



ANALISIS DAUR HIDUP (*LIFE CYCLE ASSESSMENT*) PENGOLAHAN KOPI BUBUK ROBUSTA SECARA BASAH DI INDUSTRI KECIL MENENGAH (IKM) BELOE KLASIK LAMPUNG

Febilian Adiwinata^{1*}, Suprihatin², Mulyorini Rahayuningsih²

¹Teknik Industri Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

²Departemen Teknologi Industri Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

Article history

Diterima:

14 Agustus 2021

Diperbaiki:

31 Agustus 2021

Disetujui:

14 September 2021

Keyword

Environmental impact;

Global warming potential; Life cycle assessment

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries with the largest producer of coffee commodities globally. The high productivity of coffee is a good opportunity to establish of Small and Medium Industries for coffee processing. The increase in coffee production will affect the quality of the environment due to of the entire series of coffee production activities such as pollution or emissions and waste. The policies set by the government encourage industries to become environmentally friendly and sustainable industries. An assessment of the coffee processing life cycle needs to be carried out to determine how big the environmental impact is from the production process. The magnitude of the environmental impact can be calculated using the Life Cycle Assessment (LCA) method from providing raw materials to products ready for consumption by consumers resulting in environmental impacts and requiring energy that can be calculated. The purpose of this study is to analyze and evaluate the environmental impact of coffee processing production activities using the Life Cycle Assessment (LCA) method with a gate to gate scope. The stages of LCA research are setting research objectives and scope, inventory analysis, environmental impact assessment, and implementation of improvements. The environmental impact analyzed is Greenhouse Gas (GHG) emissions which are categorized as one of the causes of Global Warming Potential (GWP). The results of the LCA analysis show that for every one tonne of wet-processed coffee, 1900 MJ of energy will be used, and GHG emissions of 270.17 Kg CO₂eq / day are equivalent to 1.31 CO₂eq / kg of ground coffee, which is equivalent to 6,438 Kg CO₂eq. / month and 77,260 Kg CO₂eq/ year.

This is open access article under the CC-BY-SA license

* Penulis korespondensi

Email : adiwinata.febilian@gmail.com

DOI 10.21107/agrointek.v15i4.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara produsen komoditas kopi terbesar di dunia dengan menempati urutan ke empat (AEKI 2017). Pertumbuhan konsumsi kopi Indonesia meningkat dari 0,8 kg per kapita menjadi 1,3 kg per kapita. Perkembangan industri kopi dunia juga berimbas pada industri kopi Indonesia. Industri kopi Indonesia mengalami peningkatan pada industri hilir sebagaimana terlihat pada maraknya Industri Kecil Menengah (IKM) pengolahan kopi, *coffee shop*, kafe dan kedai kopi (AEKI 2017). Data pada tahun 2019 menunjukkan bahwa luas area perkebunan kopi di Indonesia mencapai 1,24 juta Ha dengan produksi sebesar 729.074 ribu ton per tahun (Ditjenbun 2019). Salah satu daerah penghasil kopi di Indonesia adalah Provinsi Lampung. Provinsi Lampung merupakan sentra produksi kopi terbesar kedua di Indonesia setelah Provinsi Sumatera Selatan. Provinsi Lampung memiliki luas area perkebunan kopi sebesar 157.682 Ha dengan produksi sebesar 107.219 ton per tahun (BPS 2018). Petani kopi di Provinsi Lampung pada umumnya menanam kopi jenis robusta karena secara agronomis wilayah di Provinsi Lampung lebih cocok untuk membudidayakan kopi robusta jika dibandingkan dengan kopi arabika.

Peningkatan angka konsumsi kopi per kapita dan perkembangan industri kopi yang pesat di Indonesia memberikan dampak negatif terhadap penurunan kualitas lingkungan sebagai akibat yang ditimbulkan dari seluruh rangkaian kegiatan produksi kopi tersebut. Besarnya dampak lingkungan dari proses produksi pengolahan kopi dapat dihitung dengan metode *Life Cycle Assessment* (De marco *et al.*, 2018). Metode LCA mampu memberikan gambaran terperinci mengenai dampak lingkungan yang ditimbulkan dari suatu industri yang hasilnya dapat dijadikan pertimbangan untuk memilih penggunaan bahan baku maupun proses yang tepat sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari pelaksanaan suatu proses produksi (Nisa *et al.*, 2016). Penilaian LCA ini tidak dapat langsung mereplikasikan nilai-nilai yang sudah ada pada produk kopi di daerah lain, karena setiap daerah memiliki sumberdaya, teknologi dan tahapan proses yang berbeda. LCA memberikan estimasi dampak lingkungan kumulatif yang dihasilkan dalam siklus hidup produk, maka dapat diketahui pada tahapan mana

yang memberikan dampak paling besar dengan menganalisis, menghitung dampak lingkungan dan nilai emisinya secara komprehensif (Phrommarat, 2019). Penilaian dampak emisi gas rumah kaca sebagai batasan dalam penelitian ini yang ditinjau dari penggunaan energi selama siklus produksi. Potensi dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan pada setiap fase penyediaan energi pada proses pengolahan kopi dapat dianalisis menggunakan LCA dengan menghitung beban lingkungan berdasarkan analisis inventori dari penggunaan sumber daya dan bahan baku yang digunakan (Siregar *et al.*, 2016). Penggunaan metode LCA memiliki empat pilihan utama untuk menentukan batas-batas sistem yang digunakan berdasarkan standar ISO 14044 didalam sebuah studi LCA :

- a. *Cradle to grave*: termasuk bahan dan rantai produksi, energi semua proses dari ekstraksi bahan baku melalui tahap produksi, transportasi dan penggunaan hingga produk akhir dalam siklus hidupnya.
- b. *Cradle to gate*: meliputi semua proses dari ekstraksi bahan baku melalui tahap produksi (proses dalam pabrik), digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari suatu produksi sebuah produk.
- c. *Gate to grave*: meliputi proses dari penggunaan pasca produksi sampai pada akhir-fase kehidupan siklus hidupnya, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari produk tersebut setelah meninggalkan pabrik.
- d. *Gate to gate*: meliputi proses dari tahap produksi saja, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari langkah produksi atau pada satuan unit proses dari cakupan terkecil (Harjanto *et al.*, 2012).

Tujuan penelitian ini menganalisis dan mengevaluasi dampak yang ditimbulkan kepada lingkungan menggunakan metode LCA dengan lingkup *gate to gate*.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Industri Kecil Menengah (IKM) Kopi Beloe Klasik Kecamatan Ulubelu, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung yang didirikan oleh Bapak Kukuh pada tahun 2015 dan telah mendapatkan ijin usaha dari Kementerian Perindustrian Provinsi Lampung. Produk utama yang dihasilkan oleh IKM Beloe

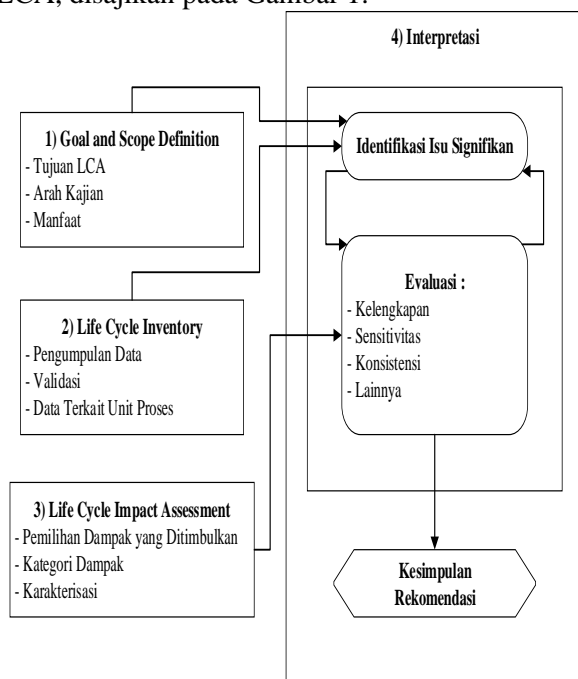
Klasik adalah kopi bubuk robusta dari biji kopi pilihan secara basah.

Pengumpulan Data

Terdapat dua jenis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari hasil observasi langsung di IKM, dokumen catatan perusahaan dan wawancara dengan pemilik IKM. Data sekunder diperoleh dari tesis dan jurnal penelitian terkait yang telah dipublikasikan sebelumnya sesuai dengan topik riset, sebagian data lainnya diperoleh dari hasil perhitungan sendiri dengan beberapa asumsi mengikuti kaidah perhitungan metode LCA.

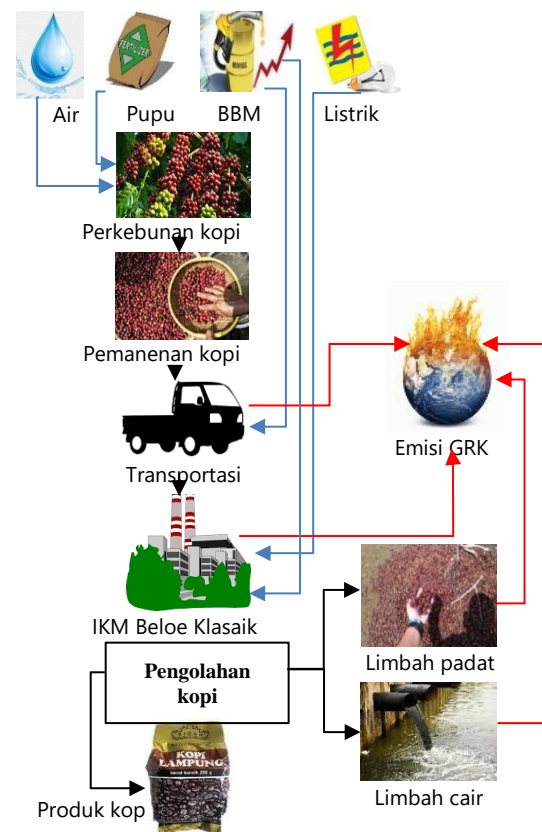
Penilaian Life Cycle Assessment

Metode LCA dilakukan dengan melakukan identifikasi secara kuantitatif semua aliran *input* dan *output* dari sistem terhadap lingkungan dalam setiap tahapan. Metode LCA dilakukan berdasarkan pedoman pelaksanaan LCA menurut Framework ISO 14044:2006 yang terdiri dari empat tahap yaitu : definisi tujuan dan ruang lingkup (*goal and scope definition*), inventarisasi *input-output* (*inventory analysis*), perkiraan dampak lingkungan dari semua *input* dan *output* (*impact assessment*), dan interpretasi hasil (*interpretation and improvement analysis*) (Roy *et al.*, 2019). Diagram alir prinsip kerja metode LCA, disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Prinsip Kerja LCA

Analisis inventori bertujuan untuk menganalisis dampak lingkungan, perhitungan dampak tersebut dikelompokkan berdasarkan kontribusi terhadap emisi GRK berdasarkan kandungan CO₂, N₂O, dan CH₄ (Hassard *et al.*, 2016). Menurut Pramono dan Sadmaka (2018) emisi GRK terdiri dari tiga jenis sumber gas yaitu N₂O, CH₄, dan CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, proses produksi kopi serta penanganan dan pengelolaan limbah. Menurut Nugraha *et al.* (2018) *Global Warming Potential* merupakan nilai yang relatif sama dengan CO₂, setiap 1 kg gas metana (CH₄) memiliki nilai GWP sebesar 28 Kg CO₂eq dan gas nitro oksida (N₂O) memiliki nilai GWP sebesar 265 Kg CO₂eq. Batasan sistem proses penelitian LCA di IKM Beloe Klasik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Batasan Sistem Proses Penelitian LCA di IKM Beloe Klasik

Perhitungan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) menggunakan rumus perhitungan nilai emisi *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC 2006). Sebagai salah satu contoh rumus perhitungan untuk emisi GRK dari penggunaan bahan bakar solar, sebagai berikut :

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (solar)} = \text{QF} \times \text{NK} \times \text{FE} \dots(1)$$

Keterangan :

QF = Konsumsi solar (L)

NK = Nilai kalor bersih (0,000038 TJ/L)

FE = Faktor emisi (74.100 CO₂/ TJ)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, analisis inventori *input* dan *output* proses produksi kopi secara basah di IKM Beloe Klasik dalam basis 1000 kg akan menghasilkan 207 kg produk kopi bubuk robusta, 647 kg limbah padat, 617 Liter limbah cair dan 229 Liter kadar air dan senyawa volatil lain yang teruapkan, data disajikan pada Tabel 1. Penanganan limbah merupakan salah satu langkah yang sangat penting untuk mencegah dan meminimalisir limbah yang dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah padat

menggunakan prinsip *recycle*, semua limbah padat yang dihasilkan digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik yang kemudian digunakan pada proses pemupukan diperkebunan kopi dan limbah cairnya di tampung dalam kolam-kolam tertutup untuk menurunkan kadungan bahan organik sebelum pada akhirnya di buang ke lingkungan.

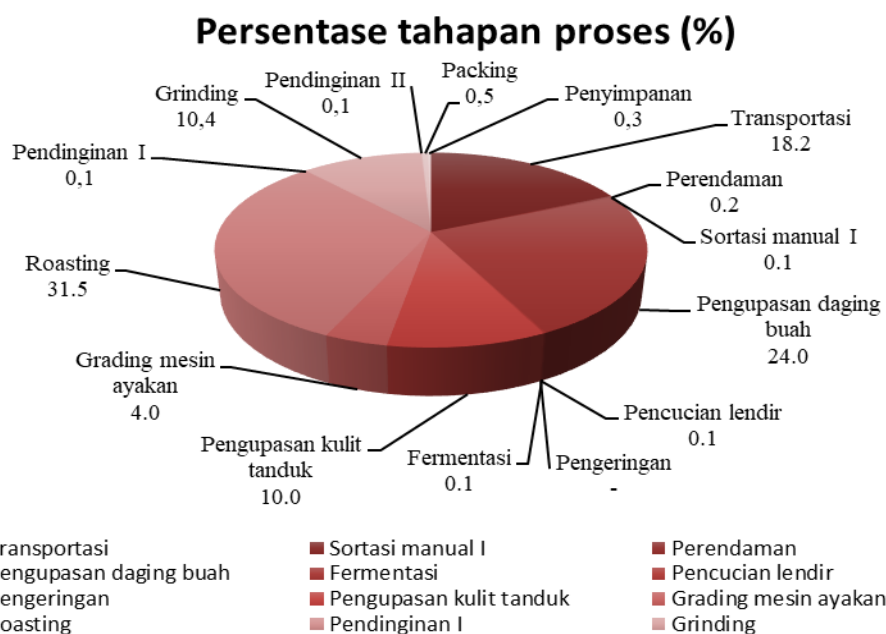
Berdasarkan hasil perhitungan LCA total kebutuhan energi IKM Beloe Klasik kapasitas 1000 kg per hari sebesar 1.900 MJ/ton buah kopi yang diolah, sumber energi terbesar berasal dari penggunaan listrik, gas LPG dan bahan bakar fosil (premium dan solar) untuk operasional proses produksi Data selengkapnya disajikan pada Tabel 2 dan diagram persentase penggunaan energi disajikan pada Gambar 3.

Tabel 1 *Input* Dan *Output* Proses Produksi Kopi Secara Basah IKM Beloe Klasik

Tahapan Proses		Input			Output		
		Bahan (Kg)	Air (L)	Produk (Kg)	Padat (Kg)	Cair (L)	Teruapkan (L)
Perkebunan kopi	Pupuk organik	2000					
	Pupuk anorganik	500					
Pemanenan kopi	Buah petik merah	1000		1000			
Sortasi manual	Buah kopi pilihan	1000		985	15		
Perendaman	Buah kopi pilihan	985	500	975	10		
Pengupasan buah	daging Biji kopi berlendir	975		775	357	343	
Fermentasi	Biji kopi berlendir	775		775			
Pencucian sisa lendir	Biji kopi basah	775	200	670	31	274	
Pengeringan	Biji kopi kering	670		568	18		102
Pengupasan kulit tanduk	<i>Green beans</i>	568		351	199		
<i>Grading</i> mesin ayakan	<i>Green beans</i> pilihan	351		336	15		
<i>Roasting</i> / Penyangraian	<i>Green beans</i> matang	336		211			125
Pendinginan 1	<i>Green beans</i> pilihan	211		210			1
<i>Grinding</i> / Penggilingan	Bubuk kopi	210		209	1		
Pendinginan 2	Bubuk kopi	209		208			1
Pengemasan	Kopi bubuk kemasan	208		207	1		
Penyimpanan	Kopi bubuk siap jual	207		207			
Jumlah				207	647	617	229

Tabel 2 Total Kebutuhan Energi IKM Beloe Klasik kapasitas 1000 Kg per hari

Tahapan proses	Bahan Bakar (MJ)	Listrik (MJ)	Total Energi (MJ)	Persentase (%)
Transportasi	346,6	-	346,6	18,2
Sortasi manual I	-	1,73	1,73	0,1
Perendaman bak apung	-	3,6	3,6	0,2
Pengupasan daging buah	456	-	456	24
Fermentasi	-	1,73	1,73	0,1
Pencucian lendir	-	1,8	1,8	0,1
Pengeringan	-	-	-	-
Pengupasan kulit tanduk	190	-	190	10
Sortasi / <i>grading</i> mesin ayakan	-	76	76	4
<i>Roasting</i> / peyangraian	576	23,04	599,04	31,5
Pendinginan I	-	1,73	1,73	0,1
<i>Grinding</i> / penggilingan	205	-	205	10,8
Pendinginan II	-	1,73	1,73	0,1
<i>Packing</i> / pengemasan	-	10,08	10,08	0,5
Penyimpanan	-	4,95	4,95	0,3
Total	1.774	126	1.900	100



Gambar 3 Diagram Persentase Tahapan Proses (%) IKM Beloe Klasik

Analisis perhitungan dampak Emisi GRK yang dihasilkan dari proses pengolahan kopi di IKM Beloe Klasik pada sektor proses produksi menjadi penyumbang emisi terbesar terutama pada proses produksi yang terbagi menjadi pengolahan primer (21,45 %) dan pengolahan sekunder (26,04 %) hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil, gas dan energi listrik yang cukup tinggi (Echeverria dan Nuti, 2017). Penggunaan energi ini berkontribusi menyumbang 128,46 kg CO₂eq/ton buah kopi

yang diproses. Nilai ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan 47,49 % potensi pemanasan global yang dihasilkan berasal dari kegiatan produksi di dalam pabrik (pengolahan primer dan sekunder). Emisi GRK dari pengolahan pabrik didominasi oleh gas CO₂, dengan total potensi pemanasan global (CO₂, CH₄, dan N₂O) sebesar 270,17 kg-CO₂eq/ton buah kopi yang diolah atau setara dengan 1,31 kg-CO₂eq/Kg kopi bubuk. Analisis perhitungan dampak Emisi GRK yang ditimbulkan dari proses pengolahan kopi robusta

secara basah di IKM Beloe Klasik dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Berdasarkan pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa di sektor proses produksi menjadi penyumbang emisi terbesar, hal ini disebabkan oleh penggunaan energi bahan bakar dan listrik yang tinggi (Noponen *et al.*, 2012) penggunaan energi ini menyumbang 128,46 kg-CO₂eq/ton kopi per hari. Nilai ini menunjukkan bahwa 47,49 % potensi pemanasan global yang dihasilkan dalam proses produksi kopi robusta secara basah di IKM kopi Beloe Klasik berasal dari kegiatan dalam pabrik karena disetiap tahapan proses membutuhkan energi yang cukup besar. Perawatan berkala, *general checking* terhadap mesin vital produksi sangat penting untuk mencegah kerusakan dan penggunaan energi yang berlebih.

Proses pemupukan diperkebunan juga menyumbang 113,13 kg-CO₂eq/ton kopi yang diproses, proses perkebunan kopi menghasilkan emisi gas rumah kaca yang cukup tinggi karena pada proses ini menggunakan pupuk anorganik sehingga berdasarkan perhitungan potensi

terhadap pemanasan global cukup besar. Begitu pula dengan proses transportasi, dimana pada proses ini untuk mengangkut 1.000 kg buah kopi hasil panen dari perkebunan menuju pabrik menghasilkan 28,58 kg-CO₂eq/ton. Emisi yang terbentuk ini berupa emisi CO₂ (156,37 Kg-CO₂eq), CH₄ (0,453 kg-CO₂eq), dan N₂O (113,357 kg-CO₂eq). Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4 rata-rata produksi kopi robusta secara basah di IKM kopi Beloe Klasik jika diasumsikan produktivitas konstan maka dapat dihitung total emisi GRK yang dihasilkan perbulan sebesar 6.754 kg-CO₂eq atau per tahun sebesar 81.051 kg-CO₂eq.

Nilai emisi GRK di IKM kopi Beloe Klasik tersebut dapat dikatakan baik karena masih berada di bawah ambang batas yang telah ditetapkan oleh Kementerian Perindustrian yang tercantum dalam Permenperin No.54 Tahun 2020 yang mengatakan bahwa batas maksimum emisi GRK industri kopi instan adalah 3,75 ton CO₂eq / ton produk atau 3,75 kg CO₂eq /kg produk (Permenperin 2020) sedangkan di IKM Beloe Klasik sebesar 1,31 kg-CO₂eq/Kg kopi bubuk.

Tabel 3 Emisi GRK IKM Kopi Beloe Klasik Kapasitas Produksi 1 ton per hari

Tahapan proses	Emisi GRK CO ₂ eq (Kg)			Total CO ₂ eq (Kg)	Unit proses (%)
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
Pemupukan	-	-	113,13	113,13	41,87
Transportasi	28,41	0,12	0,07	28,58	10,58
Sortasi manual	0,84	-	-	0,84	0,31
Perendaman	1,75	-	-	1,75	0,65
Pengupasan daging buah	33,79	0,13	0,07	33,99	12,58
Fermentasi	0,84	-	-	0,84	0,31
Pencucian lendir	0,87	-	-	0,87	0,32
Pengupasan kulit tanduk	14,08	0,05	0,03	14,16	5,24
Grading mesin ayakan	5,63	0,02	0,01	5,66	2,09
Roasting / peyangraian	46,99	0,08	0,02	47,09	17,43
Pendinginan I	0,84	-	-	0,84	0,31
Grinding / penggilingan	14,21	0,06	0,03	14,3	5,29
Pendinginan II	0,84	-	-	0,84	0,31
Packing / pengemasan	4,88	-	-	4,88	1,81
Penyimpanan	2,4	-	-	2,4	0,89
Total	156,37	0,45	113,36	270,17	100

Keterangan :

■ : Sektor perkebunan

■ : Sektor transportasi

■ : Sektor produksi (pengolahan primer)

■ : Sektor produksi (pengolahan sekunder)

Tabel 4 Emisi GRK kopi Beloe Klasik per Hari, Bulan dan Tahun

Tahapan Proses	Emisi GRK CO ₂ eq (Kg)		
	Per Hari	Per Bulan	Per Tahun
Pemupukan	113,13	2.828,25	33.939
Transportasi	28,58	714,5	8.574
Sortasi manual	0,84	21	252
Perendaman	1,75	43,75	525
Pengupasan daging buah	33,99	849,75	10.197
Fermentasi	0,84	21	252
Pencucian lendir	0,87	21,75	261
Pengupasan kulit tanduk	14,16	354	4.248
<i>Grading</i> mesin ayakan	5,66	141,5	16.98
<i>Roasting</i> / peyangraian	47,09	1.177,25	14.127
Pendinginan I	0,84	21	252
<i>Grinding</i> / penggilingan	14,3	357,5	4.290
Pendinginan II	0,84	21	252
<i>Packing</i> / pengemasan	4,88	122	1.464
Penyimpanan	2,4	60	720
Total	270	6.754	81.051

KESIMPULAN

Hasil penilaian daur hidup (*Life Cycle Assessment*) proses produksi kopi robusta secara basah menunjukkan bahwa pengolahan 1.000 kg buah kopi memerlukan energi sebesar 1.900 MJ dan menghasilkan emisi GRK sebesar 270,17 kg CO₂-eq/ ton buah kopi atau 1,31 kg CO₂-eq/ kg kopi bubuk setara dengan 6.754 kg CO₂-eq/bulan dan 81.051 kg CO₂-eq/tahun.

Proses pengolahan kopi robusta secara basah di sektor proses produksi merupakan penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar yaitu (47,49 %) sehingga menjadi perhatian perbaikan di dalam siklus pengolahan kopi, diikuti dengan tahap proses pemupukan di kebun sebesar (41,87 %) dan transportasi sebesar (10,58 %).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ini disampaikan untuk:

1. Prof. Dr-Ing. Ir. Suprihatin, IPU selaku ketua komisi pembimbing atas arahan dan bimbingannya.
2. Dr. Ir. Mulyorini Rahayuningsih, M.Si selaku anggota komisi pembimbing atas koreksi dan bimbingannya

3. Bapak Kukuh selaku pemilik Industri Kecil Menengah Pengolahan Kopi Beloe Klasik.

DAFTAR PUSTAKA

- AEKI. 2017. Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia. Laporan pasar kopi (*Report of coffee market*). Edisi Juli 2017. http://www.aeki-aice.org/statistic_aeki.html
- BPS. 2018. Badan Pusat Statistik. Statistik kopi indonesia. Indonesian Coffe Statistic 2018. <https://www.bps.go.id/publication/2019/12/06/b5e163624c20870bb3d6443a/statistik-kopi-indonesia-2018.html>
- De Marco, I., Riemma, S., Iannone, R. 2018. Life cycle assessment of supercritical CO₂ extraction of caffeine from coffee beans. *Journal of Supercritical Fluids*, 133 (November 2017), 393–400. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.11.005>
- Ditjenbun. 2019 Direktorat Jenderal Perkebunan. Statistik perkebunan kopi Indonesia 2019. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/?publikasi=buku-statistik-perkebunan-2019-2021>.
- Echeverria, M.C., Nuti, M. 2017. Valorisation of the residues of coffee agro-industry: perspectives and limitations. *The Open Waste Management Journal*, 10(1), 13–22.

- <https://doi.org/10.2174/1876400201710010013>
- Hassard, H.A., Couch, M.H., Techa-Erawan, T., Mclellan, B.C. 2016. Product carbon footprint and energy analysis of alternative coffee products in Japan. *Journal of Cleaner Production*, 73, 310–321. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.006>
- Kementerian Perindustrian. 2020. Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 54 Tahun 2020 Tentang Standar Industri Hijau Untuk Industri Pengolahan Kopi Instan. 10 November 2020. Jakarta.
- Nisa, F., Haji, A.T.S., Suharto, B., Sumberdaya, J. 2016. Penentuan tingkat eko-efisiensi proses produksi biji kakao menggunakan life cycle assessment pada unit produksi di pusat penelitian kopi dan kakao indonesia determination of eco-efficiency rate of cocoa beans process. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 32–39
- Noponen, M.R.A., Edwards-Jones, G., Haggard, J.P., Soto, G., Attarzadeh, N., Healey, J.R. 2012. Greenhouse Gas Emissions in Coffee Grown with Differing Input Levels under Conventional and Organic Management. *Agric. Ecosyst. Environ.* 151(4): 6-15.
- Nugraha, A.Z., Wiloso, E.I., Yani, M. 2018. Pemanfaatan serbuk gergaji sebagai substitusi bahan bakar pada proses pembakaran - kiln di pabrik semen dengan pendekatan life cycle assesment (lca). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(2), 188–198.
- <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.2.188-198>
- Phrommarat, B. 2019. Life cycle assessment of ground coffee and comparison of different brewing methods: A case study of organic arabica coffee in Northern Thailand. *Environment and Natural Resources Journal*, 17(2), 96–108. <https://doi.org/10.32526/enrj.17.2.2019.106>
- Pramono, A., Sadmaka. 2018. Emisi gas rumah kaca, cadangan karbon serta strategi adaptasi dan mitigasi pada perkebunan kopi rakyat di Nusa Tenggara Barat (greenhouse gas emission, carbon stock, adaptation and mitigation strategies at smallholder coffee plantation in West Nusa Tenggara). *E-Journal Menara Perkebunan*, 86(2), 62–71. <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v86i2.294>
- Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., Shiina, T. 2019. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, 90(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.06.016>
- Siregar, K., Tambunan, A.H., Irwanto, A.K., Wirawan, S.S., Araki, T. 2019. A Comparison of Life Cycle Assessment on Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) and Physic Nut (*Jatropha curcas* Linn.) as Feedstock for Biodiesel Production in Indonesia. *Energy Procedia*, 65, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.054>