

KAJIAN EMISI GAS RUMAH KACA DAN PENGGUNAAN ENERGI PADA PRODUKSI IKAN PATIN ASAP DENGAN METODE LIFE CYCLE ASSESSMENT DI SENTRA INDUSTRI PENGASAPAN IKAN DI KECAMATAN XIII KOTO KAMPAR

HAFIDAWATI¹, ELVI YENIE¹, YONDRI¹

¹Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28291, Indonesia

Email : hafidawati@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK

Sentra Industri Pengasapan Ikan Kecamatan XIII Koto Kampar menghasilkan ikan patin asap bersamaan dengan limbah padat, air limbah, dan emisi gas dari pembakaran kayu bakar. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi pemanasan global serta penggunaan energi pada proses pengasapan ikan patin asap menggunakan metode Life Cycle Assessment (LCA) dengan batasan Gate to Gate. Tahapan analisis meliputi inventori, penilaian dampak, dan interpretasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total emisi GRK mencapai 3296,426 ton CO₂-eq/minggu, dengan rata-rata 0,1958 kg CO₂-eq/kg produk. Total energi kalor yang dilepaskan dari penggunaan kayu bakar adalah 731.445 MJ/minggu, dengan kebutuhan energi rata-rata 43,560 MJ/kg produk, serta konsumsi kayu 5,808 kg/kg ikan patin asap. Temuan ini menunjukkan bahwa proses pengasapan memberikan kontribusi signifikan terhadap emisi GRK di tingkat lokal. Beberapa alternatif pengelolaan seperti pembangunan cerobong, penyediaan IPAL, pemanfaatan limbah padat, dan penerapan HACCP direkomendasikan untuk mengurangi dampak lingkungan.

Kata kunci: emisi GRK, energi kayu bakar, pengasapan ikan, life cycle assessment

ABSTRACT

The Fish Smoking Industry Center in District XIII Koto Kampar produces smoked catfish and generate solid waste, wastewater, and gas emissions from firewood combustion. This study aims to analyze the global warming potential and energy use in the smoked catfish production process using the Life Cycle Assessment (LCA) method with a gate-to-gate system boundary. The analysis includes inventory assessment, impact assessment, and results interpretation. The findings show that total greenhouse gas (GHG) emissions reach 3296.426 tons CO₂-eq per week, with an average of 0.1958 tons CO₂-eq per kilogram of product. The total calorific energy released from firewood use is 731,445 MJ per week, with an average energy requirement of 43.560 MJ per kilogram of product and firewood consumption of 5.808 kg per kilogram of smoked catfish. These results indicate that the smoking process contributes significantly to local GHG emissions. Several environmental management alternatives—including chimney installation, wastewater treatment provision, solid waste valorization, and HACCP implementation—are recommended to mitigate environmental impacts.

Keywords: GHG emission, fire wood combustion, fish smoking, life cycle assesment

1. PENDAHULUAN

Industri pengasapan ikan merupakan salah satu agroindustri yang menghasilkan limbah padat, limbah cair, dan emisi gas. Limbah padat dari proses penyiangan yang dihasilkan dari kegiatan pengasapan ikan masih cukup tinggi, yaitu sekitar 20-60% dari bahan baku (Syahrul dan Dewita, 2016). Menurut Swastawati, (2017) pengasapan ikan secara tradisional berpotensi menghasilkan bahan karsinogen serta menimbulkan pencemaran udara akibat emisi gas dari pembakaran kayu yang digunakan pada proses pengasapan. Sentra Industri Pengasapan Ikan Kecamatan XIII Koto Kampar memiliki luas lahan 3,4 Ha. Terdapat 8 kelompok usaha pengasapan yang aktif (Zulkanaedi, 2019). Menurut Rodiah, (2016) ikan patin yang diolah menjadi ikan asap (ikan salai) di Kabupaten Kampar sebanyak 10-15 ton/hari menghasilkan ikan asap sebanyak 5-7 ton/hari. Pemanasan global menjadi salah satu isu lingkungan yang dihadapi dunia saat ini. Fenomena tersebut ditandai dengan meningkatnya suhu permukaan bumi, yaitu sebesar 0,18°C sampai 0,74°C selama 1 abad terakhir. Penyebab utama dari fenomena tersebut diidentifikasi berasal dari emisi gas rumah kaca (GRK) hasil aktivitas manusia (Utina, 2011).

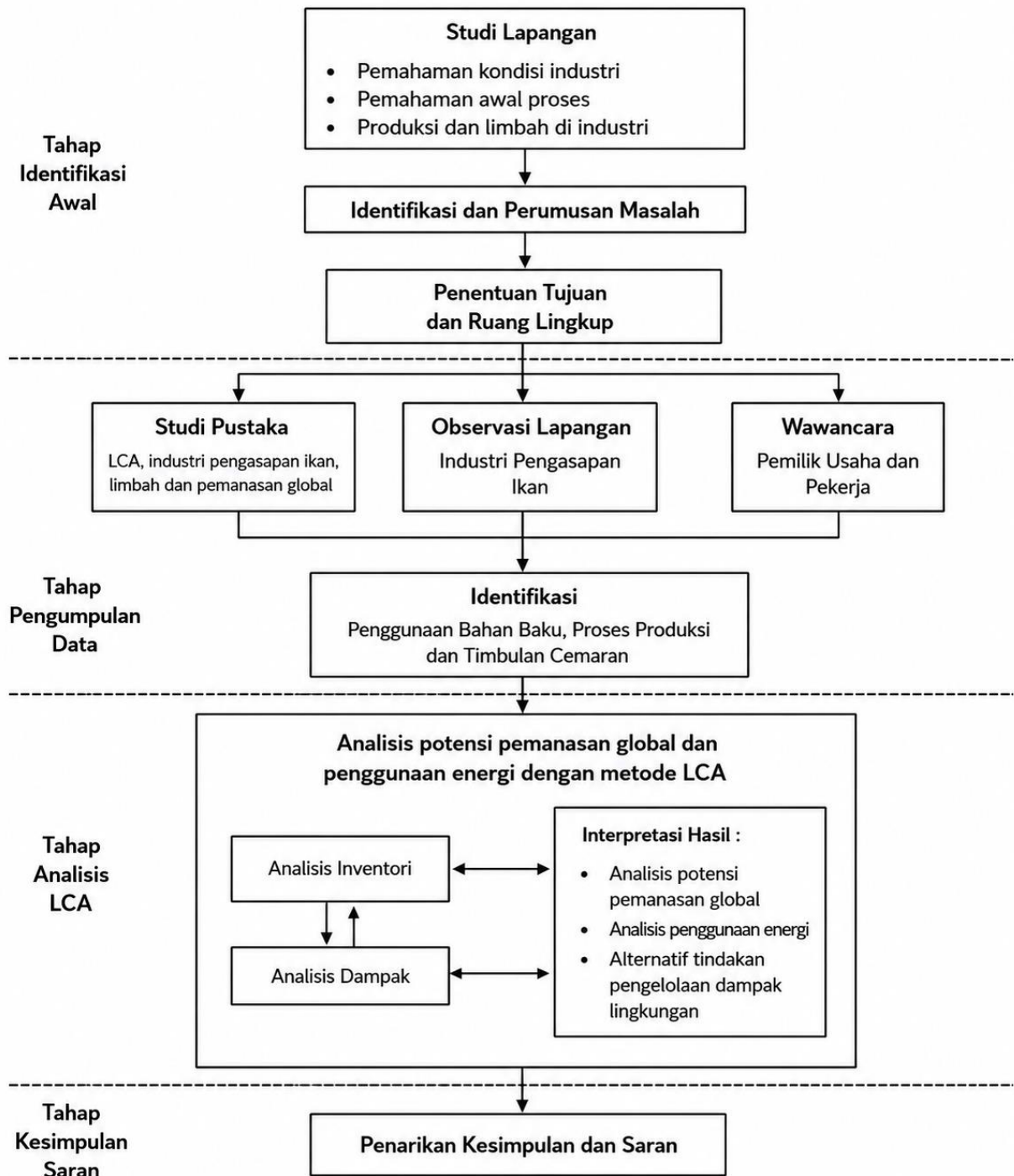
Life Cycle Assessment (LCA) merupakan salah satu metodologi yang dapat digunakan sebagai langkah awal dalam menerapkan produksi bersih (*Cleaner Production*) untuk membantu industri menghindari dan mengurangi timbulnya limbah. Metode LCA dapat memberikan evaluasi terhadap bahan baku, proses produksi, dan konsumsi energi sehingga dapat diperoleh data pengeluaran emisi dan dampak lingkungan dari suatu proses, (KLHK, 2020). Penerapan LCA juga telah dimasukkan dalam penambahan kriteria baru pada Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER) (KLHK, 2018).

Menurut penelitian Rachmah dkk. (2020) menunjukkan emisi gas rumah kaca merupakan dampak potensial terbesar yang dihasilkan oleh industri pengolahan perikanan yaitu emisi CO₂-eq dari pabrik pengalengan ikan sebesar 86,86 CO₂-eq/tahun, dan dari industri pengasapan ikan sebesar 28,76 CO₂-eq/tahun. Total emisi CO₂ dari kegiatan pengolahan hasil perikanan sebesar 115,62 CO₂eq/tahun. Sejalan dengan itu, dalam penelitian Sofiah dkk., (2017) diketahui emisi GRK merupakan potensi dampak terbesar yang dihasilkan industri pengolahan hasil perikanan, yaitu sebesar 205.593 ton CO₂-eq untuk penyebab langsung dan untukl penyebab tidak langsung sebesar 0,125 ton CO dan 0,047 ton NO_x.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji emisi Gas Rumah Kaca dan penggunaan energi pada produksi ikan patin asap di Sentra Industri Pengasapan Ikan Kecamatan XIII Koto Kampar menggunakan metode LCA dengan batasan *gate to gate*.

2. PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Sentra Industri Pengasapan Ikan Kecamatan XIII Koto Kampar, Desa Koto Mesjid, Kabupaten Kampar Provinsi Riau. Tahapan penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir, yang dapat dilihat pada Gambar 1, dengan metode penelitian LCA gate to gate.



Gambar 1 Diagram Alir Langkah Kerja Penelitian

Langkah Kerja penelitian disusun dalam beberapa tahapan utama sebagai berikut:

1. Tahap identifikasi awal

Tahap ini dilakukan untuk memperoleh gambaran awal mengenai objek penelitian, ruang lingkup kajian, serta kondisi umum industri pengasapan ikan patin. Kegiatan pada tahap ini meliputi:

- studi pustaka mengenai LCA, industri pengasapan ikan, limbah, dan pemanasan global;
- observasi lapangan untuk memahami kondisi industri dan proses produksi; dan
- wawancara dengan pemilik usaha dan pekerja.

2. Tahap pengumpulan data

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh data primer dan data pendukung yang diperlukan dalam analisis daur hidup proses pengasapan ikan patin. Data yang dikumpulkan meliputi:

- penggunaan bahan baku;
- penggunaan energi;
- tahapan proses produksi; dan
- timbulan cemaran, berupa limbah padat dan air limbah.

3. Tahap analisis LCA dengan batasan *gate to gate*

Tahap ini dilakukan untuk menganalisis input, output, serta potensi dampak lingkungan dari proses produksi ikan patin asap dalam batasan *gate to gate*. Analisis dilakukan melalui dua tahapan berikut:

- **Analisis inventori (Life Cycle Inventory):**
Analisis ini dilakukan dengan menginventarisasi input berupa ikan patin segar, air pencucian, dan kayu bakar, serta output berupa ikan patin asap, limbah jeroan, dan air limbah dari setiap kelompok usaha.
- **Analisis dampak (LCIA):**
Analisis ini dilakukan untuk menghitung emisi gas rumah kaca, yaitu CO₂, CH₄, dan N₂O, sebagai potensi pemanasan global (GWP 100), serta menghitung energi kalor yang berasal dari penggunaan kayu bakar.

Gas rumah kaca yang diperhitungkan adalah gas CO₂, CH₄, dan N₂O dengan Perhitungannya menggunakan persamaan 1 berikut

$$\text{Emisi GRK} = \text{Konsumsi BB} \times \text{Faktor Emisi GRK} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan

Emisi GRK = emisi gas rumah kaca (kg CO₂-eq)
 Konsumsi BB = banyaknya bahan bakar yang dibakar (MJ)
 Faktor Emisi GRK = faktor emisi bahan bakar (kg CO₂-eq/ MJ)

Energi kalor yang diperhitungkan yaitu bersumber dari bahan bakar kayu bakar menggunakan persamaan 2 berikut,

$$E_{fi} = \sum_{i=1}^n f_1 \cdot k_{fi} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

E_{fi} = energi dari bahan bakar pada proses I (MJ)
 f_1 = jumlah bahan bakar yang digunakan pada proses I (Kg)
 k_{fi} = nilai kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar (MJ/Kg).

Energi kalor dari bahan bakar kayu bakar dihitung berdasarkan jumlah bahan bakar yang digunakan dan nilai kalor bahan bakar. Prinsip perhitungan ini mengacu pada pendekatan konversi bahan bakar menjadi energi menggunakan nilai kalor atau *net calorific value* (NCV), yaitu energi per satuan massa bahan bakar (IPCC, 2006; FAO, 2004).

Selanjutnya dilakukan penilaian timbulan emisi GRK terhadap produksi per kg ikan patin asap. dengan menggunakan persamaan 3 berikut:

$$\text{Nilai beban emisi GRK} = \frac{\text{Timbulan emisi GRK}}{\text{Produksi}} \dots\dots\dots (3)$$

Jumlah produksi ikan patin asap

Dengan:

Timbunan Emisi GRK = Ton CO₂-eq/minggu)

Jumlah produksi ikan patin asap = Kg ikan patin asap/minggu

Beban emisi GRK per satuan kg ikan patin dihitung menggunakan pendekatan intensitas emisi, yaitu total emisi gas rumah kaca yang dinyatakan dalam CO₂-eq dibagi dengan jumlah produksi ikan asap yang dihasilkan. Pendekatan ini umum digunakan untuk menyatakan emisi per unit output dalam satuan kg CO₂-eq per kg produk (FAO, 2024; FAO, 2017; Wiltshire dkk., 2019).

4. Interpretasi hasil:

Tahap terakhir dalam analisis LCA adalah interpretasi yang telah didapatkan dari hasil analisis inventori (*Life Cycle Inventory*) dan penilaian dampak lingkungan (*Life Cycle Impact Analysis*). Interpretasi hasil dilakukan untuk mengevaluasi hasil analisis inventori dan analisis dampak yang telah diperoleh. Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap nilai GWP per minggu dan per kilogram produk, nilai energi kalor kayu bakar, serta alternatif pengelolaan dampak lingkungan yang dapat diterapkan pada proses pengasapan ikan patin.

Interpretasi hasil penelitian ini yaitu berupa:

- a. Nilai dampak pemanasan global (GWP 100) dengan satuan ton CO₂ equivalent.
- b. Nilai energi kalori bahan bakar kayu dalam proses produksi ikan patin asap dengan satuan kkal/kg ikan patin asap dan jumlah kayu bakar yang dibutuhkan dalam produksi 1 kg ikan patin asap.
- c. Alternatif tindakan pengelolaan dampak lingkungan dari proses produksi ikan patin asap di Sentra Industri Pengasapan Ikan Kecamatan XIII Koto Kampar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Inventori

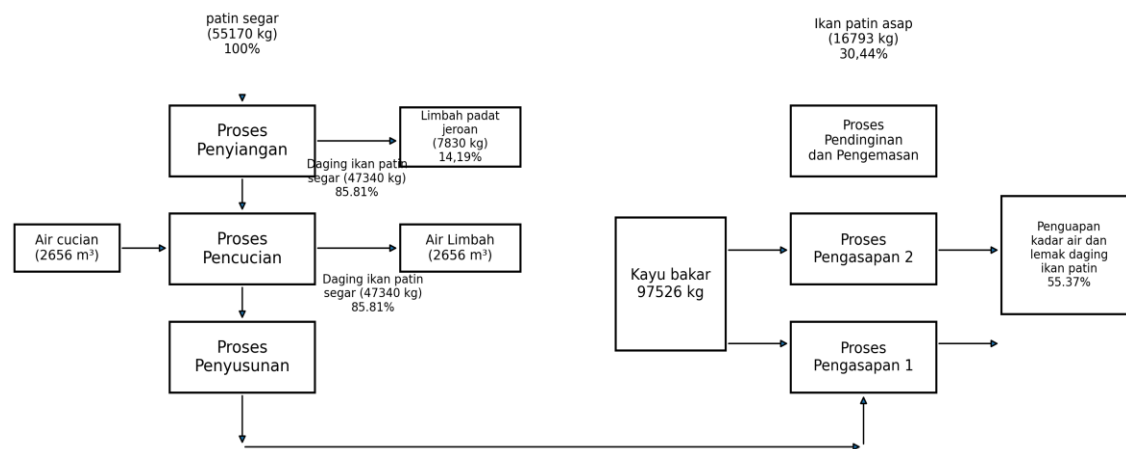
Analisis inventori meliputi input (*resources*) dan output yang dihasilkan selama siklus daur hidup produksi. Input yang teridentifikasi berupa bahan baku ikan patin, air cucian, dan bahan bakar kayu, sedangkan output yang dihasilkan berupa produk utama ikan patin asap, limbah padat, dan air limbah. Dalam analisis inventori proses produksi ikan patin asap digunakan data yang telah dikumpulkan untuk dilakukan identifikasi neraca massa aliran masuk dan keluar berupa diagram alir. Adapun rekapitulasi analisis inventori proses produksi dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa jumlah produk ikan patin asap sebesar 30,44% dari total jumlah bahan baku ikan patin segar. Sedangkan jumlah timbunan limbah padat jeroan sebesar 14,19% dari jumlah total ikan patin segar. Pengurangan berat ikan patin segar tersebut terjadi karena proses penyiangan dan pencucian dimana terdapat darah dan lemak ikan patin yang dibersihkan dan dibuang pada tahap pencucian. Pengurangan berat ikan patin segar selanjutnya terjadi pada proses pengasapan yang mengakibatkan kadar air dan kadar lemak pada daging ikan mengalami penguapan. Persentase kehilangan berat daging ikan oleh proses pencucian dan pengasapan dapat dihitung dengan jumlah ikan patin segar (100%) dikurangi jumlah ikan patin asap (30,44%) dan jumlah limbah padat jeroan (14,19%). Sehingga didapat persentase kehilangan berat daging ikan tahap pengasapan

sebesar 55,37%. Neraca massa pada proses produksi ikan patin asap dapat dilihat pada Gambar 2

Tabel 1. Rekapitulasi Analisis Inventori Proses Produksi

No	Kelompok Usaha	Input			Output		
		Ikan Patin Segar (kg)	Air Cucian (m ³)	Kayu Bakar (kg)	Ikan Patin Asap (kg)	Limbah Jeroan (kg)	Air Limbah (m ³)
1	Putra Niaga Salai	5.355	274	9.438	1.647	756	274
2	Mitra Salai	6.300	301	11.011	1.960	900	301
3	Riwan Salai	9.900	495	17.303	3.059	1.385	495
4	Rezky Salai	4.095	188	7.472	1.311	587	188
5	Wali Salai	6.525	317	11.404	2.061	953	317
6	Ghali Salai	10.305	478	18.090	3.030	1.442	478
7	Dua Putri Salai	5.940	285	10.618	1.718	889	285
8	Arios salai	6.750	317	12.191	2.005	918	317
Total		55.170	2.656	97.526	16.793	7.830	2.656



Gambar 2 Neraca Massa Proses Produksi Ikan Patin Asap

3.2 Analisis Dampak Lingkungan

Data inventori menunjukkan bahwa dalam setiap tahapan proses dapat menghasilkan limbah maupun emisi gas yang berdampak terhadap lingkungan. Proses pengasapan ikan terdiri dari lima tahapan, yaitu penyilangan, pencucian, pengasapan, pendinginan, dan pengemasan (*packing*). Diantara kelima tahapan tersebut tahapan yang mengemisikan gas secara langsung adalah tahap pengasapan ikan, dimana Emisi gas tersebut bersumber dari pembakaran biomassa kayu bakar, oleh karena itu perlu dilakukan analisis dampak lingkungan berupa potensi pemanasan global (*Global Warming Potencial*) sesuai dengan batasan dan ruang lingkup yang sudah ditentukan. Analisis potensi pemanasan global yang

dilakukan berupa perhitungan gas rumah kaca (GRK) yang bersumber dari aktivitas pengasapan ikan patin dan perhitungan pengeluaran energi bahan bakar berupa nilai kalor (*heating value/calorific value*) yang dilepaskan pada proses pembakaran kayu bakar.

1. Analisis Potensi Pemanasan Global

Usaha pengasapan ikan patin merupakan salah satu sektor pengolahan hasil perikanan yang memberikan sumbangan dalam menghasilkan emisi GRK. Hal ini disebabkan dalam tahapan proses pengasapan menghasilkan emisi yang mengandung gas CO₂, N₂O, dan CH₄ yang dikategorikan sebagai GRK. Perhitungan emisi GRK dilakukan menggunakan persamaan 1, dan Hasil rekapitulasi emisi GRK total dari aktivitas pengasapan ikan di Sentra Pengasapan Ikan Kecamatan XIII Koto Kampar dapat lihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Emisi GRK Total

No	Kelompok usaha	CO ₂ (ton CO ₂ -eq/minggu)	CH ₄ (ton CO ₂ -eq/minggu)	N ₂ O (ton CO ₂ -eq/minggu)	Total emisi (ton CO ₂ -eq/minggu)
1	Putra Niaga Salai	16.490	123.676	182.569	322.734
2	Mitra Salai	19.238	144.288	212.997	376.523
3	Riwan Salai	30.232	226.739	334.709	591.680
4	Rezky Salai	13.055	97.910	144.534	255.498
5	Wali Salai	19.926	149.441	220.604	389.971
6	Ghali Salai	31.606	237.045	349.923	618.574

Berdasarkan Tabel 2, total emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari aktivitas pengasapan ikan patin pada masing-masing unit usaha merupakan akumulasi dari emisi karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O). Nilai emisi masing-masing gas tersebut telah dinyatakan dalam satuan karbon dioksida ekuivalen (CO₂-eq), sehingga total emisi GRK diperoleh melalui penjumlahan langsung dari ketiga komponen emisi tersebut.

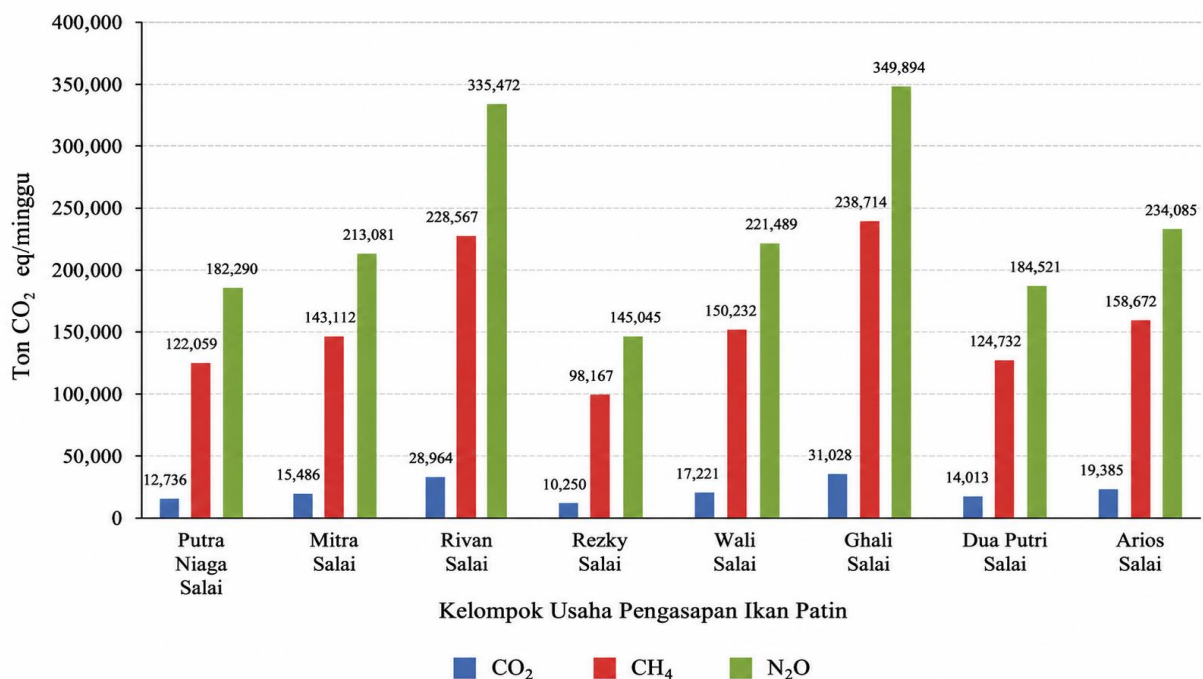
Perhitungan emisi GRK dilakukan berdasarkan aktivitas penggunaan bahan bakar, dengan pendekatan faktor emisi untuk masing-masing gas. Emisi CO₂ dihitung dari jumlah bahan bakar yang digunakan, sedangkan emisi CH₄ dan N₂O terlebih dahulu dihitung berdasarkan faktor emisi spesifik, kemudian dikonversi ke dalam satuan CO₂-eq menggunakan nilai Global Warming Potential (GWP). Dengan demikian, nilai emisi CH₄ dan N₂O yang disajikan pada tabel telah merepresentasikan kontribusi pemanasan global yang setara dengan CO₂.

Contoh perhitungan dilakukan pada kelompok usaha Putra Niaga Salai. Berdasarkan data yang diperoleh, nilai emisi yang dihasilkan terdiri atas emisi CO₂ sebesar 16.490 ton/minggu, emisi CH₄ sebesar 123.676 ton/minggu, dan emisi N₂O sebesar 182.569 ton/minggu. Perhitungan total emisi gas rumah kaca dilakukan dengan menjumlahkan seluruh komponen emisi yang dihasilkan, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1).

Berdasarkan Persamaan (1), maka total emisi untuk kelompok usaha Putra Niaga Salai dihitung sebagai berikut:

$$16.490 + 123.676 + 182.569 = 322.735$$

Dengan demikian, total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh kelompok usaha Putra Niaga Salai adalah sebesar 322.735 ton CO₂-eq/minggu. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kontribusi terbesar terhadap total emisi GRK berasal dari gas CH₄ dan N₂O, yang umumnya dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna pada bahan bakar biomassa. Sementara itu, emisi CO₂ berasal dari proses oksidasi karbon dalam bahan bakar selama pembakaran. Variasi total emisi antar unit usaha dipengaruhi oleh perbedaan jumlah bahan bakar yang digunakan serta efisiensi proses pembakaran pada masing-masing unit.



Gambar 3 Potensi Pemanasan Global Berdasarkan Kelompok Usaha

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa beban emisi GRK kelompok usaha Ghali Salai paling besar dan kelompok usaha Rezky Salai paling kecil dibandingkan dengan kelompok usaha lainnya. Sedangkan apabila gas rumah kaca CO₂, CH₄, dan N₂O dibandingkan terhadap kontribusi potensi pemanasan global, gas N₂O memiliki kontribusi terbesar dibanding dengan gas CO₂ dan CH₄. Hal tersebut disebabkan oleh N₂O memiliki nilai GWP paling besar dibanding CO₂ dan CH₄. Hal ini disebabkan oleh nilai Global Warming Potential (GWP) N₂O yang jauh lebih tinggi dibandingkan CO₂ dan CH₄. Dalam horizon waktu 100 tahun, CO₂ memiliki GWP sebesar 1, CH₄ sekitar 27–30, sedangkan N₂O sebesar 273, sehingga N₂O memberikan dampak pemanasan global yang lebih besar setelah dikonversi ke CO₂-eq (IPCC, 2021).

Hasil yang diperoleh sejalan dengan penelitian Rachmah dkk. (2020) dan Sofiah dkk. (2017), yang menunjukkan bahwa proses pengolahan hasil perikanan dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca dari penggunaan energi dan bahan bakar selama proses produksi. Selain itu sejalan juga dengan penelitian Nguyen dkk. (2024) pada fasilitas pengolahan hasil laut yang

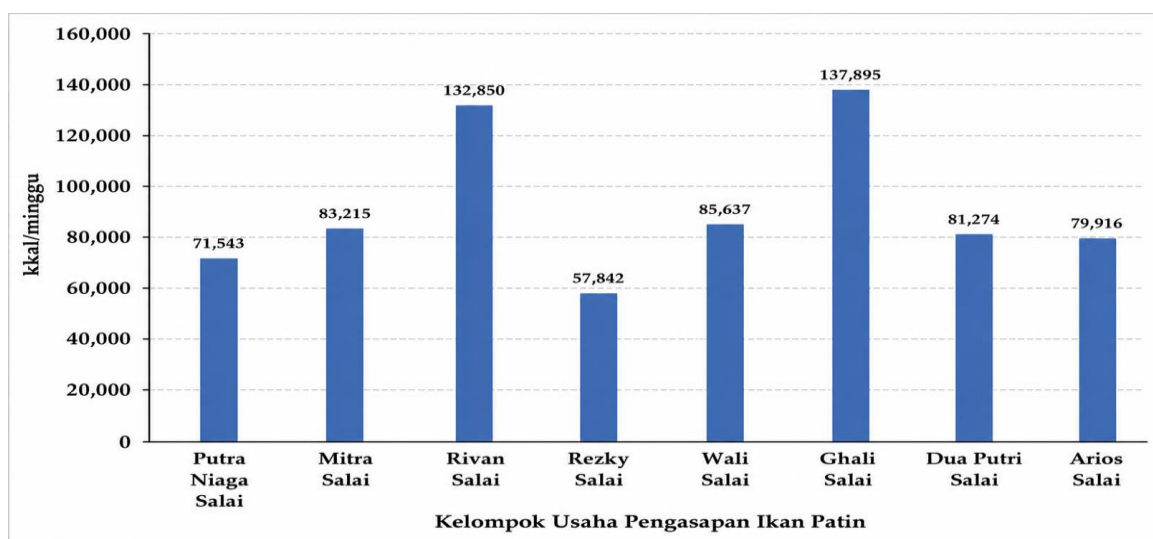
menunjukkan bahwa perhitungan emisi GRK dapat dilakukan berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa sumber emisi dari energi, limbah, dan bahan bakar menjadi komponen penting dalam perhitungan total emisi CO₂-eq pada industri pengolahan hasil laut.

3.3.. Nilai Energi Kalori Kayu Bakar

Penggunaan bahan bakar biomassa seperti kayu bakar menjadi faktor penting dalam perhitungan emisi dan energi karena jumlah bahan bakar yang digunakan berpengaruh langsung terhadap nilai emisi dan energi yang dilepaskan selama proses pembakaran (Harimurti dkk., 2019; IPCC, 2006). Perhitungan energi bahan bakar dari kayu bakar berdasarkan kepada nilai kalor (*calorific value*) yang dilepaskan pada proses pembakaran kayu bakar saat pengasapan ikan patin. Perhitungan pengeluaran energi dari proses pengasapan ini menggunakan persamaan 2 dimana rekap hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Pengeluaran Energi Kayu Bakar

No	Kelompok usaha	Konsumsi Kayu Bakar (kg)/minggu	Nilai kalor kayu bakar (kal/kg)	Pengeluaran Energi (kal/minggu)
1	Putra Niaga Salai	9.438	7,5	70.785
2	Mitra Salai	11.011	7,5	82.583
3	Riwan Salai	17.303	7,5	129.773
4	Rezky Salai	7.472	7,5	56.038
5	Wali Salai	11.404	7,5	85.532
6	Ghali Salai	18.090	7,5	135.671
7	Dua Putri Salai	10.618	7,5	79.633
8	Arios salai	12.191	7,5	91.430
Total Pengeluaran Energi (kal/minggu)				731.445



Gambar 4 Pengeluaran Energi Berdasarkan Kelompok Usaha

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa pengeluaran energi kalor terbesar terdapat pada kelompok usaha Ghali Salai yaitu sebesar 135.671 kal/minggu dan pengeluaran energi kalor terkecil terdapat pada kelompok usaha Rezki Salai.

3.3 Interpretasi

Dalam melakukan interpretasi hasil pada analisis LCA di Sentra Pengasapan Ikan Kecamatan XIII Koto Kampar, dilakukan upaya analisis penentuan beban pencemaran per satuan kg produk ikan patin asap. Adapun beban pencemaran yang dianalisis yaitu emisi GRK yang timbul untuk setiap produksi 1 Kg ikan patin asap, dijelaskan sebagai berikut

1. Nilai Dampak Pemanasan Global (GWP 100)

Pembakaran biomassa tidak hanya menghasilkan CO₂, tetapi juga dapat menghasilkan CH₄ dan N₂O. Emisi CH₄ umumnya berkaitan dengan pembakaran tidak sempurna, sedangkan N₂O dapat terbentuk dari kandungan nitrogen pada biomassa selama proses pembakaran.

Perhitungan nilai emisi GRK untuk setiap 1 kg produk ikan patin asap dilakukan menggunakan persamaan 3. Perhitungan emisi GRK total dilakukan dengan menjumlahkan kontribusi emisi CO₂, CH₄, dan N₂O yang telah dikonversi ke dalam satuan CO₂-ekuivalen. Sebagai contoh, pada kelompok usaha Putra Niaga Salai diperoleh emisi CO₂ sebesar 16.490 ton CO₂-eq/minggu, CH₄ sebesar 123.676 ton CO₂-eq/minggu, dan N₂O sebesar 182.569 ton CO₂-eq/minggu. Dengan demikian, total emisi GRK dihitung sebagai berikut:

$$\text{Total emisi GRK} = 16.490 + 123.676 + 182.569 = 322.734 \text{ ton CO}_2\text{-eq/minggu.}$$

Selanjutnya, nilai emisi per kg produk diperoleh dengan membagi total emisi GRK terhadap total produksi mingguan. Hasil perhitungan ini menghasilkan nilai emisi sebesar 0,1959 ton CO₂-eq per kg produk, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Data ini menunjukkan kelompok usaha Dua Putri Salai memberikan dampak pemanasan global paling sedikit untuk memproduksi 1 kg ikan patin asap yaitu 0,1878 ton CO₂-eq untuk 1 kg ikan patin asap, sedangkan Arios Salai memberikan dampak pemanasan global paling banyak yaitu 0,2089 ton CO₂-eq untuk 1 kg ikan patin asap.

Tabel 4 Beban Emisi GRK untuk Setiap 1 Kg Ikan Patin Asap

No	Kelompok Usaha	Emisi GRK (Ton CO ₂ -eq) / Kg Produk Ikan Patin Asap
1	Putra Niaga Salai	0,1959
2	Mitra Salai	0,1921
3	Riwan Salai	0,1934
4	Rezky Salai	0,1949
5	Wali Salai	0,1892
6	Ghali Salai	0,2041
7	Dua Putri Salai	0,1878
8	Arios salai	0,2089
	Rata- rata	0,1958

3.4. Nilai Energi Kalori Kayu Bakar

Penggunaan energi pada industri pengolahan ikan perlu diperhatikan karena tahap pengolahan dapat memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap konsumsi energi dan emisi GRK. Høyli dkk. (2023) melaporkan bahwa proses pengolahan ikan skala kecil dapat menjadi bagian penting dari total konsumsi energi dan emisi GRK dalam rantai pasok hasil perikanan.

Nilai konsumsi kayu bakar diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan melalui observasi dan wawancara pada masing-masing kelompok usaha. Jumlah kayu bakar yang digunakan selama proses produksi dicatat dalam satuan kg/minggu, kemudian dibagi dengan jumlah produksi ikan patin asap yang dihasilkan pada periode yang sama.

Nilai kalor yang dilepaskan dari proses pembakaran kayu bakar pada pengasapan ikan patin mencapai 731.445 kkal/minggu. Kelompok usaha Ghali Salai memberikan kontribusi nilai kalor terbesar, yaitu 135.671,3 kkal/minggu. Tingginya nilai kalor tersebut sejalan dengan besarnya konsumsi kayu bakar pada kelompok usaha tersebut, sehingga berdampak pada tingginya emisi GRK yang dihasilkan.

Konsumsi kayu bakar per kg produk dihitung dengan rumus:

$$\text{Konsumsi kayu bakar} = \text{Total kayu bakar (kg/minggu)} / \text{Produksi ikan asap (kg/minggu)} \dots(1)$$

Sementara itu, pengeluaran energi dihitung dengan mengalikan konsumsi kayu bakar dengan nilai kalor kayu bakar:

$$\text{Energi} = \text{Konsumsi kayu bakar} \times \text{Nilai kalor kayu bakar} \dots(2)$$

Sebagai contoh, pada kelompok usaha Ghali Salai, konsumsi kayu bakar sebesar 5,969 kg/kg produk. Dengan nilai kalor kayu bakar sebesar 7.500 kkal/kg, maka:

$$E = (5,969 \times 7,500) = 44,767.5 \approx 44,769 \text{ kkal/kg produk}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, rata-rata konsumsi kayu bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg ikan patin asap adalah 5,808 kg kayu bakar/kg produk. Sementara itu, rata-rata energi yang dikeluarkan adalah 43.560 kkal/kg produk. Rekapitulasi konsumsi kayu bakar dan pengeluaran energi untuk setiap kelompok usaha disajikan pada Tabel 5.

3.5 Alternatif Tindakan Pengelolaan Dampak Lingkungan

Pada bagian ini dijelaskan beberapa alternatif pengelolaan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan pengasapan ikan patin. Kegiatan pengasapan tidak hanya menghasilkan produk utama, tetapi juga menimbulkan asap, limbah cair, dan limbah padat seperti jeroan ikan. Jika tidak dikelola dengan baik, dampak tersebut dapat menurunkan kualitas lingkungan di sekitar sentra usaha. Upaya pengelolaan limbah dan peningkatan efisiensi proses produksi perlu dilakukan karena industri pengolahan perikanan berpotensi menghasilkan limbah cair, limbah padat, dan emisi udara yang dapat menurunkan kualitas lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Syahrul dan Dewita, 2016; Swastawati, 2017).

Perbaikan teknologi pengasapan penting dilakukan karena pengasapan ikan secara tradisional dapat menimbulkan dampak terhadap kualitas udara dan kesehatan pekerja. Ambroise dkk. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan tungku pengasapan yang lebih baik dapat

menurunkan paparan asap dibandingkan tungku tradisional. Oleh karena itu, diperlukan langkah pengelolaan yang sesuai dengan kondisi usaha pengasapan di lapangan. Beberapa upaya yang dapat dilakukan antara lain perbaikan fasilitas pengasapan melalui revitalisasi sentra, pembuatan cerobong asap yang sesuai ketentuan, penyediaan IPAL untuk mengolah limbah cair, serta pemanfaatan limbah padat menjadi produk lain yang masih bernilai guna.

Tabel 5 Rekapitulasi Perhitungan Konsumsi Kayu Bakar dan Pengeluaran Energi

No	Kelompok usaha	Konsumsi kayu bakar per 1 kg produk (kg)	Pengeluaran energi per 1 kg produk (kal)
1	Putra Niaga Salai	5.729	42.966
2	Mitra Salai	5.617	42.130
3	Riwan Salai	5.656	42.422
4	Rezky Salai	5.700	42.749
5	Wali Salai	5.532	41.491
6	Ghali Salai	5.969	44.769
7	Dua Putri Salai	6.179	46.345
8	Arios salai	6.081	45.607
	Rata-rata	5.808	43.560

Beberapa tindakan pengelolaan dampak lingkungan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Revitalisasi sentra pengasapan
 - a. Strategi penurunan emisi pada industri pengolahan hasil laut dapat diarahkan melalui efisiensi energi, pengurangan limbah, perawatan peralatan, serta penggunaan sumber energi yang lebih bersih (Iamchamnan, P., dkk. (2025) . Pembuatan cerobong yang memperhatikan ketentuan untuk pengendalian pencemaran udara sumber tidak bergerak sesuai Keputusan Kepala Bapedal Nomor Kep. 205/ Bapedal/ 07/ 1996 tentang pedoman teknis pengendalian pencemaran udara dalam lampiran 3, yaitu ketinggian minimum 2 –2,5 kali tinggi bangunan disekitarnya
 - b. Penyediaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sesuai dengan arahan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2015 tentang baku mutu air limbah bahwa setiap usaha dan/atau industri harus melakukan pengolahan air limbah hingga mencapai/dibawah nilai baku mutu bagi industri pengolahan perikanan. Air limbah dari pengolahan hasil laut memiliki karakteristik yang dipengaruhi oleh jenis bahan baku dan tahapan proses, sehingga pengolahan air limbah perlu disesuaikan dengan karakteristik limbah yang dihasilkan (Katsara, A., dkk. 2025)
 - c. Pemanfaatan limbah padat jeroan menjadi produk yang dapat dimanfaatkan kembali menjadi tepung ikan dan silase. Limbah hasil pengolahan perikanan memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali menjadi produk bernilai tambah, namun pemanfaatannya tetap perlu mempertimbangkan dampak lingkungan melalui pendekatan *Life Cycle Assessment*. (Yusoff, M. A., dkk. 2024)
2. Penerapan Sistem Manajemen Lingkungan untuk Usaha Kecil dan Menengah sebagai upaya perbaikan lingkungan yaitu *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP)
3. Pendampingan untuk kemitraan, yaitu dapat dilakukan dengan mensosialisasikan peraturan perundangan yang berkaitan dengan pengasapan ikan, teknologi tepat guna,

inovasi produk, manajemen mutu terpadu perikanan kepada masyarakat sebagai upaya peningkatan kualitas produk ikan patin asap.

Strategi pengurangan emisi pada industri pengolahan hasil laut dapat dilakukan melalui efisiensi energi, perawatan peralatan, pengurangan limbah, dan penggunaan sumber energi yang lebih bersih. Pendekatan ini relevan dengan penelitian Iamchamnan dkk. (2025), yang menekankan pentingnya penghematan energi dan pengelolaan sumber emisi untuk mendukung pengurangan emisi GRK pada industri pengolahan hasil laut.

4. KESIMPULAN

Potensi pemanasan global pada proses produksi ikan patin asap di Sentra Pengasapan Ikan Kecamatan XIII Koto Kampar adalah 3.296 ton CO₂-eq/minggu dengan nilai rata-rata emisi GRK sebesar 0,1958 ton CO₂-eq/ kg produk ikan patin asap. Nilai rata-rata kalori kayu bakar yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 kg ikan patin asap adalah 43,560 kal/kg ikan patin asap. Sedangkan jumlah kayu bakar rata rata yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg ikan patin asap adalah 5,808 kg kayu bakar. Alternatif tindakan pengelolaan dampak lingkungan yang dapat diberikan yaitu: Revitalisasi sentra pengasapan berupa pembuatan cerobong, penyediaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dan pemanfaatan limbah padat jeroan menjadi tepung ikan dan silase, Penerapan sistem manajemen *lingkungan Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP), dan pendampingan untuk kemitraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asamoah, E. K., Nunoo, F. K. E., Addo, S., Nyarko, J. O., Adjei, M. Y. B., Kunadu, A. P. H., & Hyldig, G. (2025). Comparison of the efficiency of improved and traditional fish smoking kilns and their effects on smoked fish quality in Ghana. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 105(5), 2923–2930.
- Ayu, D. F., Andarini, R., & Syahrul, E. (2019). Peningkatan kapasitas produksi melalui rekonstruksi dan pembangunan rumah asap ikan patin di UMKM Putra Niaga Kabupaten Kampar. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Riau*, 25(3), 160–164.
- FAO. (2017). *Greenhouse gas emissions from aquaculture: A life cycle assessment of three Asian systems*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Harimurti, D., Hariyadi, E., & Noor, E. (2019). Analisis sumber utama emisi gas rumah kaca pada perkebunan kelapa sawit dengan pendekatan *Life Cycle Assessment*. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, 3, 318–330.
- Høyli, R., & Aarsæther, K. G. (2023). A study of energy use and associated greenhouse gas emissions in Norwegian small-scale processing of whitefish. *Fisheries Research*, 268, 106842.
- Iamchamnan, P., Saithanoo, S., & Kittipongvises, S. (2025). Guidelines for reducing the greenhouse gas emissions of a frozen seafood processing factory towards carbon neutrality goals. *Processes*, 13(7), 1989.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy*. IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
- Katsara, A., Coughlan, N. E., & Jansen, M. A. K. (2025). Characterization of seafood processing wastewater; processing process impacts and analytical protocols. *Environmental Pollution*, 383, 126761.

- Keputusan Kepala Bapedal Nomor Kep. 205/BAPEDAL/07/1996 tentang Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara dari Sumber Tidak Bergerak.
- Nguyen, N. T. Y., & Nguyen, G. T. (2024). Estimating greenhouse gas emissions from a seafood processing facility. *Journal of Ecological Engineering*, 25(2), 93–102.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2015 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Rachmah, A. N. R., Fauzi, A. M., & Bustami. (2020). *Life cycle assessment* komoditi perikanan di Muncar Banyuwangi, Jawa Timur. *Jurnal Standardisasi*, 22(3), 245–252.
- Rodiah, N. S., Bagus, S. B. D., Jamal, B., & Ema, H. (2016). Pemurnian minyak ikan patin dari hasil samping pengasapan ikan. *Jurnal Kelautan dan Perikanan*, 11(2), 171–182.
- Swastawati, F. (2017). Perubahan karakteristik kualitas ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) dengan metode pengasapan tradisional dan penerapan asap cair. *Jurnal Info*, 19(2), 55–64.