



## Strategi Peningkatan Produktivitas dari Penggunaan Listrik dengan Analisis Jejak Karbon pada Produksi Tepung Karagenan

Siti Aminatu Zuhria<sup>1\*</sup>, Silmi Azmi<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Departemen Teknik Industri, Universitas Sahid

Jl. Prof.Dr.Soepomo SH.No. 84 Tebet Jakarta Selatan, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Teknik Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Jl. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga Bogor 16680, Jawa Barat Indonesia

\*Corresponding author: [sitiaminatuzuhria@usahid.ac.id](mailto:sitiaminatuzuhria@usahid.ac.id)

### ARTICLE INFO

Received: 27-06-2022  
Revision: 01-03-2023  
Accepted: 06-04-2023

#### Keywords:

Emisi penggunaan listrik  
Jejak karbon  
Tepung karagenan

### ABSTRAK

Produk tepung karagenan merupakan produk yang diperoleh dari hasil ekstraksi rumput laut merah menjadi tepung karagenan. Proses ekstraksi tersebut menghasilkan jejak emisi karbon dari penggunaan listrik pada setiap tahapan proses produksinya. Sistem produksi yang ramah lingkungan menjadi salah satu kunci terwujudnya industri ramah lingkungan dan berkelanjutan. Strategi peningkatan produktivitas harus dilakukan untuk meningkatkan reputasi industri dengan memperbaiki sistem produksi melalui analisis jejak karbon yang terbentuk dalam menghasilkan produk. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besarnya emisi karbon yang terbentuk pada proses produksi tepung karagenan dan memberikan upaya rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan. Metode penelitian ini yaitu kuantitatif dengan menganalisis potensi jejak emisi karbon menggunakan perhitungan emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi proses produksi tepung karagenan, menganalisis jumlah konsumsi listrik dan jumlah karbon pada setiap tahapan proses produksi, dan mengkaji strategi upaya perbaikan untuk meminimasi terbentuknya emisi karbon di industri karagenan. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses produksi karagenan menghasilkan jejak karbon (*Carbon Footprint*) sebesar 3,75 KgCO<sub>2</sub>/Kg tepung karagenan. Jejak karbon tertinggi dari penggunaan listrik yaitu pada tahapan proses dewatering sebesar 67,66 kgCO<sub>2</sub>eq. Strategi rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi karbon yang dihasilkan yaitu menggunakan listrik secara bijak, mengganti sumber energi pembangkit listrik dan merekayasa proses produksi.

### 1. PENDAHULUAN

Pemanasan global merupakan salah satu dampak lingkungan yang dapat meningkatkan suhu bumi yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca (GRK). Salah satu gas yang berpotensi menyebabkan terjadinya pemanasan global adalah gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dengan persentase 50% dari total GRK [1]. Industri memiliki peranan dalam menyumbang karbon dari enam sektor penghasil karbon terbesar diantaranya kehutanan, pertanian, energi, industri dan limbah [2]. Industri karagenan merupakan industri yang bergerak dalam bidang makanan yang mengolah rumput laut menjadi tepung karagenan. Setiap tahapan proses produksi tepung karagenan menghasilkan emisi karbon dari penggunaan listrik untuk mengoperasikan alat dan mesin produksi. Beberapa alat dan mesin produksi yang digunakan pada proses produksi tepung karagenan dan mengkonsumsi penggunaan listrik yang cukup besar diantaranya motor agitator, blower dan pompa hidrolik. Penggunaan listrik yang bersumber dari fosil berpotensi menyumbang terjadi emisi karbon [3]. Emisi karbon yang dihasilkan dari suatu peristiwa, produk dan aktivitas yang berdampak terhadap lingkungan disebut jejak karbon[4]. Penggunaan listrik yang menyumbang nilai jejak karbon diantaranya di industri penyamakan kulit sebesar 372,74 kgCO<sub>2</sub>eq/batch [5], skala rumah tangga dengan daya listrik 1300 kWh sebesar 173.23 kgCO<sub>2</sub>eq/bulan/rumah tangga [6], dan aktivitas dalam gedung di Institut Teknologi Yogyakarta sebesar 6951,58 KgCO<sub>2</sub>/bulan[7].

Secara umum emisi jejak karbon yang dihasilkan menyebabkan perubahan iklim dan menipisnya ozon, sehingga iklim berubah secara ekstrim[8]. Perubahan iklim akibat bertambahnya emisi jejak karbon menjadikan adanya pengenaan pungutan atas karbon atau pajak jejak karbon sesuai Undang-Undang No 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan *Paris Agreement To The United Nations Framework Convention on Climate Change* (Persetujuan Paris Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim) [9]. Besarnya nilai emisi jejak karbon dapat dihitung dengan menganalisis potensi jejak emisi karbon menggunakan perhitungan emisi Gas Rumah Kaca. Indonesia menjadi penggerak pertama pajak karbon di dunia terutama dari negara kekuatan ekonomi baru. Hal tersebut, menjadi salah satu bukti konsistensi Pemerintah Indonesia dalam mewujudkan ekonomi yang kuat, berkeadilan dan berkelanjutan[10]. Adanya dampak perubahan iklim telah menjadi tantangan global yang perlu ditangani bersama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari penggunaan listrik pada produksi tepung karagenan, menganalisis sebaran jejak karbon dari penggunaan listrik pada setiap tahapan proses produksi, dan merekomendasikan strategi penurunan jejak karbon pada produksi tepung karagenan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Tahapan dan Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian dilakukan di salah satu industri rumput laut di Pasuruan, Jawa Timur. Proses penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi proses produksi tepung karagenan, menganalisis penggunaan listrik sebagai penyumbang jejak karbon, dan merekomendasikan strategi alternatif untuk menurunkan jejak karbon. Ruang lingkup penelitian dilakukan pada bagian proses produksi tepung karagenan (Gambar 1).

### 2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapat dari hasil wawancara langsung dengan tenaga ahli, pekerja dan pemilik industri. Data primer yang dibutuhkan meliputi data input dan output di industri karagenan. Data sekunder didapatkan dari dokumentasi perusahaan berupa data penggunaan listrik berdasarkan jenis alat dan mesin yang digunakan selama proses produksi tepung karagenan. Penggunaan listrik dihitung dari masing – masing daya alat dan mesin serta durasi penggunaannya selama proses produksi berlangsung. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung potensi jejak karbon yang dihasilkan selama proses produksi tepung karagenan.

### 2.3 Jejak Karbon Penggunaan Listrik

Total emisi jejak karbon merupakan hasil perhitungan emisi CO<sub>2</sub> yang diperoleh dari penggunaan listrik selama proses produksi tepung karagenan di industri karagenan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung emisi CO<sub>2</sub> adalah sebagai berikut [11] :

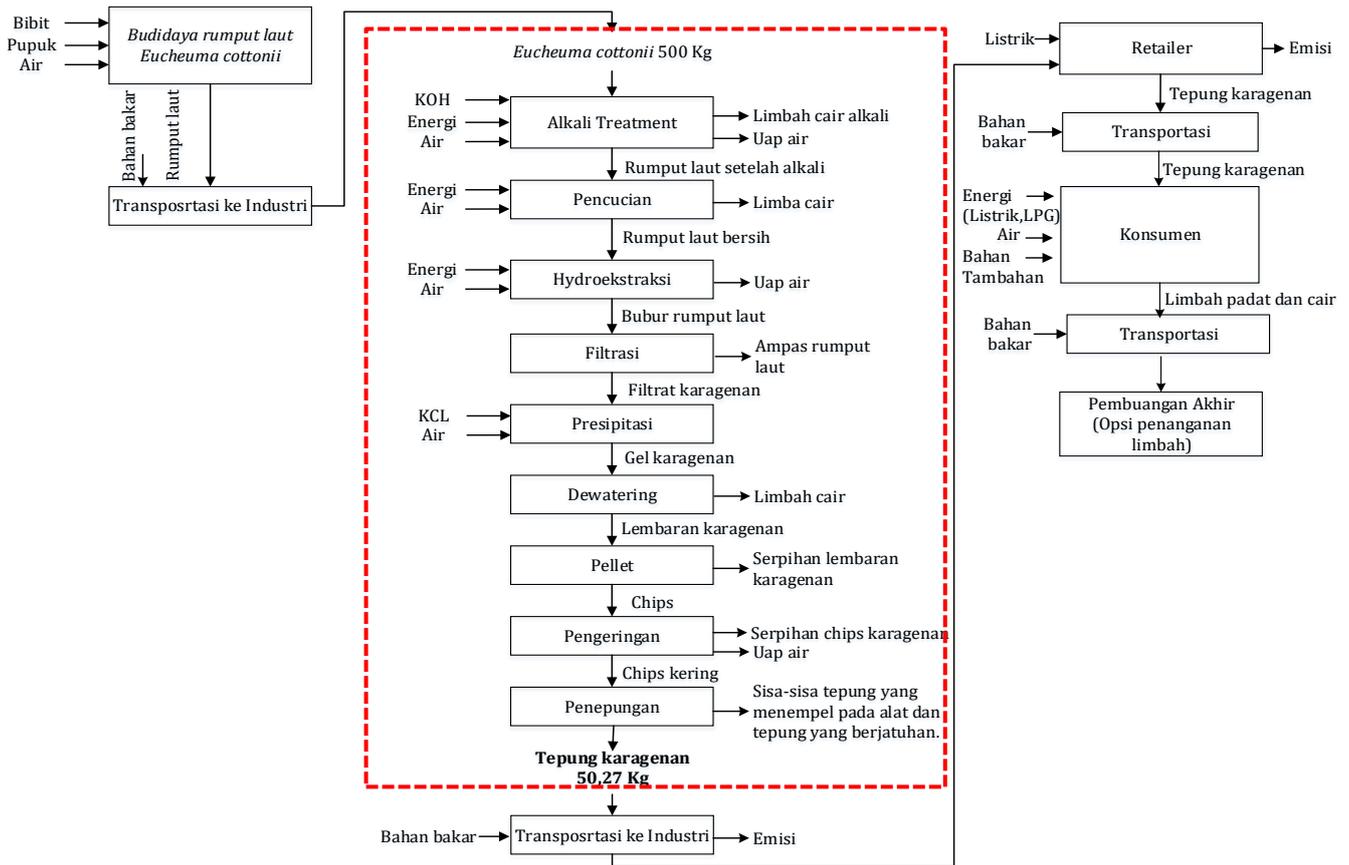
$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (listrik)} = \text{QL} \times \text{FE}$$

dengan :

QL = konsumsi listrik (kWh)

FE = faktor emisi (0,84 kg CO<sub>2</sub>/kWh)[12]

Perhitungan jejak karbon pada tepung karagenan yang dihasilkan dilakukan dengan membagi jumlah total karbon dengan tepung karagenan yang dihasilkan.



Gambar 1. Ruang lingkup penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk tepung karagenan diperoleh dari hasil ekstraksi rumput laut merah *Eucheumma cottonii* [13]. Tepung karagenan banyak dimanfaatkan sebagai stabilisator, bahan pengental, pembentuk gel dan pengemulsi [14][15]. Pada umumnya, produksi tepung karagenan dilakukan dengan metode alkohol dan metode tekan atau *press* [16]. Beberapa tahapan proses produksi tepung karagenan diantaranya pencucian, ekstraksi, filtrasi, presipitasi, pengeringan dan penggilingan[17].

#### 3.1 Identifikasi proses produksi tepung karagenan

Tepung karagenan merupakan tepung hasil ekstraksi rumput laut merah *Eucheumma cottonii* sebagai bahan baku, dan menggunakan bahan tambahan berupa natrium hidroksida (NaOH), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan Natrium klorida (Na(ClO)<sub>2</sub>) dan bubuk filter aid. Pada proses produksi tepung karagenen terdapat beberapa tahapan proses diantaranya Alkali treatment, pencucian, hidroekstraksi, filtrasi, presipitasi, dewatering, pemotongan, pengeringan dan penepungan. Sumber energi yang hampir digunakan pada setiap tahapan proses produksi tepung karagenan adalah listrik. Penggunaan listrik dilihat dari besaran kWh pada setiap unit alat dan mesin yang digunakan pada satu kali siklus tahapan proses produksi (Tabel 1).

Tabel 1. Total penggunaan listrik pada setiap tahapan proses produksi tepung karagenan

Proses	Alat Mesin	Penggunaan Listrik (kWh /jam)	Total Penggunaan Listrik Setiap Proses (kWh/jam)
Alkali treatment	Motor agitator	7,33	18,33
	Pompa air	11	
Pencucian	Motor agitator	5,5	11
	Pompa air	5,5	
Hidro ekstraksi	Motor agitator	2,75	57,75
	Pompa air	22	
	Pompa sirkulasi	11	

Proses	Alat Mesin	Penggunaan Listrik (kWh /jam)	Total Penggunaan Listrik Setiap Proses (kWh/jam)
	Pompa transfer	22	
Filtrasi	Pompa piston 1	3,67	
	Pompa piston 2	3,67	
	Pompa hidrolik	22	30,08
	Pompa cuci	0,75	
Presipitasi	Pompa PHE	1,50	
	Pompa KCL	0,75	3
	Motor konveyor	0,75	
Dewatering	Motor agitator	0,55	
	Pompa hidrolik	60	80,55
	Pompa piston	20	
Pemotongan	Motor agitator	15	
	Blower 1		
	Blower 2		
	Blower 3	2,93	17,93
	Blower 4		
Penepungan	Motor agitator	5,5	5,5

### 3.2 Sebaran Jejak Karbon Berdasarkan Tahapan Proses

Jejak karbon merupakan ukuran dampak dari hasil aktivitas manusia terhadap lingkungan dan perubahan iklim tertentu. Jejak karbon disebabkan karena adanya peningkatan jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil untuk listrik. Jejak karbon merupakan jumlah total dari hasil emisi karbondioksida secara langsung maupun tidak langsung dari akumulasi penggunaan produk dalam kehidupan sehari – hari [18] . Adapun satuan yang menunjukkan nilai jejak karbon adalah ton setara CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>e) atau setara kg-setara CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>e).

Pada setiap tahapan proses produksi menggunakan alat dan mesin yang berbeda-beda, sehingga menghasilkan jejak karbon yang beragam. Perhitungan emisi jejak karbon pada penggunaan listrik dihitung berdasarkan daya dari alat dan mesin proses produksi dan durasi pemakaian yang digunakan (Tabel 2). Analisis aliran bahan menunjukkan bahwa tepung karagenan yang dihasilkan sebanyak 50,27 kg tepung karagenan dengan hasil analisis potensi jejak karbon sebesar 3,75 kg CO<sub>2</sub>eq/kg tepung karagenan (Tabel 3).

**Tabel 2.** Potensi total emisi jejak karbon dari penggunaan listrik

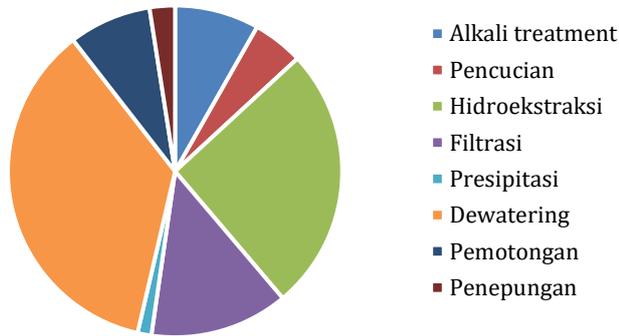
Sumber karbon tiap tahapan proses produksi	Jumlah karbondioksida ekuivalen (kg CO <sub>2</sub> eq per batch)
Alkali treatment	15,40
Pencucian	9,24
Hidroekstraksi	48,51
Filtrasi	25,27
Presipitasi	2,52
Dewatering	67,66
Pemotongan	15,06
Penepungan	4,62
<b>Total</b>	<b>188,27</b>

**Tabel 3.** Total produk tepung karagenan per batch

Input (Kg rumput laut <i>Eucheumma cottonii</i> )	Output (Kg tepung karagenan)	Jejak Karbon (kg CO <sub>2</sub> eq/kg tepung karagenan)
500	50,27	3,75

Gambar 2 menunjukkan bahwa sebaran emisi jejak karbon pada setiap tahapan proses produksi berbeda – beda. Hasil analisis menunjukkan bahwa tahap dewatering memiliki potensi yang cukup besa menghasilkan jejak karbon. Hal tersebut karena proses dewatering menggunakan alat yang memiliki daya cukup besar dengan durasi pemakaian yang cukup lama. Proses dewatering bertujuan untuk mengurangi kadar air ketika gel sudah terbentuk pada tangki

penampungan. Mesin yang digunakan berupa mesin press yang memiliki kekuatan 20 bar sehingga gel karagenan yang semula berbentuk serpihan akan berubah menjadi lembaran- lembaran gel.



**Gambar 2.** Sebaran emisi jejak karbon pada proses produksi tepung karagenan

### 3.3 Rekomendasi Strategi Penurunan Jejak Karbon pada Produksi Tepung Karagenan

Besarnya emisi karbon yang dihasilkan selama proses produksi tepung karagenan merupakan hal yang harus diperbaiki. Hal tersebut merupakan upaya untuk meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan. Beberapa upaya yang bisa dilakukan untuk mengurangi besaran jejak karbon yang dihasilkan yaitu :

1. Menggunakan listrik secara bijak dengan mematikan alat dan mesin produksi di waktu jam istirahat.
2. Mengganti sumber energi pembangkit listrik yang lebih ramah lingkungan.
3. Merencanakan proses produksi yang lebih efisien.

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Proses produksi tepung karagenan menggunakan listrik yang memiliki kontribusi terhadap emisi jejak karbon. Nilai emisi jejak karbon dilakukan dengan menganalisis potensi jejak emisi karbon menggunakan perhitungan emisi Gas Rumah Kaca. Nilai jejak emisi karbon yang dihasilkan pada proses produksi 1 kg tepung karagenan sebanyak 3,75 kg CO<sub>2</sub>eq/kg. Strategi upaya rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi karbon pada proses produksi tepung karagenan diantaranya menggunakan listrik dengan bijak, mengganti sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan merencanakan proses produksi yang lebih efisien.

### 4.2 Saran

Saran penelitian ini yaitu perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk menganalisis jejak karbon dari mulai proses pengadaan bahan baku sampai produk siap dipasarkan, sehingga dapat diketahui jejak emisi karbon dari suatu produk secara menyeluruh.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi, W. Irving, and T. Krug, "2006 IPCC - Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories," *Directrices para los Inventar. Nac. GEI*, p. 12, 2006.
- [2] W. Purwanta, "Penghitungan Emisi Karbon Dari Lima Sektor Pembangunan Berdasar Metode Ippc Dengan Verifikasi Faktor Emisi Dan Data Aktivitas Lokal," *J. Teknol. Lingkungan*, vol. 11, no. 1, p. 71, 2016.
- [3] A. Muchtar, "Analisis Emisi Co2 Pltp Ulubelu Lampung Dan Kotribusinya Terhadap Pengembangan Pembangkit Listrik Di Provinsi Lampung," *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkungan. (Journal Nat. Resour. Environ. Manag.*, vol. 9, no. 2, pp. 288-303, 2019, doi: 10.29244/jpsl.9.2.288-303.
- [4] F. Gui *et al.*, "Activity-based allocation and optimization for carbon footprint and cost in product lifecycle," *J. Clean. Prod.*, vol. 236, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.117627.
- [5] A. W. Nugraha, and O. Suparno, "Analisis Potensi Jejak Karbon Limbah Cair dan Listrik Pada Proses Penyamakan Kulit," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 30, no. 3, pp. 256-264, 2020.
- [6] I. G. N. Made Wiratama, I. M. Sudarma, and I. M. Adhika, "Jejak Karbon Konsumsi Lpg Dan Listrik Pada Aktivitas Rumah Tangga Di Kota Denpasar, Bali," *ECOTROPHIC J. Ilmu Lingkungan. (Journal Environ. Sci.*, vol. 10, no. 1, p. 68, 2016, doi: 10.24843/ejes.2016.v10.i01.p11.
- [7] W. Kusuma Admaja, N. Nasirudin, and H. Sriwinarno, "Identifikasi Dan Analisis Jejak Karbon (Carbon Footprint ) Dari Penggunaan Listrik Di Institut Teknologi Yogyakarta," *J. Rekayasa Lingkungan*, vol. 18, no. 2, 2020, doi:

- 10.37412/jrl.v18i2.28.[1] T. R. Society, "Climate change and global warming: Impacts on crop production," *Genet. Modif. Plants*, pp. 283–296, 2021, doi: 10.1016/b978-0-12-818564-3.09991-1.
- [8] T. R. Society, "Climate change and global warming: Impacts on crop production," *Genet. Modif. Plants*, pp. 283–296, 2021, doi: 10.1016/b978-0-12-818564-3.09991-1.
- [9] M. Sutartib, "Tantangan Administrasi Pengenaan Pajak Karbon Di Indonesia," *J. Anggar. dan Keuang. Negara Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 38–55, 2021, doi: 10.33827/akurasi2021.vol3.iss2.art127.
- [10] F. W. Yudhana and M. Madalina, "Formulasi Kebijakan Penerapan Pajak Karbon Di Indonesia," *Sovereignty J. Demokr. dan Ketahanan Nas.*, vol. 1, no. 1, pp. 68–78, 2022.
- [11] Putt DPS dan Bahtia P. 2002. Working 9 To 5 On Climate Change: An Office Guide .World Resource Institute. Washington DC. 13
- [12] Kementerian ESDM, *Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi*. 2015.
- [13] S. Distantina, Rochmadi, M. Fahrurrozi, and Wiratni, "Preparation and characterization of glutaraldehyde-crosslinked kappa carrageenan hydrogel," *Eng. J.*, vol. 17, no. 3, pp. 57–66, 2013, doi: 10.4186/ej.2013.17.3.57.
- [14] D. Fathmawati, M. R. P. Abidin, and A. Roesyadi, "Studi kinetika pembentukan karaginan dari rumput laut," *J. Tek. Pomits*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2014.
- [15] P. P. Investasi and K. R. Laut, "Laporan Tahunan," 2018.
- [16] E. N. Dewi and C. Java, "Semi Refined Carrageenan ( Scr ) Products From Different Coastal Waters Based on," *J. Coast. Dev.*, vol. 16, no. 1, pp. 25–31, 2012.
- [17] M. D. Torres, N. Flórez-Fernández, and H. Domínguez, "Integral utilization of red seaweed for bioactive production," *Mar. Drugs*, vol. 17, no. 6, 2019.
- [18] Wiedmann T dan Minx J. 2008. A definition of 'carbon footprint'. *Ecological economics research trends*1:1-11.