (LCA) yang meneliti tentang pengolahan hasil perikanan dan jurnal-jurnal yang terkait. Tujuan dari studi literatur ini yaitu untuk mengidentifikasi dan mengukur potensi dampak pencemaran lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksi pada industri perikanan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk mengetahui potensi pencemaran dan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksi pada industri perikanan dalam tulisan ini yaitu *Life Cycle Assessment* (LCA). *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan metode yang digunakan sebagai alat untuk mengukur keberlanjutan lingkungan dan menilai dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksi (Zutphen dan Wijbrans, 2010). Tujuan dari penerapan *Life Cycle Assessment* (LCA) meliputi rekayasa proses, desain dan optimasi dalam siklus hidup, perbandingan produk termasuk desain produk dan perbaikan produk, *ecolabelling*, dan perencanaan strategi jangka panjang (Zbicinski *et al.*, 2006).

LCA yang dibahas dalam tulisan ini meninjau sejumlah studi LCA pada industri pengolahan perikanan. Literatur yang ditinjau bersumber dari publikasi dan buku yang membahas tentang LCA pada industri perikanan ataupun topik-topik yang terkait. Hasil dari *Life Cycle Assessment* (LCA) dapat dijadikan sebagai dasar perbaikan melalui berbagai skenario untuk menurunkan dampak lingkungan dan meningkatkan keefisiensi (Schneider *et al.*, 2016). Kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) menggunakan empat tahapan utama yang sesuai dengan ISO 14040. Keempat tahapan tersebut ditunjukkan oleh Gambar 1. Tanda panah pada gambar menunjukkan urutan proses,

sedangkan tanda panah putus-putus mengindikasikan kemungkinan terjadinya proses berulang (Chaerul dan Allia, 2020).



Gambar 1. Tahapan *Life Cycle Assessment* (LCA) berdasarkan ISO 14040

Terdapat empat pilihan untuk menentukan batas-batas sistem yang digunakan berdasarkan standar ISO 14040: 2006 didalam sebuah studi *Life Cycle Assessment* (LCA). Batasan-batasan sistem tersebut yaitu:

- (1) *Cradle to grave*: dimulai dari ekstraksi bahan baku (termasuk bahan, energi semua proses) di seluruh tahapan produksi, transportasi dan penggunaan, sampai produk akhir dalam siklus hidup.
- (2) *Cradle to gate*: meliputi semua proses dari ekstraksi bahan baku sampai seluruh tahapan produksi produk (proses dalam pabrik), digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari produksi sebuah produk.
- (3) *Gate to grave*: meliputi seluruh proses dan penggunaan pasca produksi sampai fase akhir kehidupan siklus hidup, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari produk setelah keluar dari pabrik.
- (4) *Gate to gate*: batas sistem hanya meliputi proses dari tahap produksi, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari langkah produksi atau proses (GaBi, 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian LCA ini bertujuan untuk mengetahui potensi pencemaran dan emisi yang ditimbulkan dari proses produksi di industri pengolahan hasil perikanan. Bahan baku ditangkap menggunakan kapal tradisional ataupun kapal penangkapan yang lebih modern dengan teknologi yang lebih baik. 60-70% dari bahan baku yang diolah menghasilkan produk samping hasil proses produksi yang dapat dikategorikan sebagai limbah padat yang bisa dimanfaatkan. Produk samping tersebut dapat berupa bagian-bagian ikan atau sisa bahan baku yang tidak digunakan. Bagian-bagian yang tidak diperlukan dari proses produksi antara lain kepala, tulang, kulit, sisa daging potongan, organ dalam, dan lain-lain. Produk samping dapat dimanfaatkan untuk pembuatan pakan ternak atau bahan baku dalam pengolahan produk lain. Hal tersebut dapat membantu meminimalisir potensi pencemaran yang terjadi di lingkungan.

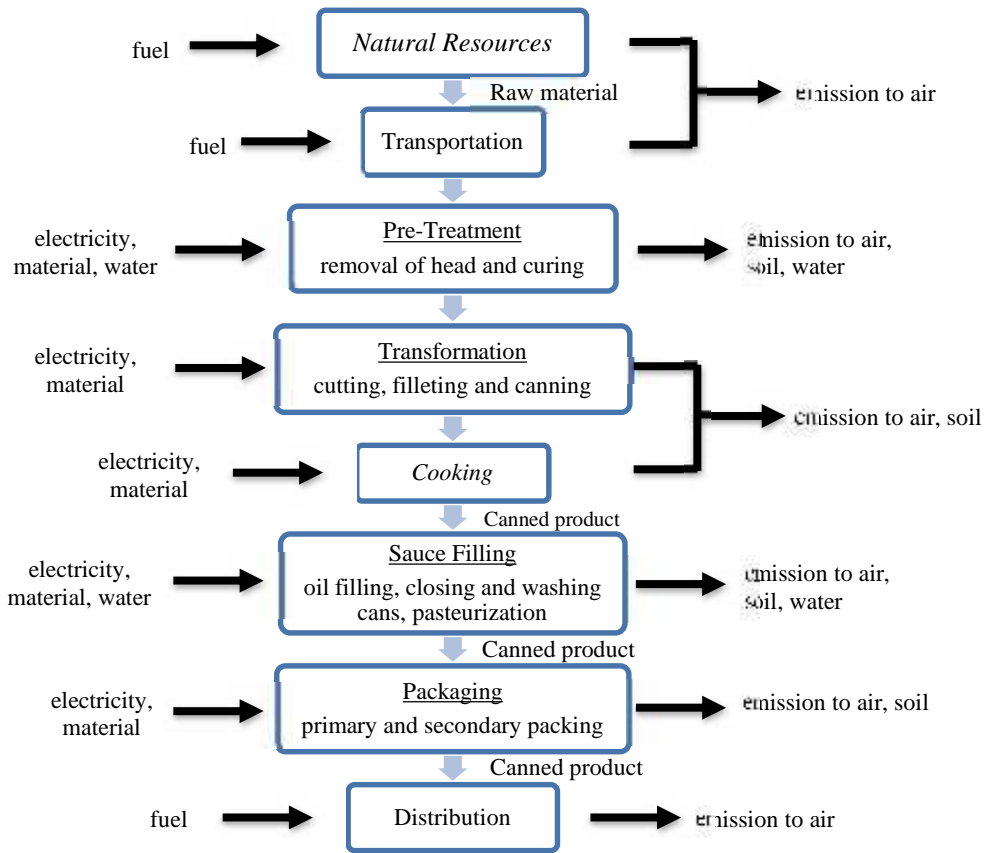
Batas sistem LCA sering diilustrasikan dengan diagram alir *input* dan *output* yang umum. Semua operasi yang berkontribusi pada siklus hidup produk, proses, atau aktivitas termasuk dalam batas sistem. Tujuan *functional unit* (FU) yaitu untuk menyediakan unit referensi dimana data inventaris dinormalisasi. Definisi *functional unit* (FU) bergantung pada kategori dampak lingkungan dan tujuan investigasi. *Functional unit* (FU) ditetapkan berdasarkan massa produk yang akan diteliti (Roy *et al.*, 2009).

LCA yang dikaji dibatasi dalam lingkup *cradle-to-gate*, yaitu dari proses penangkapan hasil perikanan sebagai bahan baku, kegiatan pengolahan hasil perikanan di industri, dan kegiatan transportasi produk hasil perikanan. Batas sistem tersebut dipilih untuk mengetahui dampak lingkungan dalam satu siklus pengolahan hasil perikanan. Unit fungsi digunakan untuk memberikan kondisi perbandingan yang terhubung ke input dan output (Castanheira *et al.*, 2010). Tabel 1 menunjukkan daftar referensi beserta batas sistem dan unit fungsi LCA yang dikaji dalam tulisan ini.

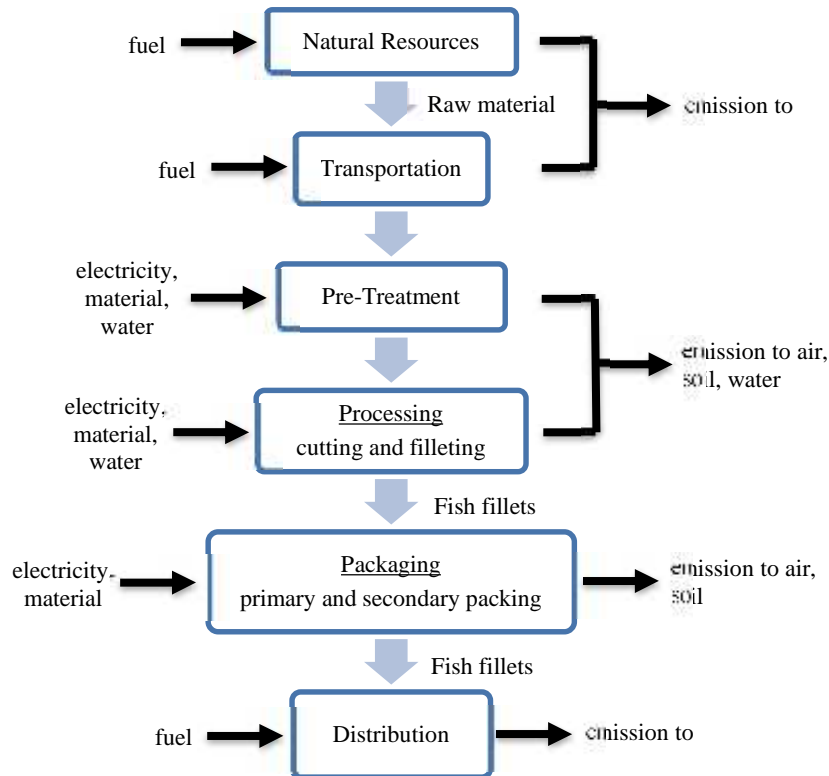
Olahan hasil perikanan yang dikaji dalam tulisan ini yaitu produk kaleng dan ikan filet. Diagram data aliran bahan dan energi dari masing-masing produk disajikan dalam Gambar 2. dan Gambar 3.

Tabel 1. Daftar referensi beserta batas sistem dan unit fungsi LCA yang dikaji

Referensi	Hasil Perikanan	Batas Sistem	Unit Fungsi	Produk Olahan
Almeida <i>et al.</i> , 2015	European pilchard (<i>Sardina pilchardus</i>)	<i>Cradle to gate</i>	1 kg sarden kaleng dengan minyak zaitun	Produk kaleng
Iribarren <i>et al.</i> , 2010	Kerang (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	<i>Cradle to gate</i>	1 kg daging kerang	Produk kaleng
Laso <i>et al.</i> , 2017	Teri (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	<i>Cradle to gate</i>	1 kg teri mentah	Produk kaleng
Thrane 2006	Flatfish	<i>Cradle to gate</i>	500 g ikan filet beku	Ikan filet
Varquez-Rowe <i>et al.</i> , 2011	European hake (<i>Merluccius merluccius</i> L.)	<i>Cradle to gate</i>	500 g ikan filet segar	Ikan filet
Ziegler <i>et al.</i> , 2003	Kod (<i>Gadus marhua</i>)	<i>Cradle to gate</i>	500 g ikan filet	Ikan filet



Gambar 2. Diagram alir bahan dan energi produk kaleng



Gambar 3. Diagram alir bahan dan energi ikan filet

Pengalengan merupakan salah satu cara pengawetan hasil perikanan yang paling umum. Hasil perikanan yang dapat diolah menjadi produk kaleng antara lain ikan tuna, ikan sarden, dan kerang. Pengalengan dapat menjaga nilai gizi dan keamanan pangan tanpa adanya tambahan zat aditif atau pengawet. Produk hasil perikanan dalam bentuk kaleng memiliki keuntungan, karena dapat disimpan dalam jangka waktu yang lebih lama, siap dikonsumsi, dan harga yang lebih terjangkau (Vazquez-Rowe *et al.*, 2012). Pemeriksaan logam dilakukan sebelum kaleng ditutup. Pemeriksaan tersebut menggunakan alat deteksi yang berfungsi untuk memastikan produk aman untuk dikonsumsi. Kaleng yang telah ditutup kemudian masuk ke proses pasteurisasi. Waktu dan suhu pasteurisasi tergantung pada mikroba yang akan dimatikan dan kepekaan produk terhadap panas (Sofiah, 2017). Produk yang telah melewati tahap pasteurisasi disimpan pada suhu rendah agar pertumbuhan mikroorganisme dapat ditekan. Proses pasteurisasi secara umum dapat menambah umur simpan produk hasil perikanan yang dikalengkan. Hal tersebut dikarenakan pada saat pasteurisasi terjadi inaktivasi enzim dan pembunuhan mikroorganisme yang sensitif terhadap panas (Kusnandar, 2010). Sumber panas yang digunakan pada proses pasteurisasi berasal dari uap panas yang dihasilkan oleh boiler dan disalurkan ke bak pasteurisasi.

Ikan filet merupakan irisan daging ikan tanpa tulang, tanpa sisik, dan terkadang tanpa kulit. Bahan baku yang digunakan dapat berupa bahan baku yang segar ataupun bahan baku beku. Prinsip dilakukannya teknik pembekuan yaitu untuk menghambat pertumbuhan bakteri yang mudah mengkontaminasi produk ikan, sehingga ikan dapat terjaga kesegaran dan kualitasnya (Jayanti *et al.*, 2012). Proses produksi ikan filet memerlukan sanitasi yang baik dan harus dalam kondisi yang steril. Hal tersebut dikarenakan agar tidak ada faktor yang dapat mengkontaminasi produk sehingga mutu produk tetap terjaga (Sofiah *et al.*, 2017). *Filleting* merupakan proses dimana terjadinya pemisahan daging dari kepala, isi perut, ekor, dan tulang ikan, kemudian dilanjutkan dengan proses *bonning* dan *skinning*. Setelah dilakukan pengecekan terhadap kualitas, daging ikan filet kemudian dipotong dengan ukuran tertentu. Produk ikan filet dikemas menggunakan kemasan primer (plastik), kemasan sekunder (plastik) dan kemasan tersier (kardus). Kemasan primer yang digunakan berupa plastik untuk kemasan vakum (Ziegler *et al.*, 2003). Pengemasan vakum merupakan pengemasan yang menghilangkan seluruh udara yang terdapat di dalam kemasan produk, sehingga produk tersebut disimpan dalam kondisi anaerobik. Kemasan vakum merupakan salah satu pengembangan teknologi kemasan yang banyak digunakan dalam industri perikanan agar daya simpan produk lebih lama tanpa mengubah nutrisi dan karakteristik dari produk

(Droghetti *et al.*, 2011). Ikan filet yang telah dikemas dengan kemasan primer kemudian dibekukan. Produk yang telah beku kemudian dikemas dengan kemasan sekunder dan tersier untuk didistribusikan ke pasaran.

Analisis inventori dalam LCA merupakan proses kuantifikasi kebutuhan energi dan material, emisi udara, limbah padat dan semua *output* yang dibuang ke lingkungan selama daur hidup produk. Tujuan analisis ini adalah untuk menunjukkan pengaruh lingkungan pada setiap bagian siklus hidup. Semua *input* dan *output*, seperti dampak lingkungan langsung, jumlah produk setengah jadi yang diperlukan, bahan pembantu dan energi yang diperlukan dari proses yang terlibat dalam siklus hidup ditentukan dan diinventarisasi dalam tahapan ini. Data harus mencakup semua *input* dan *output* dari semua proses. Data *input* berupa energi (terbarukan dan tidak terbarukan), air, bahan baku, dan lain-lain. Data *output* berupa produk utama, produk samping, emisi (CO₂, CH₄, SO₂, NO_x, CO) ke udara, air dan tanah (TSS, BOD, COD, AOXs) dan limbah padat (Roy *et al.*, 2009). Data inventori dari Almeida *et al.* (2015); Iribarren *et al.* (2010); Laso *et al.* (2017), dan Vazquez-Rowe *et al.* (2011) dirangkum dalam Tabel 2, sedangkan data inventori dari Thane (2006) dan Ziegler *et al.* (2003) tidak ditampilkan pada jurnal referensi tersebut.

Analisis dampak merupakan evaluasi terhadap dampak potensi lingkungan dengan menggunakan hasil dari *life cycle inventory* dan menyediakan informasi untuk menginterpretasikan pada fase terakhir (Hermawan *et al.*, 2013). Tahapan *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) merupakan tahap analisa mengenai jenis dan besar nilai setiap kategori dampak yang dihasilkan. Berdasarkan jurnal referensi yang dikaji dalam tulisan ini menyebutkan bahwa kandungan emisi dan limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan hasil perikanan merupakan kategori sumber polutan yang cukup tinggi terhadap dampak emisi gas rumah kaca (GRK), asidifikasi dan eutrofikasi. Ketiga dampak tersebut menjadi fokus utama yang akan dibahas dalam tulisan ini.

Gas Rumah Kaca (GRK)

Dampak GRK berasal dari sumber penyebab langsung dan tidak langsung. Sumber penyebab langsung menghasilkan emisi berupa gas CO₂, CH₄, N₂O, dan HFC, sedangkan penyebab tidak langsung menghasilkan emisi berupa gas CO, NO_x, CFC, dan gas-gas organik non metal volatil lain (Sofiah *et al.*, 2017). Gas CO merupakan salah satu gas yang berperan penting dalam pemanasan global secara tidak langsung yang dapat menyebabkan penipisan lapisan ozon (IPCC, 2001; Yadav dan Samadder, 2017). Penipisan lapisan ozon mengakibatkan hilangnya lapisan yang menghalangi radiasi matahari, sehingga sinar matahari masuk ke bumi dan tidak dapat dipantulkan keluar karena adanya penumpukan emisi GRK di atmosfer.

Tabel 2. Data inventori dari jurnal referensi

Data	Jurnal Referensi			
	Almeida <i>et al.</i>	Iribarren <i>et al.</i>	Laso <i>et al.</i>	Varquez-Rowe <i>et al.</i>
Input				
Teri	-	-	kg	-
Ikan sarden	kg	-	-	-
Kerang	-	kg	-	-
European hake	-	-	-	g
Garam	kg	-	kg	-
Energi listrik	kWh	kWh	-	kWh
Energi termal	-	MJ	MJ	-
Air	m ³	dm ³	m ³	g
Es	-	-	-	g
Minyak	kg	kg	kg	-
Kaleng aluminium	kg	-	kg	-
Tinplate	-	kg	kg	-
Glass	-	-	kg	-
Box ikan	-	-	-	g
Plastik LDPE	kg	-	kg	g
Kardus	kg	kg	kg	g
Corrugated board	kg	-	kg	-
Natural gas	-	-	m ³	-
Diesel	L	t km	g	g
Coolant	g/hour	-	-	-
Output				
Teri kaleng	-	-	kg	-
Sarden kaleng	kg	-	-	-
Kerang kaleng	-	kg	-	-
European hake filet	-	-	-	g
Limbah air	m ³	m ³	m ³	-
Limbah untuk diolah	kg	kg	kg	g
Minyak	kg	-	kg	-
Garam	kg	-	-	-
Emisi ke atmosfer	-	✓	-	g
Emisi ke laut	-	✓	-	mg
BOD	-	mg O ₂	-	-
COD	g O ₂	mg O ₂	-	-
Nitrogen	g	mg N	-	-
SST	g	g	-	-

Tabel 3. Data kategori dampak

Referensi	Jenis produk	Kategori dampak		
		GRK	Asidifikasi	Eutrofikasi
Almeida <i>et al.</i> , 2015	Produk kaleng	0,9 kg CO ₂ eq	0,038 kg SO ₂ eq	0,012 kg PO ₄ ³⁻ eq
Iribarren <i>et al.</i> , 2010	Produk kaleng	CO ₂ eq	SO ₂ eq	PO ₄ ³⁻ eq
Laso <i>et al.</i> , 2007	Produk kaleng	0,91 kg CO ₂ eq	0,003 kg SO ₂ eq	0,00012 kg PO ₄ ³⁻ eq
Varquez-Rowe <i>et al.</i> , 2011	Ikan filet	0,0102 kg CO ₂ eq	0,000148 kg SO ₂ eq	0,0000272 kg PO ₄ ³⁻ eq
Thrane, 2006	Ikan filet	10,428 kg CO ₂ eq	0,117 kg SO ₂ eq	-
Ziegler <i>et al.</i> , 2003	Ikan filet	CO ₂ eq	SO ₂ eq	PO ₄ ³⁻ eq

Berdasarkan jurnal referensi, total emisi GRK pada produk perikanan kaleng sebesar 0,9 kg CO₂/ kg produk, sedangkan total emisi GRK pada ikan filet sebesar 0,0102 kg CO₂/ kg produk dan 10,428 kg CO₂/ kg produk. Perbedaan hasil total emisi tersebut

dapat disebabkan oleh pembakaran transportasi, perbedaan jenis bahan baku dan bahan kemasan yang digunakan. Hasil perikanan yang digunakan sebagai bahan baku produksi memiliki kualitas yang berbeda dari satu spesies ke spesies lainnya.

Menurut Almeida *et al.* (2015), proses produksi dan proses pengemasan produk olahan hasil perikanan kaleng berkontribusi besar terhadap dampak GRK. Penggunaan kaleng aluminium sebagai kemasan produk hasil perikanan berkontribusi lebih besar dibandingkan dengan kemasan campuran aluminium timah. Laso *et al.* (2007) dan Iribarren *et al.* (2010) menyatakan bahwa dampak gas rumah kaca bersumber dari penggunaan listrik sebagai pembangkit energi dan bahan bakar transportasi. Industri pengolahan hasil perikanan menggunakan listrik sebagai sumber energi alat-alat produksi dan pengolahan, serta sebagai sumber energi penerangan di ruang produksi maupun kantor. Jumlah karbon per unit energi yang dipakai pada proses produksi maupun transportasi bervariasi menurut jenis yang digunakan (Ziegler *et al.*, 2003). Selain itu, Iribarren *et al.* (2010) juga menyatakan bahwa produksi minyak sebagai bahan tambahan produk juga berkontribusi terhadap dampak GRK.

Varquez-Rowe *et al.* (2011) menyatakan bahwa penggunaan plastik pada produk ikan filet memberikan kontribusi yang tinggi terhadap dampak GRK. Menurut Thrane (2006) dan Ziegler *et al.* (2003), hampir setengah dari potensi GRK berkaitan dengan aktivitas penangkapan ikan. Penggunaan diesel sebagai bahan bakar kapal penangkapan hasil perikanan menghasilkan emisi CO₂ yang berkontribusi besar terhadap pemanasan global dan dapat menyebabkan perubahan iklim. Perbedaan kapal penangkapan, proses dan teknologi yang digunakan dapat menghasilkan kontribusi emisi yang berbeda karena adanya perbedaan *input* dan *ouput* yg dihasilkan (Ziegler *et al.*, 2003).

Asidifikasi

Asidifikasi merupakan pencemaran yang terjadi karena adanya pengasaman lingkungan. Asidifikasi disebabkan oleh polutan SO₂ dan NO_x, serta NH₃ yang ada di atmosfer. Sumber polutan penyebab asidifikasi yang mengandung SO₂ berasal dari penggunaan bahan bakar, listrik, dan pembakaran sulfur. Adanya reaksi oksidasi yang menghasilkan uap air dari beberapa gas tersebut menghasilkan asam sulfat dan asam nitrat sehingga menyebabkan terjadinya hujan asam.

Berdasarkan jurnal referensi, total emisi asidifikasi pada produk perikanan kaleng sebesar 0,003 kg SO₂/ kg produk dan 0,038 kg SO₂/ kg produk, sedangkan total emisi asidifikasi pada ikan filet sebesar 0,000148 kg SO₂/ kg produk dan 0,117 kg SO₂/ kg produk. Perbedaan hasil total emisi tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan jarak tempuh, bahan bakar, maupun kemasan yang digunakan.

Kegiatan penangkapan ikan sebagai bahan baku produk kaleng menyebabkan dampak yang cukup tinggi. Proses penangkapan dan pengangkutan menggunakan kapal laut dapat menghasilkan emisi logam berat dan zat lain (seperti klorida) dalam air

selama penggunaan bahan bakar (Laso *et al.*, 2007). Sekitar 54,76% dari asidifikasi disebabkan dari proses produksi produk hasil perikanan (Hospindo *et al.*, 2006). Penggunaan listrik selama proses produksi memberikan kontribusi yang signifikan terhadap asidifikasi (Iribarren *et al.*, 2010). Penyumbang emisi SO₂ terbesar pada industri pengolahan hasil perikanan yaitu penggunaan listrik (Irawan, 2019). Listrik digunakan sebagai sumber energi untuk penerangan ruang produksi dan alat penunjang proses produksi, salah satunya adalah *cold storage*. *Cold storage* dinyalakan secara terus-menerus untuk menjaga kualitas bahan baku dan produk, sehingga mengakibatkan besarnya konsumsi listrik yang digunakan dan akan berdampak terhadap emisi yang dihasilkan. Penggunaan kemasan kaleng juga berkontribusi terhadap asidifikasi (Almeida *et al.*, 2015). Hal tersebut dikarenakan bahan bakar boiler yang digunakan pada proses pasteurisasi kaleng berkontribusi terhadap terbentuknya emisi SO₂.

Varquez-Rowe *et al.* (2011), Thrane (2006), dan Ziegler *et al.* (2003) menyebutkan bahwa asidifikasi didominasi oleh kegiatan penangkapan ikan sebagai bahan baku ikan filet. Kegiatan penangkapan ikan menghasilkan 89% SO₂ yang berdampak tinggi terhadap asidifikasi (Varquez-Rowe *et al.*, 2011). Kontributor utama asidifikasi yaitu NO_x dan SO_x (Ziegler *et al.*, 2003). Sedangkan menurut Thrane (2006), kegiatan penangkapan ikan memberikan potensi asidifikasi (setara SO₂) yang besar terutama karena emisi NO_x. Selain kegiatan penangkapan, transportasi juga berperan dalam terjadinya asidifikasi (Ziegler *et al.*, 2003).

Eutrofikasi

Eutrofikasi adalah peningkatan kadar nutrisi yang menyebabkan berkembangnya tumbuhan di permukaan perairan sehingga menurunkan kadar oksigen serta intensitas cahaya yang masuk ke perairan. Hal tersebut mengakibatkan berkurangnya biota dalam air (Simbolon, 2016). Menurut Amann *et al.* (2018), cemaran pada badan air bersumber dari limbah yang dihasilkan oleh industri. Sumber polutan penyebab eutrofikasi pada industri pengolahan hasil perikanan adalah NO_x, NO₃⁻, PO₄³⁻, dan nutrisi (N dan P). Sumber polutan NO_x dihasilkan dari penggunaan listrik dan bahan bakar. Sedangkan NO₃⁻ dan PO₄³⁻ dihasilkan dari pengelolaan air limbah. Jenis polutan yang mendominasi dampak eutrofikasi adalah PO₄³⁻ dan NO₃⁻ (Hospido *et al.*, 2006; Varquez-Rowe *et al.*, 2011; Almeida *et al.*, 2015; Sofiah, 2017; Irawan, 2019). PO₄³⁻ dan NO₃⁻ dihasilkan dari pengelolaan limbah cair di industri pengolahan hasil perikanan. Limbah cair berkontribusi besar terhadap dampak eutrofikasi yang dihasilkan oleh industri ini dikarenakan limbah merupakan penyebab langsung dari pengayaan nutrisi dalam air.

Berdasarkan jurnal referensi, total emisi eutrofikasi pada produk perikanan kaleng sebesar

0,00012 kg PO₄³⁻/ kg produk dan 0,012 kg PO₄³⁻/ kg produk, sedangkan total emisi eutrofikasi pada ikan filet sebesar 0,0000272 kg PO₄³⁻/ kg produk. Total emisi tersebut berasal dari penggunaan bahan bakar, produksi bahan kemasan, dan bahan kimia atau bahan tambahan yang digunakan. Kapal dan alat penangkapan serta jarak tempuh yang berbeda juga dapat mempengaruhi jumlah emisi yang dihasilkan.

Berdasarkan referensi, Iribarren *et al.* (2010) dan Almeida *et al.* (2015) menyebutkan bahwa minyak zaitun sebagai bahan tambahan pada produk kaleng berkontribusi terhadap eutrofikasi. Produksi minyak zaitun bertanggung jawab atas 71% dari total emisi yang dihasilkan. Kontribusi minyak zaitun tersebut sebagian besar berasal dari fase hulu budidaya dan panen buah (Almeida *et al.*, 2015). Selain itu, produksi bahan kemasan juga memberikan dampak yang tinggi karena menghasilkan emisi amonia, nitrogen, fosfat, PO₄³⁻ dan COD selama proses produksi (Laso *et al.*, 2007).

Proses penangkapan mendominasi emisi ke udara dan pengolahan limbah mendominasi emisi ke air (Ziegler *et al.*, 2003). Penangkapan bahan baku berkontribusi pada potensi pengayaan nutrisi (setara NO₃) yang disebabkan oleh emisi NO_x yang dihasilkan dari pembakaran solar (Thrane, 2006). Semakin jauh jarak yang ditempuh, maka semakin banyak bahan bakar yang digunakan sehingga semakin besar dampak eutrofikasi yang dihasilkan. Selain itu, operasi pengolahan limbah, termasuk air limbah berkontribusi sebesar 59,4% terhadap dampak eutrofikasi (Varquez-Rowe *et al.*, 2011). Industri menggunakan air pada setiap tahapan produksi untuk menjaga kebersihan produk yang dihasilkan. Air juga diperlukan untuk sanitasi pekerja dan peralatan. Akumulasi penggunaan air yang besar tersebut menyebabkan jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh industri cukup tinggi sehingga mempengaruhi jumlah emisi yang dihasilkan.

Hasil analisis inventaris dan penilaian dampak diidentifikasi dan dievaluasi dalam interpretasi sehingga didapatkan kesimpulan dan rekomendasi yang sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup penelitian. Berdasarkan literatur yang dikaji, dampak GRK pada produksi produk hasil perikanan termasuk yang tertinggi (Tabel 3). Hal tersebut didominasi oleh penggunaan listrik dan pembakaran bahan bakar pada transportasi. Perbaikan yang dapat dilakukan yaitu penggunaan bahan bakar modern untuk menurunkan potensi pencemaran. Bahan bakar modern memiliki 97% kandungan sulfur lebih rendah sehingga dapat menghemat konsumsi bahan bakar serta menghasilkan emisi buang yang lebih rendah (Ziegler *et al.*, 2003). Selain itu, penggunaan listrik juga dapat diminimalisir dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai energi baru terbarukan. Penerapan PLTS perlu diterapkan untuk mengendalikan konsumsi energi di sektor industri sehingga menghasilkan emisi karbon yang lebih

rendah. Selain itu, penggunaan PLTS juga dapat menghemat pengeluaran biaya konsumsi listrik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Produk yang kajian LCA ini yaitu produk kaleng dan ikan filet. Berdasarkan analisis produk, perikanan kaleng memberikan dampak lingkungan kategori GRK sebesar 0,9 kg CO₂ eq, asidifikasi sebesar 0,003 sampai 0,038 kg SO₂ eq, dan eutrofikasi sebesar 0,00012 sampai 0,012 kg PO₄³⁻ eq. Sedangkan ikan filet memberikan dampak lingkungan kategori GRK sebesar 0,0102 sampai 10,428 kg CO₂ eq, asidifikasi sebesar 0,000148 sampai 0,117 kg SO₂ eq, dan eutrofikasi sebesar 0,0000272 kg PO₄³⁻ eq. Dampak terbesar terdapat pada kegiatan penggunaan listrik dan pembakaran bahan bakar. Pencemaran lingkungan dapat dikurangi dengan alternatif perbaikan berupa penggunaan bahan bakar modern dan penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

DAFTAR PUSTAKA

- Adrim M. 2010. *Panduan Untuk Penelitian Ikan Laut*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI.
- Almeida C, Vaz S, Ziegler F. 2015. Environmental life cycle assessment of a canned sardine product from Portugal. *Journal of Industrial Ecology*. doi:10.1111/jiec.12219.
- Amann A, Zoboli O, Krampe J, Rechberger H, Zessner M, Egle L. 2018. Environmental impacts of phosphorus recovery from municipal wastewater. *Jurnal Resource, Conservation and Recycling*. 130: 127-139.
- Avadi A dan Freon P. 2013. Life cycle assessment of fisheries: a review for fisheries scientist and managers. *Fisheries research*, 143:21-38.
- Bar ES. 2015. A case study of obstacles and enablers for green innovation within the fish processing equipment industry. *Journal Cleaner Production*. 90:234-243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.055>
- Castanheira EG, Dias AC, Arroja L, Amaroc R. 2010. The environmental performance of milk production on a typical Portuguese dairy farm. *Agri Syst*, 103: 498-507.
- Chaerul M dan Allia V. 2020. Tinjauan kritis studi *life cycle assessment* (LCA) di Indonesia. *Serambi Engineering*. 1(1):816-823.
- Droghetti E, Bartolucci GL, Focardi C, Bambagiotti-Alberti M, Nocentini M, Smulevich G. 2011. Development and validation of a quantitative spectrophotometric method to detect the amount of carbon monoxide in treated tuna fish. *Food Chemistry*. 128: 1143-1151, doi:10.1016/j.foodchem.2011.04.002.

- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2016. *The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)*. Rome: Fisheries and Aquaculture Department.
- GaBi. 2011. *Handbook for Life Cycle Assessment (LCA) Using the GaBi Software, PE Internasional*. Germany (DE) : Leinfelden-Echterdingen.
- Hermawan, Marzuki PF, Abdul M, Driejana R. 2013. *Peran Life Cycle Analysis (LCA) Pada Material Konstruksi dalam Upaya Menurunkan Dampak Emisi Karbon Dioksida Pada Efek Gas Rumah Kaca*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret. P47-52.
- Hospido A, Vazquez ME, Cuevas A, Feijoo G, Moreira MT. 2006. Environmental assessment of canned tuna manufacture with a life-cycle perspective. *Resources, conservation and recycling*. 47:56-72.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *Climate change: impacts, adaptation and vulnerability*. UK: Cambridge University Press.
- Irawan F. 2019. Penilaian daur hidup (*life cycle assessment*) produksi *fillet* ikan kerapu. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Iribarren D, Moreira MT, dan Feijoo G. 2010. Life cycle assessment of fresh and canned mussel processing and consumption in Galicia (NW Spain). *Conservation and Recycling*. 55: 106-117.
- Jayanti S, Ilza M, dan Desmelati. 2012. Pengaruh penggunaan minuman berkarbonasi untuk menghambat kemunduran mutu ikan gurami (*Osfrophonemus gouramy*) pada suhu kamar. *Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan*. 1(2): 71-87.
- Kusnandar F. 2010. *Kimia Pangan*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Laso J, Margallo M, Faullana P, Bala A, Gazulla C, Iribarren A, dan Aldaco R. 2007. When product diversification influences life cycle assessment: A case study of canned anchovy. *Science of the Total Environment*. 581-582: 629-639.
- Palupi AH, Tama IP, dan Sari RA. 2014. Evaluasi dampak lingkungan produk kertas dengan menggunakan *life cycle assessment* (LCA) dan *analytic network process* (ANP). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. 2(5): 1136-1147.
- Riyanto S dan Mardiansjah FH. 2018. Kajian pengembangan industri pengolahan perikanan dalam pengembangan ekonomi lokal di Kabupaten Pati. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*. 14(1):61-71.
- Roy P, Nei D, Orikasa T, Xu Q, Okadome N, Shiina T. 2009. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal Food Engineering*. 90:1-10
- Schneider L, Bach V, Finkbeiner M. 2016. LCA perspectives for resource efficiency assessment. Di dalam Finkbeiner M, editor. *Special Types of Life Cycle Assessment*. Dordrecht (NL): Springer.
- Simbolon AR. 2016. Status pencemaran di perairan Cilincing, Pesisir DKI Jakarta. *Journal Proceeding Biology Education Conference*. 13(1): 677-682.
- Sofiah I, Yani M, dan Ismayana A. 2017. Dampak pemanasan global pengolahan hasil perikanan menggunakan metode *life cycle assessment* (LCA): analisis *gate-to-gate*. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 28(1): 1-11.
- Sofiah I. 2017. *Life cycle assessment* produk perikanan di PT Kemilau Bintang Timur Cirebon, Jawa Barat. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Thrane M. 2006. LCA of danish fish products. *International Journal Of Life Cycle Assessment*. 11(1):66-74.
- Varquez-Rowe I, Moreira TM, Feijoo G. 2011. Life cycle assessment of fresh hake fillets captured by the Galician fleet in the Northern Stock. *Fisheries research*, 110: 128-135.
- Varquez-Rowe I, Hospido A, Moreira MT, dan Feijoo G. 2012. Best practices in life cycle assessment implementation in fisheries: Improving and broadening environmental assessment for seafood production systems. *Food Science and Technology*. 28(2): 116-131. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.07.003>
- Yadav P dan Samadder SR. 2017. A global prospective of income distribution and its effect on life cycle assessment of municipal solid waste management: A review. *Environmental Science and Pollution Research*. 24(10): 9123-9141.
- Zbicinski I, Stavenuiter J, Kozłowska B, Coevering HPM. 2006. *Product Design and Life Assessment*. Sweden: The Baltic University Press.
- Ziegler F, Nilsson P, Mattsson B, Walther Y. 2003. Life cycle assessment of frozen cod fillets including fishery-specific environmental impacts. *International Journal Of Life Cycle Assessment*. doi:10.1007/BF02978747.
- Zutphen VJM dan Wijbrans RA. 2011. LCA GHG emissions in production and combustion of Malaysian palm oil biodiesel. *Journal of Oil Palm & The Environment*. 2:86-92.