

## DAMPAK PEMANASAN GLOBAL PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN MENGGUNAKAN METODE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA): ANALISIS GATE-TO-GATE

### GLOBAL WARMING OF FISHERIES PRODUCT PROCESSING USING LIFE CYCLE ASSESSMENT APPROACH: GATE-TO-GATE ANALYSIS

Intan Sofiah<sup>1)\*</sup>, Mohamad Yani<sup>2)</sup>, dan Andes Ismayana<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Sekolah Pascasarjana IPB  
Email: intansofiah31@gmail.com 0821-6130-5234

<sup>2)</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

Makalah: Diterima 21 Agustus 2017; Diperbaiki 18 November 2017; Disetujui 12 Desember 2017

#### ABSTRACT

*Life cycle assessment (LCA) is widely applied method for quantifying the environmental impact of products and processes. One of the most application of LCA is LCA in fishery product. This research was conducted in processing of fisheries product industry in Cirebon Jawa Barat. The methodology of LCA based on life cycle assessment framework ISO 14040 which consist of four stages such as goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment, and interpretation and improvement analysis. The scope of this LCA research is production process in industry. By calculating using IPCC, industry of fisheries product processing in this study emitted GHG as much as 0,56 g for fish product and GHG as much as 1,62 g for crab product. The alternatives for reducing environmental impacts are changing the refrigerant used, which can reduce the GHG emissions as much as 68,37% and adjusting the water usage, which can reduce the GHG emissions as much as 6,09%.*

*Keywords: fisheries industry, life cycle assessment, GHG emissions*

#### ABSTRAK

Penilaian daur hidup atau *life cycle assessment* (LCA) merupakan metode yang digunakan untuk mengkuantifikasi dampak yang ditimbulkan dari produk yang dihasilkan dan proses produksi yang dilakukan. Salah satu penggunaan LCA yang banyak dilakukan adalah LCA di industri perikanan. Kajian LCA ini dilakukan pada industri pengolahan hasil perikanan di Cirebon Jawa Barat. Metodologi kajian LCA menggunakan tahapan sesuai ISO 14040 yang terdiri dari empat tahap, yaitu penentuan tujuan dan ruang lingkup, analisis inventori, analisis dampak dan interpretasi untuk upaya perbaikan. Ruang lingkup dari kajian ini adalah proses produksi produk perikanan yang terjadi di industri. Perhitungan pada industri yang dikaji menggunakan rumus IPCC menunjukkan hasil, yaitu untuk memproduksi 1 kg produk ikan menyumbangkan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 0,56 g CO<sub>2eq</sub> dengan penyumbang terbesar adalah penggunaan refrigeran dan untuk memproduksi 1 kg produk rajungan menyumbangkan emisi GRK sebesar 1,62 g CO<sub>2eq</sub> dengan sumber penghasil terbesar adalah bakar pada proses pasteurisasi. Upaya perbaikan yang bisa dilakukan untuk mengurangi emisi GRK dengan cara mengganti refrigeran yang digunakan sehingga mengurangi emisi GRK sebanyak 68,37% dan menyesuaikan penggunaan air sehingga mengurangi emisi GRK sebanyak 6,09%.

Kata kunci: industri perikanan, *life cycle assessment*, emisi gas rumah kaca

#### PENDAHULUAN

Jumlah konsumsi ikan dunia per kapita sudah meningkat jauh dari rata-rata 9,9 kg pada tahun 1960 menjadi 20,1 kg pada tahun 2014. Konsumsi produk hasil kelautan dan perikanan sebagai sumber protein hewani sebesar 15% dari total sumber protein hewani yang dikonsumsi di seluruh dunia (FAO, 2016). Sebagai pelaku ekspor, peningkatan jumlah konsumsi hasil kelautan dan perikanan dunia membuat jumlah industri perikanan baik penangkapan maupun pengolahan di Indonesia juga meningkat. Data pertumbuhan industri perikanan Indonesia yang dimiliki oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) (2015), menunjukkan bahwa sektor perikanan baik

pengadaan bahan baku maupun pengolahan terus meningkat setiap tahunnya, kecuali pada tahun 2012.

Menurut KKP tahun 2013-2014 nilai ekspor hasil perikanan dan kelautan mengalami penurunan, yang disebabkan oleh penurunan komoditas hasil perikanan karena adanya perubahan iklim. Perubahan iklim merupakan permasalahan terhadap lingkungan yang sedang dihadapi oleh semua negara di dunia, baik negara maju maupun negara berkembang. Perubahan iklim salah satunya disebabkan oleh emisi gas rumah kaca (GRK). Berdasarkan Peraturan Presiden mengenai rencana aksi nasional penurunan emisi gas rumah kaca (RAN-GRK), Indonesia secara sukarela telah berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK sebesar

26% pada tahun 2020 dan bisa bertambah menjadi 41% apabila ada dukungan pendanaan internasional.

Supartono (2002); Hospido *et al.*(2006); Iribarren *et al.*(2010); Varquez-Rowe *et al.*(2013) dan Cooper *et al.*(2014) melaporkan bahwa dampak lingkungan yang pasti dihasilkan dari pengolahan hasil perikanan dan kelautan adalah potensi pemanasan global. Menurut Worm *et al.* (2009), beberapa tahun belakangan ini penelitian mengenai dampak terhadap lingkungan akibat dari pengolahan hasil perikanan dan kelautan menjadi topik hangat karena semakin menurunnya kualitas hasil perikanan yang ditunjukkan dengan jumlah tangkapan pada suatu wilayah sudah mendekati bahkan melebihi MSY(maximum sustainable yield), kerusakan tempat hidup dan berkembang biak makhluk laut dan lain sebagainya.

LCA adalah metode yang dapat digunakan untuk menganalisis permasalahan yang terjadi dalam sektor perikanan. LCA merupakan metode dalam ISO 14000 sebagai pedoman umum bagi organisasi untuk menjalankan sistem pengelolaan lingkungan, sehingga produsen tetap melakukan proses produksi serta bisa menjaga lingkungan hidup disekitarnya maupun pemanfaatan sumber daya alam secara optimal sehingga kelestarian lingkungan tetap terjaga demikian juga akibat proses produksi dapat ditekan (Supartono, 2002). Metode LCA menghitung beban lingkungan berdasarkan analisis inventori dari kegiatan ekstraksi bahan mentah, proses produksi, transportasi, operasi, sampai pada proses daur ulang.

Kajian LCA dilakukan di industri pengolahan hasil perikanan dengan tujuan untuk penilaian emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses pengolahan hasil perikanan, dengan mengidentifikasi input yang digunakan dan output yang dihasilkan, menghitung besaran daur hidup industri perikanan dan melakukan upaya perbaikan untuk mengurangi kerusakan lingkungan. Metode LCA sudah banyak digunakan untuk menilai dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses penangkapan atau pembudidayaan ikan, akan tetapi masih jarang penilaian LCA pada proses pengolahan yang dilakukan di industri. Selain itu, pada industri yang dikaji belum adanya pengolahan akan limbah

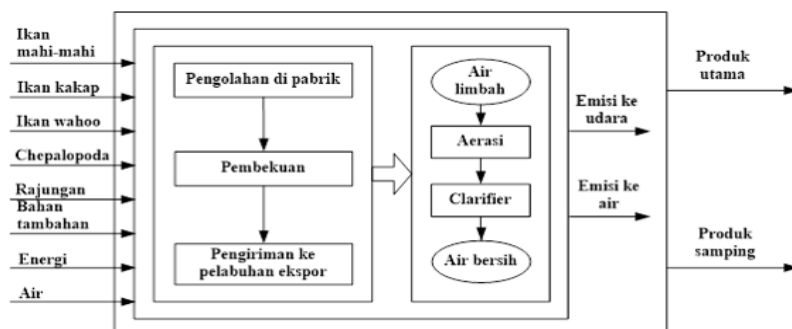
yang dihasilkan, sehingga membuat penilaian dampak lingkungan menggunakan metode LCA menjadi penting untuk dilakukan. Dampak yang diamati berupapemanasan global baik secara langsung maupun tidak langsung yang berasal dari emisi gas rumah kaca (GRK).

## METODE PENELITIAN

Penerapan LCA terdiri dari empat tahapan menurut ISO 14040, yaitu penetapan tujuan dan ruang lingkup, analisis inventori, analisis dampak dan interpretasi untuk upaya perbaikan (ISO, 2006). Penentuan tujuan dan ruang lingkup memudahkan penelitian untuk memberi batasan data yang harus diolah. Data yang digunakan merupakan rekapan data yang dimiliki oleh industri. Analisis inventori dilakukan menggunakan diagram alir, neraca massa dan neraca energi untuk menentukan pemakaian bahan apa saja yang menghasilkan dampak untuk lingkungan. Analisis dampak dilakukan dengan menghitung emisi yang dihasilkan dengan rumus yang tersedia dan mengelompokkan emisi berdasarkan dampak yang sudah ditentukan. Upaya perbaikan yang diusulkan dicari dengan cara studi literatur menggunakan penelitian yang sudah dilakukan berdasarkan hasil dari analisis dampak.

### Penentuan Tujuan dan Ruang Lingkup

Ruang lingkup kajian LCA ini berupa kegiatan yang terjadi di industri pengolahan hasil perikanan. Kegiatan yang dilakukan berupa pengolahan bahan baku dan pengelolaan air limbah. Produk yang dihasilkan terdiri dari dua jenis, yaitu produk utama dan produk samping. Produk utama berupa daging yang sudah dibersihkan, dikemas dan dibekukan. Produk utama diekspor ke Amerika dan Eropa, sehingga penilaian daur hidup dilakukan hingga distribusi produk ke pelabuhan. Produk samping berupa bagian-bagian dari bahan baku, seperti kepala, tulang dan lain-lain. Pemanfaatan produk samping dilakukan oleh konsumen disekitar lokasi industri, sehingga penilaian daur hidup produk samping dilakukan hingga proses pembekuan. Ruang lingkup dari kajian LCA ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ruang lingkup kajian LCA perikanan

### Analisis Dampak

Dampak yang diamati adalah pemanasan global yang berasal dari emisi gas rumah kaca

(GRK) yang menyebabkan pemanasan global. Pemasanan global merupakan peningkatan temperatur bumi yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas rumah kaca (Hegerl *et al.*, 2007). Industri pengolahan hasil perikanan menghasilkan emisi GRK berupa CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O dan HFC sebagai penyebab langsung, serta CO dan NO<sub>x</sub> sebagai penyebab tidak langsung. Penilaian emisi GRK dilakukan dengan cara mengkonversi hasil perhitungan yang didapat dari semua sumber emisi penyebab langsung menjadi nilai karbon dioksida ekuivalen (CO<sub>2eq</sub>). Emisi GRK penyebab tidak langsung ditampilkan dalam satuan massa (kg) untuk masing-masing jenis polutan. Data sumber emisi, nilai konversi dan acuan dalam melakukan perhitungan emisi GRK ditampilkan pada Tabel 1.

Q<sub>F</sub> dan Q<sub>L</sub> merupakan jumlah konsumsi energi, NK adalah nilai kalor bahan bakar. Nilai kalor IDO dan ADO memiliki nilai berbeda, negara penghasil bahan bakar juga mempengaruhi nilai kalor. FE merupakan faktor emisi untuk masing-masing emisi dari sumber emisi. P merupakan jumlah penggunaan bahan tambahan, K adalah konsentrasi gas dalam bahan tambahan. V<sub>LC</sub> adalah volume limbah cair yang dihasilkan untuk 1 tahun, sedangkan C adalah nilai COD limbah yang didapat dari pemeriksaan air limbah. R adalah jumlah refrigeran yang digunakan dengan T adalah waktu pemakaian refrigeran. X merupakan laju kebocoran refrigeran yang ditentukan oleh IPCC.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Inventori

Bahan baku yang digunakan berupa ikan mahi-mahi (*Coryphaenidae hippurus*), ikan kakap (*Lutjanus malabaricus*), ikan wahoo (*Acanthocybium solandri*), gurita (*Octopoda sp*), cumi-cumi (*Teuthida sp*), sotong (*Sepiida sp*) dan rajungan (*Portunus pelagicus*). Produk utama terbagi menjadi empat jenis, yaitu ikan fillet tanpa kulit,

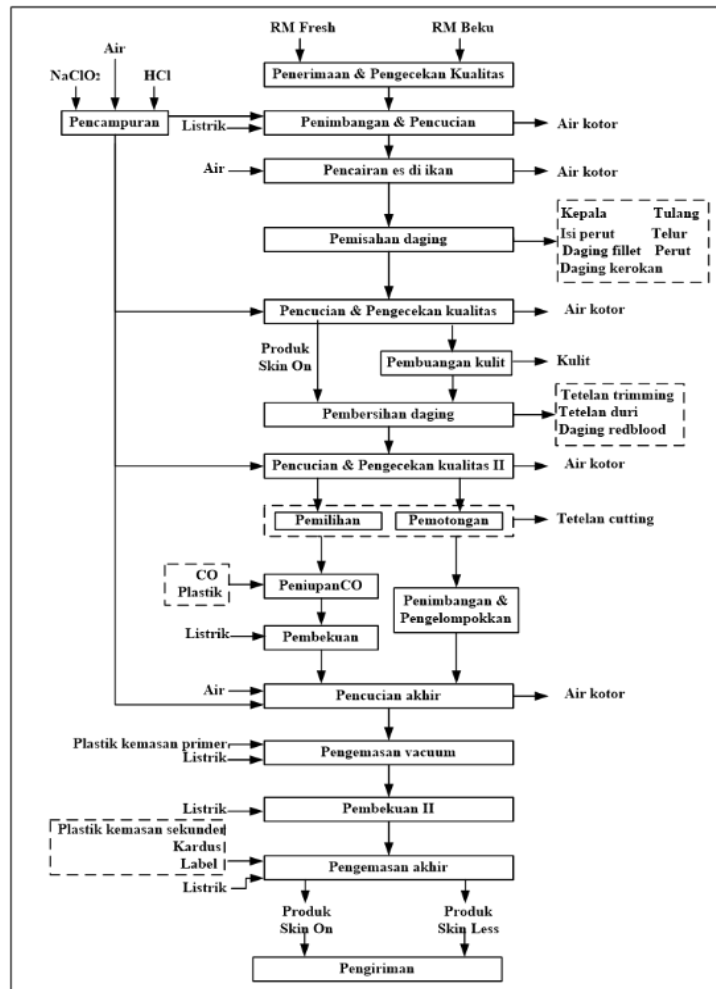
ikan fillet dengan kulit, cephalopod dan rajungan. Produk yang dihasilkan dari ikan mahi dan ikan kakap terdiri dari dua jenis, yaitu ikan fillet tanpa kulit dan ikan fillet dengan kulit. Produk dari ikan wahoo berupa ikan fillet tanpa kulit, produk dari kelompok cephalopod berupa produk yang sudah bersih, dan produk dari rajungan berupa daging matang. Produk ikan fillet tanpa kulit, ikan fillet dengan kulit dilakukan pada ruangan produksi yang sama karena memiliki tahapan proses yang tidak berbeda, sedangkan produk rajungan diproses pada ruangan produksi yang berbeda. Semua bahan baku yang digunakan menghasilkan produk samping yang pengolahannya hanya dibekukan sebelum didistribusikan ke masyarakat sekitar lingkungan industri.

Produk ikan fillet dengan kulit, ikan ditambahkan dengan gas CO yang berfungsi untuk membuat warna merah pada daging ikan contohnya ikan tuna tidak rusak bahkan hilang (Droghetti *et al.*, 2011; Concollato *et al.*, 2014; Soni dan Andhare, 2015), sebab pada kondisi normal setelah proses pemotongan daging akan berubah warna menjadi coklat (Anderson dan Wu, 2005). Produk kelompok cephalopod dihasilkan dari tiga jenis bahan baku yang berbeda, yaitu gurita cumi-cumi dan sotong. Diagram alir proses produksi ikan ditunjukkan oleh Gambar 2.

Produk rajungan dikemas dengan kaleng dan dipasteurisasi dengan suhu 86,6°C selama 2 jam yang kemudian didinginkan dengan suhu ruangan 0°C. Proses pasteurisasi dapat mengawetkan produk pangan dengan adanya inaktivasi enzim dan pembunuhan mikroorganisme yang sensitif terhadap panas. Sumber panas yang digunakan untuk proses pasteurisasi berasal dari uap panas yang dihasilkan oleh boiler dengan penggunaan bahan bakar berupa solar IDO dan disalurkan dengan pipa ke bak pasteurisasi. Diagram alir proses produksi rajungan ditunjukkan oleh Gambar 3.

Tabel 1. Data sumber emisi, nilai konversi dan acuan dalam perhitungan emisi GRK

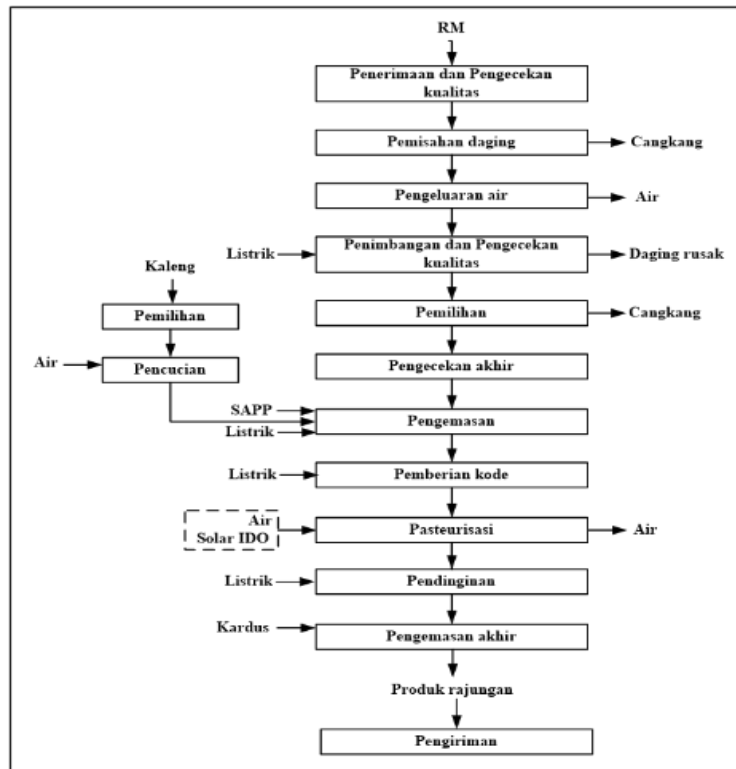
Polutan	Sumber emisi	Sumber acuan	Rumus
CO <sub>2</sub>	ADO	KLH (2012)	Emisi CO <sub>2</sub> = Q <sub>F</sub> x NK x FE
	IDO	IPCC (2006a)	Emisi CO <sub>2</sub> = Q <sub>L</sub> x FE
	Listrik	Putt dan Bhatia (2002) ESDM (2016)	
CH <sub>4</sub>	Bahan tambahan		Emisi CO <sub>2</sub> = P x K <sub>CO2</sub>
	ADO	IPCC (2006a)	Emisi CH <sub>4</sub> = Q <sub>F</sub> x NK x FE
	IDO		
N <sub>2</sub> O	Limbah cair	IPCC (2006b)	Emisi CH <sub>4</sub> = V <sub>LC</sub> x C x FE
	ADO	IPCC (2006a)	Emisi N <sub>2</sub> O = Q <sub>F</sub> x NK x FE
HFC	IDO		
	Refrigeran R404A Refrigeran R134A	EPA (2014) Tussau <i>et al.</i> (2009)	Emisi HFC = R x (X/100) x T x FE
CO	ADO	EEA (2016)	Emisi CO = Q <sub>F</sub> x ρ x FE
	IDO	Winther dan Nielsen (2006)	Emisi CO = 85% x P
	Bahan tambahan produk	Cornforth dan Hunt (2008) AMSA (2012)	
NO <sub>x</sub>	ADO/IDO	AIP (1996)	Emisi N <sub>2</sub> O = Q <sub>F</sub> x NK x FE
	Listrik	Putt dan Bhatia (2002)	Emisi NO <sub>x</sub> = Q <sub>L</sub> x FE



Gambar 2. Diagram alir proses produksi ikan

Air yang digunakan diambil dari tanah dan diproses sebelum masuk ke ruangan produksi. Air yang digunakan pada ruangan produksi ikan sudah dicampur dengan desinfektan klorin dioksida ( $\text{ClO}_2$ ) yang berasal dari campuran HCl dengan  $\text{NaClO}_2$ . Air yang digunakan untuk ruangan produksi rajungan berupa air bersih yang sudah diolah dan tidak ditambahkan desinfektan, karena bahan baku yang diolah adalah daging rajungan yang sudah matang. Air yang dihasilkan dari ruangan produksi dialirkan ke pengelolaan air limbah. Pengelolaan air limbah terdiri dari proses pemisahan padatan dan cairan, pengolahan air limbah menggunakan aerasi dengan lumpur aktif dan *clarifier* untuk memisahkan lumpur dengan air bersih. Lumpur kemudian ditampung pada bak dan air yang dihasilkan dibuang ke lingkungan. Hasil pengujian air limbah setelah dilakukan pengelolaan menunjukkan air limbah yang dibuang ke lingkungan sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah industri pengolahan hasil perikanan. Limbah padat yang dihasilkan berupa kardus dan plastik digunakan kembali dan tidak dilakukan pengelolaan oleh industri.

Air yang digunakan diambil dari tanah dan diproses sebelum masuk ke ruangan produksi. Air yang digunakan pada ruangan produksi ikan sudah dicampur dengan desinfektan klorin dioksida ( $\text{ClO}_2$ ) yang berasal dari campuran HCl dengan  $\text{NaClO}_2$ . Air yang digunakan untuk ruangan produksi rajungan berupa air bersih yang sudah diolah dan tidak ditambahkan desinfektan, karena bahan baku yang diolah adalah daging rajungan yang sudah matang. Air yang dihasilkan dari ruangan produksi dialirkan ke pengelolaan air limbah. Pengelolaan air limbah terdiri dari proses pemisahan padatan dan cairan, pengolahan air limbah menggunakan aerasi dengan lumpur aktif dan *clarifier* untuk memisahkan lumpur dengan air bersih. Lumpur kemudian ditampung pada bak dan air yang dihasilkan dibuang ke lingkungan. Hasil pengujian air limbah setelah dilakukan pengelolaan menunjukkan air limbah yang dibuang ke lingkungan sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah industri pengolahan hasil perikanan. Limbah padat yang dihasilkan berupa kardus dan plastik digunakan kembali dan tidak dilakukan pengelolaan oleh industri.



Gambar 3. Diagram alir proses produksi rajungan

Input yang digunakan oleh industri pengolahan hasil perikanan terdiri dari bahan baku, bahan tambahan dan energi. Bahan tambahan berupa air, bahan kemasan yaitu plastik, kaleng dan kardus, serta bahan kimia berupa desinfektan, gas CO serta refrigeran untuk *cold storage*. Energi yang digunakan berasal dari solar IDO (*industrial diesel oil*) dan ADO (*automotive diesel oil*), serta listrik. Besaran input yang digunakan untuk masing-masing jenis produk ditampilkan pada Tabel 2- Tabel 5.

Tabel 2. Data input produk ikan fillet tanpa kulit

Input	Satuan	Tahun 2016
Ikan mahi-mahi	kg	778.282
Ikan kakap	kg	21.636
Ikan wahoo	kg	19.282
Plastik kemasan primer	pcs	1.395.940
Plastik kemasan sekunder	pcs	699.560
Kardus	pcs	65.571

Tabel 3. Data input produk ikan fillet dengan kulit

Input	Satuan	Tahun 2016
Ikan mahi-mahi	kg	55.034
Ikan kakap	kg	2.355
CO (0,4%)	kg	18
Plastik penyemprotan CO	pcs	28.749
Plastik kemasan primer	pcs	85.384
Plastik kemasan sekunder	pcs	44.976
Kardus	pcs	9.287

Tabel 4. Data input produk cephalopod

Input	Satuan	Tahun 2016
Gurita	kg	12.399
Cumi-cumi	kg	8.479
Sotong	kg	71
Plastik	pcs	18.504
kardus	pcs	1.542

Tabel 5. Data input produk rajungan

Input	Satuan	Tahun 2016
Rajungan	kg	31.126
Kaleng	pcs	68.560
Kardus	pcs	11.427
Solar IDO	Liter	10.655

Data input penggunaan listrik, solar ADO, refrigeran, air dan desinfektan ditampilkan untuk semua produk karena data rekapan yang dimiliki oleh perusahaan berupa data total pemakaian yang ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data input kegiatan produksi Tahun 2016

Input	Satuan	Tahun 2016
Air	Liter	33.214.358
<b>Bahan kimia:</b>		
Asam klorida (35%)	Liter	1.845
Sodium klorit (25%)	Liter	749
R404A	kg	125
R134A	kg	117
<b>Energi:</b>		
ADO	Liter	2.303
Listrik	kWh	11.047

Output yang dihasilkan oleh industri pengolahan hasil perikanan ditunjukkan pada Tabel 7. Output terdiri dari produk utama, produk samping, limbah cair dan padat (bahan pengemas) dan emisi gas rumah kaca. Besaran output yang dihasilkan selanjutnya di kelompokkan berdasarkan jenis polutan untuk diketahui jumlah emisi GRK yang dihasilkan pada analisis dampak.

Tabel 7. Data output kegiatan produksi Tahun 2016

Output	Satuan	Tahun 2016
Ikan mahi-mahi	kg	243.170
Produk samping	kg	429.860
Ikan kakap	kg	7.044
Produk samping	kg	11.555
Ikan wahoo	kg	13.557
Produk samping	kg	5.394
Cephalopod	kg	20.050
Rajungan	kg	28.291
Air limbah	Liter	29.850.000
Limbah pengemasan		
Kardus	pcs	10.206
Plastik	pcs	18.275
<b>Emisi udara</b>		
CO <sub>2</sub>	kg	184.722,76
CH <sub>4</sub>	kg	4,05
N <sub>2</sub> O	kg	0,24
CO	kg	107,24
CO dari proses	kg	16,66
CO <sub>2</sub> dari proses	kg	1.351,03
NO <sub>x</sub>	kg	0,54
<b>Emisi badan air</b>		
CH <sub>4</sub>	kg	69.249,24

**Analisis Dampak**

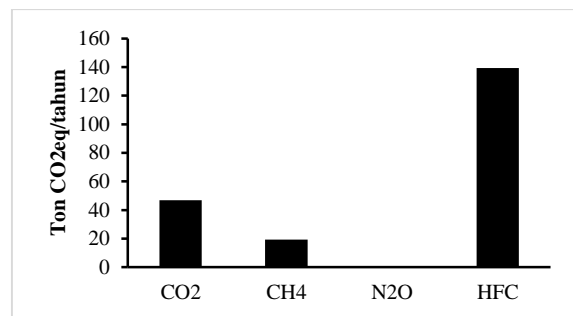
Peningkatan emisi gas rumah kaca merupakan penyebab terjadinya peningkatan temperatur secara global dari tahun ke tahun. Gas rumah kaca menyebabkan energi matahari tidak terpantul keluar bumi, tetapi terperangkap dalam atmosfer bumi. Energi matahari yang diserap bumi pada keadaan normal akan dipantulkan kembali dalam bentuk inframerah oleh awan dan permukaan bumi. Emisi GRK menyebabkan sebagian besar infra merah tertahan oleh awan dan dikembalikan ke permukaan bumi, sehingga terjadi peningkatan suhu (Hegerl *et al.*, 2007).

IPCC (2006a) mengelompokkan gas yang dikategorikan sebagai gas rumah kaca (GRK) adalah gas-gas yang berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap efek rumah kaca yang menyebabkan perubahan iklim. Gas-gas rumah kaca yang dinyatakan paling berkontribusi terhadap gejala pemanasan global atau penyebab langsung adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), dinitro oksida (N<sub>2</sub>O), perfluorkarbon (PFC), hidrofluorkarbon (HFC), dan sulfurheksfluorida (SF<sub>6</sub>). Dalam konvensi PBB mengenai Perubahan Iklim (*United Nation Framework Convention On Climate Change-UNFCCC*). Selain enam jenis yang digolongkan sebagai GRK ada beberapa gas yang juga termasuk

dalam GRK tetapi tidak menyebabkan pemanasan global secara langsung yaitu karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), clorofluorocarbon (CFC), dan gas-gas organik non metal volatil lain.

*Emisi GRK Penyebab Langsung Pemanasan Global*

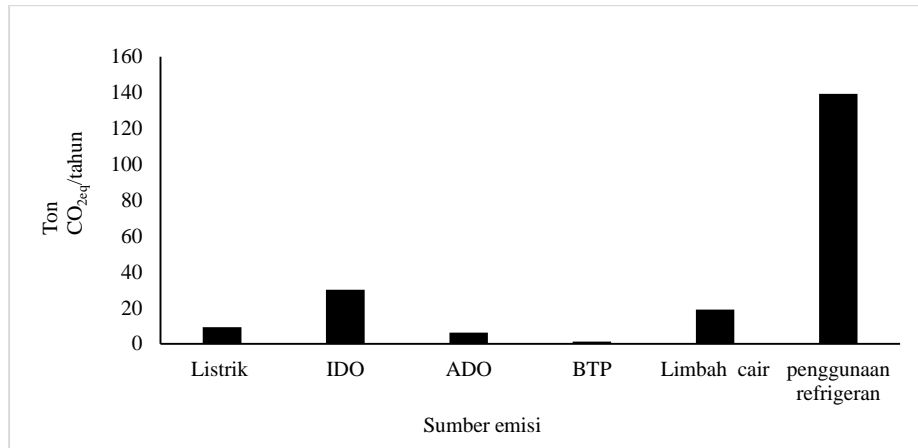
Gas yang termasuk dalam emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh industri pengolahan hasil perikanan dan menyebabkan pemanasan global secara langsung adalah CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O dan HFC yang sudah dikonversi menjadi CO<sub>2</sub>eq. Gambar 4 menunjukkan hasil perhitungan kategori GRK penyebab langsung berdasarkan sumber jenis polutan di industri pengolahan hasil perikanan.



Gambar 4. Emisi GRK berdasarkan jenis polutan

Gambar 4 menunjukkan bahwa emisi GRK terbesar di industri pengolahan hasil perikanan adalah HFC sebagai refrigeran. HFC memiliki nilai konversi GWP yang tinggi, sehingga jumlah emisi GRK yang dihasilkan selain disebabkan oleh jumlah penggunaan juga karena nilai GWP yang tinggi. Emisi CO<sub>2</sub> dihasilkan dari penggunaan listrik, solar IDO dan solar ADO, emisi CH<sub>4</sub> dihasilkan dari penggunaan solar IDO, solar ADO dan pengelolaan limbah cair, sedangkan emisi N<sub>2</sub>O dihasilkan dari penggunaan solar IDO dan solar ADO. Jumlah emisi N<sub>2</sub>O yang dihasilkan memiliki nilai yang cukup kecil dibandingkan dengan emisi GRK yang lain. Jumlah emisi GRK yang dihasilkan kemudian dikelompokkan berdasarkan sumber penghasil emisi di industri pengolahan hasil perikanan. Emisi berdasarkan sumber penghasil ditampilkan pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa penghasil emisi GRK pada industri perikanan paling banyak berasal dari penggunaan refrigeran dengan jenis HFC. Industri perikanan yang diamati mengolah dan menghasilkan produknya dengan proses pembekuan, sehingga membutuhkan ruangan pendingin. Proses pembekuan dimaksudkan untuk menjaga kualitas bahan baku dan produk yang dihasilkan. Penghasil GRK selanjutnya secara berturut-turut adalah penggunaan IDO untuk proses pasteurisasi produk rajungan, pengelolaan limbah cair, penggunaan listrik sebagai sumber energi, penggunaan ADO untuk transportasi produk hingga ke pelabuhan saat proses pengiriman, dan penggunaan BTP berupa CO untuk produk ikan fillet dengan kulit.



Gambar 5. Emisi GRK berdasarkan sumber emisi

Emisi pertahun yang dihasilkan oleh industri, kemudian dibagi dengan jumlah produk yang dihasilkan setiap tahunnya untuk mendapatkan jumlah emisi persatuan produk. Perhitungan yang sudah dilakukan menunjukkan hasil berupa untuk memproduksi 1 kg produk ikan menyumbangkan emisi sebesar 0,56 g CO<sub>2eq</sub> dengan penyumbang terbesar adalah penggunaan refrigeran. Sedangkan untuk memproduksi 1 kg produk rajungan menyumbangkan emisi sebesar 1,62 g CO<sub>2eq</sub> dengan sumber penghasil terbesar adalah solar IDO sebagai bahan bakar pada proses pasteurisasi. Jumlah emisi yang dihasilkan tergantung pada proses produksi yang dilakukan dan bahan tambahan yang digunakan.

*Emisi GRK Penyebab Tidak Langsung Pemanasan Global*

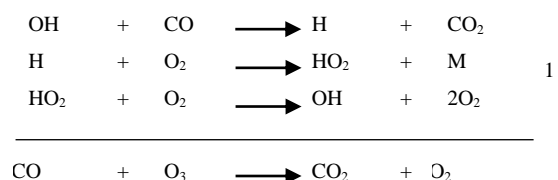
Gas yang termasuk dalam penyebab tidak langsung pemanasan global yang dihasilkan oleh industri pengolahan hasil perikanan adalah gas karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>). Gas CO atau karbon monoksida merupakan zat yang tidak memiliki warna, bau dan rasa, yang dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna. Gas CO bukan merupakan salah satu gas yang langsung menyebabkan pemanasan global, tetapi memiliki peran penting dalam menyebabkan pemanasan global secara tidak langsung (IPCC, 2001; Yadav *et al.*, 2017). Jumlah gas CO dan NO<sub>x</sub> yang dihasilkan oleh industri pengolahan hasil perikanan ditunjukkan oleh Tabel 8.

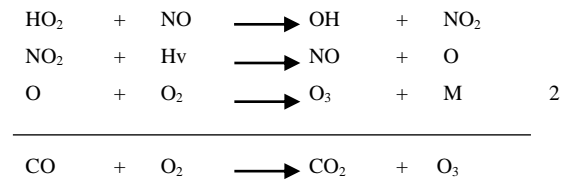
Tabel 8. Jumlah CO dan NO<sub>x</sub> yang dihasilkan oleh industri pengolahan hasil perikanan

Polutan	Sumber	Jumlah (kg)
CO	Solar IDO	107,239
	Solar ADO	16,953
	Bahan tambahan	1,66
NO <sub>x</sub>	Listrik	46,068
	Solar IDO	0,535
	Solar ADO	0,109

Menurut Drogheti *et al.*(2011), mengkonsumsi makanan yang mengandung CO tidak membahayakan kesehatan manusia, karena CO dimiliki oleh hewan dalam jumlah yang rendah. Penyerapan gas CO yang berasal dari saluran pencernaan sangat kecil dibandingkan dengan penyerapan gas CO dari saluran pernapasan, sehingga hampir sangat tidak mungkin mengkonsumsi daging dengan kandungan gas CO yang sangat rendah akan menaikkan kandungan ikatan COHb dalam darah (Oddvin *et al.*, 2001). Gas CO tidak membahayakan kesehatan pekerja sebab gas CO didistribusikan dalam tabung dengan konsentrasi yang rendah (Oddvin *et al.*, 2001) hingga ke tempat pengemasan, dan industri yang menggunakan gas CO harus memiliki peralatan untuk mencegah CO menyebar dilingkungan kerja (Cornforth dan Hunt, 2008). Selain itu, jumlah CO dalam kemasan yang cukup sedikit ditambah dengan adanya gas CO yang lepas ke udara, tidak membahayakan kesehatan konsumen (Cornforth dan Hunt, 2008).

CO dan NO<sub>x</sub> di udara bereaksi komponen lain menghasilkan ozon permukaan. Menurut Ambarsari *et al.* (2008) ozon permukaan merupakan salah satu polutan udara yang terbentuk melalui reaksi oksidasi fotokimia antara karbon monoksida(CO) dan senyawa organik yang mudah menguap (VOCs) dengan adanya nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>). Penelitian menunjukkan bahwa pengaruh CO terus menerus meningkat terhadap pembentukan ozon permukaan. *National Research Council America* tahun 1999 menyimpulkan bahwa sekitar 20% ozon permukaan secara langsung berasal dari emisi CO. Berikut adalah reaksi penggunaan CO dan NO<sub>x</sub> di atmosfer (Ambarsari *et al.*, 2008).





CO bereaksi dengan radikal OH di atmosfer. Radikal OH berperan utama sebagai agen pembersih atmosfer untuk menghilangkan polutan udara atau gas rumah kaca terutama metana dari atmosfer. Apabila tidak terdapat NO<sub>x</sub> di atmosfer maka reaksi akan berjalan ke arah penguraian ozon dengan reaksi keseluruhan terjadi antara CO dengan O<sub>3</sub> menghasilkan CO<sub>2</sub> dan oksigen, yang ditunjukkan oleh persamaan (1). Apabila terdapat NO<sub>x</sub> di atmosfer, reaksi akan berjalan ke arah pembentukan ozon, yang ditunjukkan oleh persamaan (2). Hal ini menyebabkan konsentrasi ozon di permukaan meningkat. Reaksi keseluruhan terjadi antara CO dengan oksigen (oksidasi CO) menghasilkan CO<sub>2</sub> dan O<sub>3</sub>. Peningkatan konsentrasi CO di permukaan yang diakibatkan oleh emisi antropogenik, akan meningkatkan konsentrasi ozon permukaan yang bersifat polutan dengan adanya prekursor ozon yang lain terutama NO<sub>x</sub> (Ambarsari *et al.*, 2008).

Lapisan ozon merupakan lapisan di atmosfer yang terdapat pada lapisan stratosfer yang berfungsi untuk mencegah radiasi sinar matahari, sedangkan ozon permukaan terbentuk pada lapisan troposfer yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Keberadaan ozon permukaan membuat lapisan ozon yang berada di stratosfer bereaksi di lapisan troposfer dan menyebabkan penipisan lapisan ozon. Penipisan lapisan ozon membuat tidak adanya lapisan yang menghalangi radiasi matahari, sehingga sinar matahari masuk ke bumi dan tidak dapat dipantulkan keluar karena adanya emisi GRK yang menumpuk di atmosfer.

*Interpretasi dan Upaya Perbaikan*

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan penghasil emisi GRK terbesar berasal dari penggunaan pendingin dengan refrigeran jenis HFC yang memiliki nilai GWP yang tinggi. Menurut EPA (2014) nilai GWP untuk R404A sebesar 3.922 kg CO<sub>2eq</sub> dan R134A sebesar 1.430 kg CO<sub>2eq</sub>. R134A dan R404A merupakan jenis HFC, yang tidak mengandung zat perusak ozon, tetapi menyebabkan pemanasan global (Syaka *et al.*, 2010; Nasruddin *et al.*, 2011). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan adalah dengan mengganti refrigeran dengan bahan alami, seperti karbon dioksida. CO<sub>2</sub> sudah digunakan sebagai refrigeran lebih dari 130 tahun yang lalu, tetapi 10 tahun terakhir ini baru mulai dikembangkan (Messineo, 2012). Karbon dioksida atau CO<sub>2</sub> memiliki keunggulan karena tidak beracun, tidak dapat terbakar, mudah didapat, tidak merusak ozon

dan sangat rendah berpotensi pada pemanasan global (Syaka *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2010; Nasruddin *et al.*, 2011; Messineo, 2012). Dasar dari perhitungan emisi GRK adalah konversi emisi menjadi kg CO<sub>2eq</sub>, refrigeran CO<sub>2</sub> memiliki nilai GWP 1 kg CO<sub>2eq</sub>, sehingga nilai emisi GRK yang dihasilkan oleh industri pengolahan hasil perikanan akan berkurang.

Penelitian yang dilakukan oleh Messineo (2012) menggunakan refrigeran karbon dioksida (R744) untuk sirkuit suhu rendah dan amonia (R717) untuk sirkuit suhu tinggi dapat menggantikan penggunaan refrigeran konvensional karena mengkonsumsi energi yang lebih rendah atau sama dan aman untuk kesehatan manusia dan lingkungan. Menurut Baradey *et al.* (2016), jika dibandingkan dengan R134A, setelah dilakukan investigasi secara teoritikal dan eksperimental menunjukkan bahwa CO<sub>2</sub> memiliki hasil yang lebih baik dan potensi untuk dikembangkan menjadi refrigeran. Kompresor yang digunakan untuk refrigeran CO<sub>2</sub> mengkonsumsi energi lebih rendah sebesar 18-37% jika dibandingkan dengan kompresor untuk refrigeran konvensional khususnya R134A.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan CO<sub>2</sub> sebagai refrigeran sangat mungkin untuk dilakukan. Perubahan jenis refrigeran akan membutuhkan mesin baru, sehingga memerlukan biaya tambahan. Akan tetapi, perubahan emisi yang diberikan dari penggunaan refrigeran yang baru akan sangat mengurangi emisi GRK yang dihasilkan oleh industri pengolahan hasil perikanan. Menurut Silva *et al.* (2010) penggunaan CO<sub>2</sub> sebagai refrigeran mengurangi jumlah konsumsi listrik (beragam dari 13 sd 24%) dari penggunaan *cold storage*, mengurangi jumlah refrigeran yang digunakan serta refrigeran CO<sub>2</sub> memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Perubahan emisi yang dihasilkan dari penggunaan CO<sub>2</sub> sebagai pendingin ditunjukkan oleh Tabel 9.

Tabel 9. Perubahan dampak GRK dari penggantian refrigeran

Data	GRK Ton CO <sub>2eq</sub>
Realisasi	205,48
Interpretasi	64,99
Perubahan dampak	140,49
Presentase	68,37%

Berdasarkan Tabel 9 terlihat bahwa dengan mengganti refrigeran yang saat ini digunakan menjadi refrigeran CO<sub>2</sub> yang bersifat lebih alami dan memiliki nilai GWP yang rendah, emisi GRK yang dihasilkan oleh industri pengolahan hasil perikanan menurun sebesar 68,37%. Penurunan persentase tersebut dihitung apabila industri menggunakan refrigeran CO<sub>2</sub> untuk semua refrigeran yang digunakan. Apabila industri menggunakan refrigeran CO<sub>2</sub> yang dicampur dengan refrigeran yang lain yang tidak memiliki potensi GWP, sehingga



pemakaian refrigeran CO<sub>2</sub> menjadi lebih kecil maka emisi GRK yang dihasilkan akan semakin menurun.

Menurut SOP yang ada di industri, pengolahan produk di ruang produksi ikan menghabiskan 10 L untuk 1 kg bahan baku yaitu ikan mentah. Sedangkan rajungan membutuhkan 1 L untuk 1 kg bahan baku. Hasil perhitungan menunjukkan jumlah air yang digunakan untuk mengolah bahan baku pada masing-masing jenis bahan baku menggunakan air tiga kali lebih banyak dari yang sudah ditentukan. Oleh karenanya, air harus digunakan mengikuti SOP yang ditentukan sehingga jumlah air limbah yang dihasilkan akan berkurang. Pengurangan air limbah yang dihasilkan akan menurunkan emisi dari pengelolaan air limbah. Berikut adalah jumlah penggunaan air untuk masing-masing produk dibandingkan dengan pemakaian air untuk masing-masing produk berdasarkan data yang dimiliki oleh industri. Apabila pemakaian air bisa dikurangi sesuai dengan SOP yang ditentukan, maka perubahan emisi yang dihasilkan akan ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perubahan dampak dari penggunaan air sesuai SOP

Data	GRK Ton-CO <sub>2eq</sub>
Realisasi	205.593
Interpretasi	193.052
Perubahan dampak	12.541
Persentase	6.099%

Perubahan dampak yang terjadi apabila menyesuaikan penggunaan air berupa pengurangan potensi emisi GRK sebesar 6,09%. Selain penggunaan air yang disesuaikan dengan SOP, cara lain yang bisa dilakukan untuk mengurangi emisi dari pengolahan hasil perikanan adalah dengan melakukan pengoptimalan pengelolaan limbah yang saat ini sudah dilakukan, sehingga akan dihasilkan nilai COD yang lebih kecil.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kajian LCA yang dilakukan menunjukkan bahwa industri pengolahan hasil perikanan membutuhkan input berupa bahan baku dan bahan tambahan, serta energi yang dihasilkan dari listrik dan solar IDO maupun ADO, dan menghasilkan output berupa produk utama, produk samping, limbah cair dan padat, serta emisi. Hasil dari perhitungan analisis dampak yang sudah dilakukan, yaitu untuk menghasilkan 1 kg produk ikan menyumbang emisi GRK sebanyak 0,56 g CO<sub>2eq</sub> dengan penyumbang terbesar adalah penggunaan refrigeran untuk refrigerator dan untuk menghasilkan 1 kg produk rajungan menyumbang emisi GRK sebesar 1,62 g CO<sub>2eq</sub> dengan sumber penghasil terbesar adalah solar IDO sebagai bahan bakar pada

proses pasteurisasi. Upaya perbaikan yang bisa dilakukan adalah dengan mengganti refrigeran yang digunakan dan menyesuaikan penggunaan air sesuai dengan SOP. Penggantian refrigeran menunjukkan adanya penurunan emisi GRK sebesar 68,37%. Penyesuaian penggunaan air menunjukkan adanya penurunan emisi GRK sebesar 6,09%.

### Saran

Pengukuran dampak dalam kajian LCA harus dilakukan secara lebih menyeluruh atau *cradle-to-grave* sesuai dengan pendekatan umum LCA, sehingga dampak yang ditimbulkan dari pemanfaatan hasil perikanan dapat teridentifikasi dengan baik. Dalam upaya penurunan dampak lingkungan, diperlukan penerapan usulan perbaikan sehingga perubahan yang terjadi dapat terdokumentasi dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [AIP] Australian Institute for Petroleum. 1996. *Oil and Australia, Statistical Review*. Australia: Petroleum Gazette.
- Ambarsari N, Komala N dan Budiyo A. 2008. *Pengaruh karbon monoksida terhadap ozon permukaan*. Bandung: Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Udara LAPAN.
- [AMSA] American Meat Science Association. 2012. *Meat color measurement guidelines*. Illinois USA: AMSA.
- Anderson CR dan Wu WH. 2005. Analysis of carbon monoxide in commercially treated tuna (*Thunnus spp*) and Mahi-Mahi (*Coryphaena hippurus*) by gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Agriculture food Chemistry* Vol. 53 No. 18: 7019-7023 doi:10.1021/jf0514266.
- Baradey Y, Hawlader MNA, Ismail AF, Hrairi M. 2016. Comparative study of R134a and R744 driven solar assisted heat pump systems for different applications. *Proceeding of International Conference on Mechanical, Automotive and Aerospace Engineering* doi:10.1088/1757-899X/184/1/012060.
- Concollato A, Parisi G, Olsen RE, Kvamme BO, Slinde E, Zotte AD. 2014. Effect of carbon monoxide for atlantic salmon (*Salmo salar L.*) slaughtering on stress response and fillet shelf life. *Journal of Aquaculture* 433: 13-18 doi:10.1016/j.aquaculture.2014.05.040.
- Cooper J, Diesburg S, Babej A, Noon M, Khan E, Puettmann M, Colt J. 2014. Life cycle assessment of products from alaskan salmon processing wastes: implication of coproduction, intermittent landings, and storage time. *Fisheries Research* 151: 26-38.
- Cornforth D dan Hunt M. 2008. Low-oxygen packaging of fresh meat with carbon

- monoxide: meat quality, microbiology and safety. *American Meat Science Association White Paper Series Number 2 January*.
- Droghetti E, Bartolucci GL, Focardi C, Bambagiotti-Alberti M, Nocentini M and Smulevich G. 2011. Development and validation of a quantitative spectrophotometric method to detect the amount of carbon monoxide in treated tuna fish. *Journal of Food Chemistry* 128: 1143-1151doi:10.1016/j.foodchem.2011.04.002.
- [EEA] European Environmental Agency. 2016. *EEA air pollutant emissions inventory guidebook 2016 – emissions factor*. Available at efdb.apps.eea.europa.eu.
- [EPA] Environmental Protection Agency. 2014. *Greenhouse gas inventory guidance: direct fugitive emissions from refrigeration, air conditioning, fire suppression and industrial gases*. USA: US EPA.
- [ESDM] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2016. *Faktor Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sistem Ketenagalistrikan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2016. *The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)*. Rome: Fisheries and Aquaculture Department.
- Hegerl GC, Zwiers FW, Braconnot P, Gillet NP, Luo Y, Orsini JAM, Nicholls N, Penner JE, Stott PA. 2007. *Understanding and attributing climate change*. UK: Cambridge University Press.
- Hospido A, Vazquez ME, Cuevas A, Feijoo G, Moreira MT. 2006. Environmental assessment of canned tuna manufacture with a life cycle perspective. *Research Conservation Recycling* 47 (2006) 56-72.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *Climate change: impacts, adaption and vulnerability, report of the working group I*. UK: Cambridge University Press.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006a. *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 2-Energy*. Japan: IGES.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006b. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 5-Waste*. Washington DC: IPCC
- Iribarren D, Moreira MT, Feijoo G. 2010. Life cycle assessment of fresh and canned mussel processing and consumption in Galicia NW Spain. *Research Conservation Recycling* 55 (2010) 106-117.
- [ISO] International Standard Organization. 2006. *ISO 14040 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework*. Switzerland: ISO.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2015. *Analisis data pokok*. Jakarta: Pusat data, statistik dan informasi KKP.
- [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. *Pedoman penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca nasional, Buku II Volume 1-Metodologi perhitungan tingkat emisi gas rumah kaca: Pengadaan dan penggunaan energi*. Jakarta: KLH.
- Messineo A. 2011. R744-R717 cascade refrigeration system: performance evaluation compared with HFC two-stage system. *Journal of Energy Procedia* 14: 56-65 doi:10.1016/j.egypro.2011.12.896.
- Nasruddin, Yuliono A, Syaka DRB. 2011. Performa sistem *autocascade* dengan menggunakan karbon dioksida sebagai refrigeran campuran. *Jurnal Rekayasa Proses* Volume 5 Nomor 1.
- Oddvin S, Nissen H, Aune T, Nesbakken T. 2001. Use of carbon monoxide in retail meat packaging. *Proceedings of The 54th Reciprocal Meat Conference*.
- Putt DPS dan Bhatia P. 2002. *Working 9 to 5 on Climate Change: An Office Guide*. Washington DC: World Resource Institute.
- Silva AD, Filho EPD, dan Antunes AHP. 2010. Comparison of the R744 cascade with the R404A and R22 conventional system for supermarkets. *Proceedings of ENCIT 2010 - 13<sup>th</sup> Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering*. Uberlandia, Brazil. 05-10 Desember 2010.
- Soni S dan Andhare VV. 2015. Quantitative analysis of carbon monoxide in frozen foods. *Research Journal of Recent Sciences* ISSN 2277-2502 Vol. 4(ISC-2014): 76-80.
- Supartono W. 2002. Life cycle assessment untuk produk ikan laut di kabupaten Gunung Kidul. *Agritech*. 22 (2): 71-73.
- Syaka DRB, Nasruddin, dan Saputra L. 2010. Campuran karbondioksida dan propane sebagai refrigeran temperatur rendah ramah lingkungan pada sistem refrigerasi cascade. *Jurnal Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*. 9 (1): 61-68.
- Tussau SA, De-Lille G, dan Ge YT. 2009. Food transport refrigeration – approaches to reduce energy consumption and environmental impacts of road transport. *Journal of Applied Thermal Engineering*. 29: 1467-1477.
- Varquez-Rowe I, Villanueva-Rey P, De La Cerda JJ, Moreira MT, Feijoo G. 2013. Carbon footprint of a multi-ingredient seafood product from a business-to-business perspective. *Journal of Cleaner Production*. 44: 200-210.
- Worm B, Hilborn R, Baum JK, Branch TA, Collie JS. 2009. Rebuilding global fisheries.

- Science* 325: 578-585.  
doi:10.1126/science.1173146.
- Winther M dan Nielsen OK. 2006. *Fuel use and emissions for non road machinery in denmark 1985-2020, an annual transport conference at Aalborg University*. Denmark: National environment research institute.
- Yadav R, Sahu LK, Beig G, Tripathi N, Jaaffrey SNA. 2017. Ambient particulate matter and carbon monoxide at urban site of India: influence of anthropogenic emissions and dust storms. *Journal of Environmental Policy*. 225: 291-303