



Penilaian daur hidup produk kopi robusta organik pada agroindustri kopi Klungkung

Elida Novita*, Dini Retno Widyaningsih, Hendra Andiananta Pradana

Teknik Pertanian, Universitas Jember, Jember, Indonesia

Article history

Diterima:

3 Juni 2022

Diperbaiki:

23 Juli 2022

Disetujui:

3 Agustus 2022

Keyword

LCA;

robusta;

organic;

GWP;

energy;

ABSTRACT

Organic robusta coffee cultivation in Klungkung Village can cause environmental pollution and has the potential to produce greenhouse gases (GHG) due to inefficient use of energy. Upstream processes or gardens use organic fertilizers without proper knowledge. Meanwhile, downstream or processing uses technology and produces waste that is not yet environmentally friendly. This study aims to determine how much impact the processing of organic robusta coffee can make, so that the product can be said to be feasible as an environmentally friendly product. The method used in this research is Life Cycle Assessment (LCA) which has stages of determining goals and scope, life cycle inventory, life cycle impact assessment and interpretation. Processing of organic robusta coffee products produces a GWP of 21,2768 kg CO₂-eq and the efficiency of energy use shows a NER value of 0.02 and a NEV of -153.94. The recommended alternative improvement is the use of coffee horn skin which is processed into briquettes as a substitute for LPG fuel in the roasting process. If the alternative recommendations are implemented, it can reduce the GWP value to 20.4374 kg CO₂-eq and increase energy use efficiency to a NER value of 1.09 and NEV of 9.86. The environmental impact resulting from this research is the amount of greenhouse gases (GHG) resulting from the organic robusta coffee production process, if not repaired, it will pollute the surrounding environment.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email: elida_novita.ftp@unej.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v17i2.14700

PENDAHULUAN

Salah satu daerah yang menghasilkan kopi di Jawa Timur yaitu kecamatan Sukorambi tepatnya di desa Klungkung Kabupaten Jember (Prayuginingsih et al. 2012). Desa Klungkung merupakan salah satu desa yang memiliki agroindustri kopi dengan nama “Agroindustri Kopi Klungkung”. Terdapat beragam jenis kopi yang ada di Agroindustri Kopi Klungkung tersebut, salah satunya, kopi robusta. Penerapan budidaya kopi di Desa Klungkung diterapkan secara organik dengan menggunakan pupuk dari kotoran hewan ternak dan daun-daun kering, ranting pohon atau bubuk kayu. Penerapan proses daur hidup produk pada Agroindustri Kopi Klungkung nantinya bertujuan untuk memperjelas berbagai tantangan pemasaran yang ada serta alternatif strategi yang bisa diterapkan di Agroindustri Kopi Klungkung tersebut (Prayuginingsih et al. 2012).

Pengolahan kopi robusta pada Agroindustri Kopi Klungkung ini dapat diolah dengan cara basah atau cara kering. Perbedaannya pengolahan kopi secara basah atau secara kering terletak pada saat pengupasan daging buah kopinya (Mayrowani 2013). Namun penelitian ini fokus pada pengolahan kopi robusta secara kering saja atau *natural dry* dengan merk “KELADI”. Robusta *natural dry* dengan merk “KELADI” menjadi obyek utama karena paling banyak diminati oleh konsumen dibandingkan dengan merk robusta yang lainnya. Kopi olah kering nantinya akan menghasilkan aroma yang kompleks, tingkat keasaman rendah dengan struktur yang keras dan tingkat kekentalan yang tinggi (Mayrowani 2013).

Pengolahan kopi secara kering yaitu pengolahan kopi dimana pengupasan daging buahnya dilakukan ketika kopi sudah mengalami proses pengeringan (kopi gelondong). Pengolahan kopi secara kering biasanya dilakukan oleh perkebunan kecil (rakyat) karena dapat dilakukan dengan peralatan sederhana. Tahapan pengolahan kopi secara kering ini meliputi proses panen, sortasi buah, sortasi rambang, pengeringan, pengupasan, sortasi biji kering, penyangraian, pembubukan, pengemasan dan penyimpanan biji kopi (Mayrowani 2013). Pengolahan kopi secara kering menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan, salah satunya yaitu limbah padat. Limbah padat hasil pengolahan kopi dapat berupa kulit kopi hasil pengupasan dengan

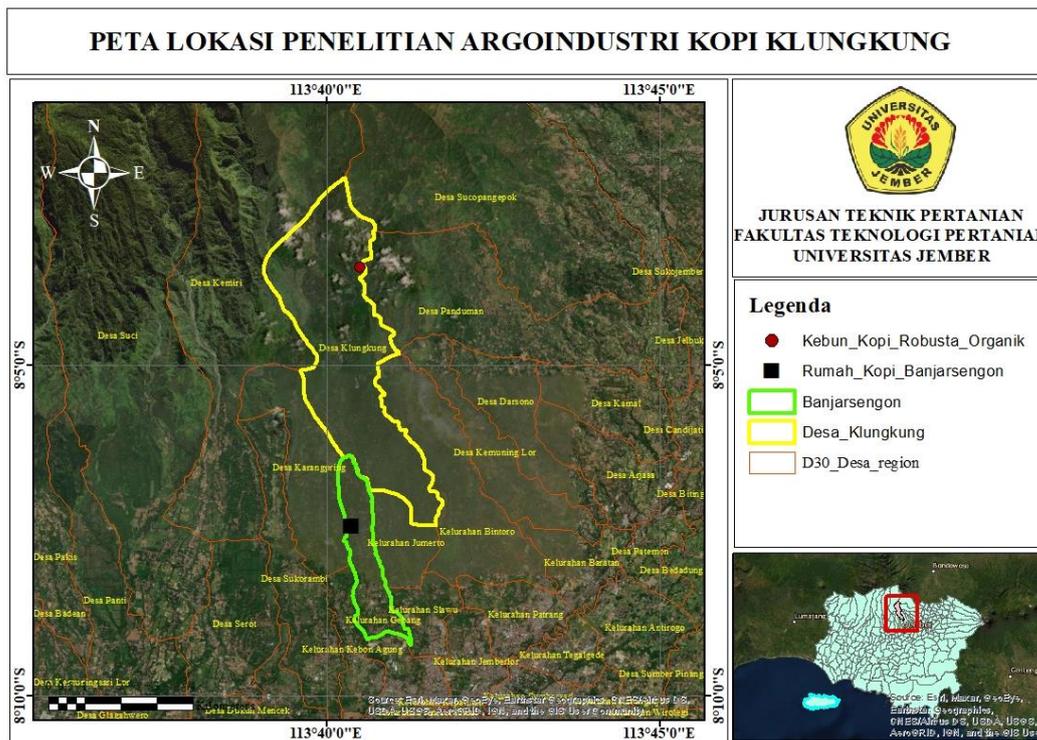
kisaran 40-60% (Suryaningrat et al. 2016). Salah satu limbah padat yang dihasilkan yaitu kulit kopi atau *pulp* kopi. Kulit kopi dibuang begitu saja tanpa adanya penanganan untuk mengurangi limbah kulit kopi tersebut. Jika hal itu terus menerus dibiarkan maka dapat mengakibatkan peningkatan gas rumah kaca (GRK). Selama ini, kulit kopi yang dibuang tersebut selanjutnya dibakar yang menghasilkan asap dan mencemari lingkungan sehingga meningkatkan paparan gas rumah kaca (GRK) pada atmosfer. Salah satu upaya untuk mengurangi terjadinya dampak pencemaran akibat limbah yang dihasilkan, maka dapat menggunakan suatu konsep yang memiliki aspek ramah lingkungan yaitu dengan menerapkan *Green Supply Chain Management* (GSCM), melalui penilaian daur hidup atau *Life Cycle Assessment* (LCA) yang sesuai dengan revisi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2021 tentang PROPER (Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Dalam Pengelolaan Lingkungan) (Kautzar et al. 2015).

Life Cycle Assessment (LCA) merupakan suatu metode pengukuran dampak lingkungan dari suatu produk tertentu terhadap ekosistem yang dilakukan dengan mengidentifikasi, mengukur, menganalisis dan menakar besarnya konsumsi energi, bahan baku, emisi serta faktor-faktor lainnya yang berkaitan dengan produk tersebut sepanjang siklus hidupnya (Kautzar et al. 2015). Penerapan proses daur hidup produk pada Agroindustri Kopi Klungkung nantinya bertujuan untuk memperjelas berbagai tantangan pemasaran yang ada serta alternatif strategi yang bisa diterapkan di Agroindustri Kopi Klungkung tersebut. Kategori dampak lingkungan yang diperhitungkan dalam penelitian ini mengacu pada Permen LHK 01/2021, yaitu *Global Warming Potential* (GWP) atau efek pemanasan global dari emisi gas rumah kaca dan efisiensi penggunaan energi dari proses produksi (Kautzar et al. 2015).

METODE

Bahan dan Alat

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Klungkung, Kecamatan Sukorambi, Kabupaten Jember sebagai lokasi kebun kopi robusta organik (hulu) dan di Agroindustri Kopi Klungkung yang bertempat di Rumah Kopi Banjarsengon (RKB) Jl. Sriti No. 138 Kelurahan Banjarsengon, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember sebagai lokasi pengolahan kopi robusta organik (hilir) yang ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain biji kopi robusta organik di Desa Klungkung, air, sampel tanah terusik dan tak terusik, limbah produksi kopi robusta organik dan produk kopi bubuk robusta organik. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat dan mesin budidaya dan produksi kopi bubuk robusta organik, timbangan, alat tulis, laptop, kamera, kalkulator dan *software* Ms. Excel. Adapun untuk alat dan mesin budidaya dan produksi kopi bubuk robusta organik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Alat dan mesin budidaya dan produksi kopi bubuk robusta organik

No.	Proses	Jenis
1.	Pemupukan	Mesin <i>sprayer</i>
2.	Pengupasan kulit tanduk	Mesin <i>huller</i>
3.	Penyangraian	Mesin <i>roasting</i>
4.	Pembubukan	Mesin <i>grinder</i>
5.	Penyegelan	Mesin <i>siller</i>

Metode Penelitian

Penentuan Goal and Scope

Penentuan *goal and scope* merupakan langkah awal dalam metode LCA yang harus ditetapkan sebagai acuan untuk menentukan batasan yang jelas dalam pelaksanaannya

sehingga dapat menjawab semua permasalahan yang akan diselesaikan (Fitriani 2019).

Life Cycle Inventory (LCI)

LCI dilakukan dengan cara menginventarisasi semua aliran *input* dan *output* yang terlibat dalam satuan massa dan energi terutama energi langsung (konsumsi bahan bakar dan listrik) per proses produksi kopi robusta organik yang dihasilkan (Fitriani 2019).

Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Pada tahap LCIA dilakukan penilaian hasil inventori yang telah dilakukan sebelumnya. Kategori dampak lingkungan yang digunakan yaitu gas rumah kaca (GRK) atau *Global Warming Potential* (GWP) dan efisiensi penggunaan energi dari proses daur hidup produk kopi robusta organik (Fitriani 2019). Emisi GRK yang diperhitungkan yaitu kandungan C organik dalam tanah yang ditanami kopi robusta organik. Perhitungan kandungan C organik tanah ini bertujuan untuk mengetahui apakah produk kopi robusta organik tersebut layak dan ramah lingkungan. Selain data C organik tanah, juga digunakan data pendukung yaitu jenis tanah dan tekstur tanah. Data C organik tanah, jenis tanah serta tekstur tanah digunakan untuk mengetahui tingkat keorganikan tanah yang ada pada kebun

kopi robusta organik serta pengaruhnya terhadap emisi gas rumah kaca.

Perhitungan yang digunakan untuk menentukan besarnya energi yang dibutuhkan pada saat penggunaan bahan bakar menurut Azis (2016) yaitu sebagai berikut.

- Energi Langsung (Bahan Bakar)

$$Els = \frac{Vl \times Cl \times Rd}{CH}$$

keterangan :

Els : Energi BB yang terpakai (MJ/ton)

Vl : Konsumsi bahan bakar (lt/jam)

Cl : Nilai unit energi BB (MJ/lt)

Rd : Rendemen hasil kegiatan (%)

CH : Kapasitas hasil alat (ton/jam)

- Energi Listrik

$$El = \frac{D \times t}{Pl}$$

keterangan :

El : Energi listrik digunakan (MJ/ton)

D : Daya listrik (watt)

t : Waktu pemakaian alat (jam)

Pl : Produksi biji kopi / input (ton)

Jumlah emisi GRK kopi robusta organik dihitung dengan persamaan yang berdasarkan panduan IPCC (2006) dalam buku Boer et al. (2012) sebagai berikut.

$$E = AD \times EF$$

Keterangan :

E = Emisi (kg CO₂; kg CH₄; kg N₂O)

AD = Data aktivitas (listrik: kWh; LPG, bensin, briket: Megajoule/MJ; C organik: kg)

EF = Faktor emisi bahan (kg CO₂ / AD; kg CH₄ / AD; kg N₂O / AD)

Adapun faktor emisi bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Setelah melakukan perhitungan emisi GRK maka dilanjutkan dengan menghitung nilai dampak lingkungan yaitu GWP dengan mengalikan dengan faktor karakterisasi pada Tabel 3.

Menurut Azis (2016) efisiensi energi dinyatakan dalam bentuk *Net Energy Ratio* (NER) dan *Net Energy Value* (NEV) dengan persamaan sebagai berikut.

$$NER = \frac{E_o}{E_i}$$

$$NEV = E_o - E_i$$

Keterangan :

NER = *Net Energy Ratio* (tanpa satuan)

NEV = *Net Energy Value* (tanpa satuan)

E_o = *energy output* (MJ/ton)

E_i = *energy input* (MJ/ton)

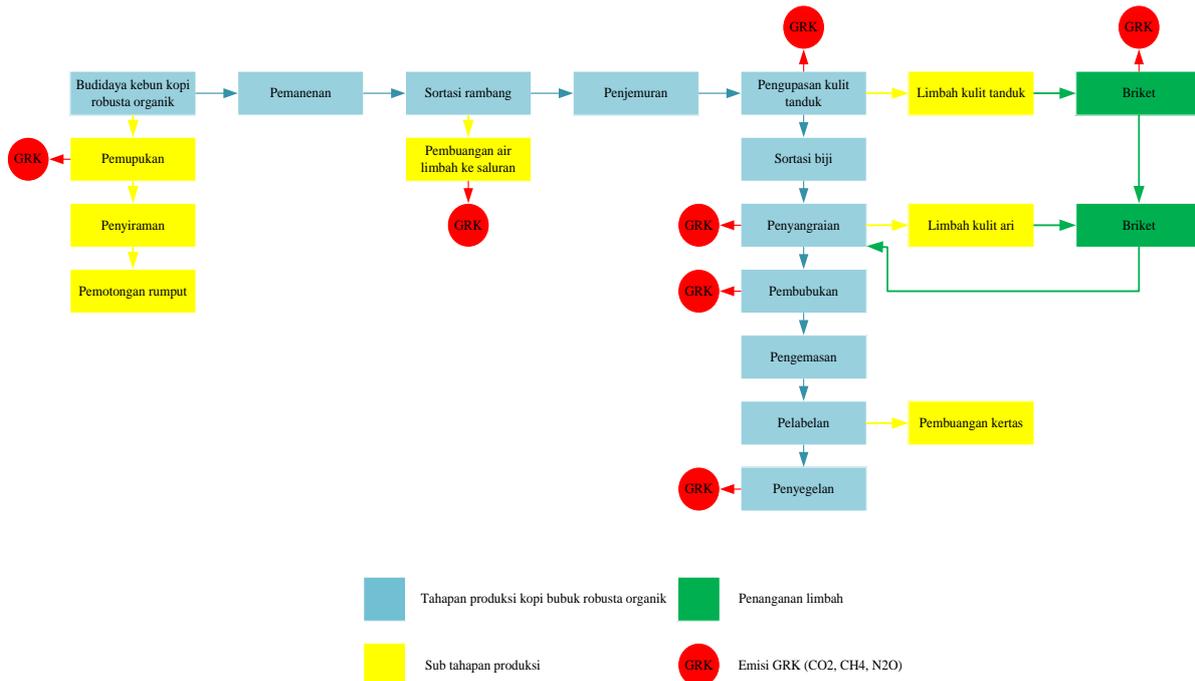
Tabel 2 Faktor emisi bahan

Bahan Bakar	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Referensi
C organik	3,67	-	-	Maswar et al. (2011)
Bensin	0,00693	0,00003	0,0000006	Boer et al. (2012)
LPG	0,0631	0,00001	0,0000001	Boer et al. (2012)
Listrik	0,7743889	0,0000159	0,0000088	Widyastuti dan Nugrahayu (2018)
Briket	111400	1	20	Boerr et al. (2012)

Tabel 3 Nilai karakteristik GWP

Emisi GRK	Simbol	GWP (horizon 100 tahun)
Karbon dioksida	CO ₂	1
Metana	CH ₄	25
Dinitrogen oksida	N ₂ O	298

Sumber : IPCC (2007) dalam Ifdholy (2018)



Gambar 2 Rincian ruang lingkup penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Neraca Massa dan Neraca Energi *Penentuan Goal and Scope*

Penelitian ini memiliki *goal* atau tujuan yaitu untuk mengetahui seberapa besar dampak yang dihasilkan dari produk kopi robusta organik terhadap lingkungan yang dapat direduksi, sehingga nantinya produk tersebut dapat dikatakan layak untuk dipasarkan sebagai produk yang ramah lingkungan. Sedangkan *scope* atau ruang lingkup dari penelitian ini meliputi bagian hulu atau bagian kebun dari kopi robusta organik (budidaya kopi robusta organik) hingga ke bagian hilir (produk kopi bubuk robusta organik). *Scope* pada penelitian ini termasuk *cradle to gate* yang meliputi budidaya kopi robusta organik hingga ke penanganan limbah. Rincian ruang lingkup pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.

Life Cycle Inventory (LCI)

Pada tahap LCI produk kopi robusta organik di Agroindustri Kopi Klungkung meliputi inventori kebun kopi robusta organik dan inventori pasca panen.

Inventori Kebun Kopi Robusta Organik

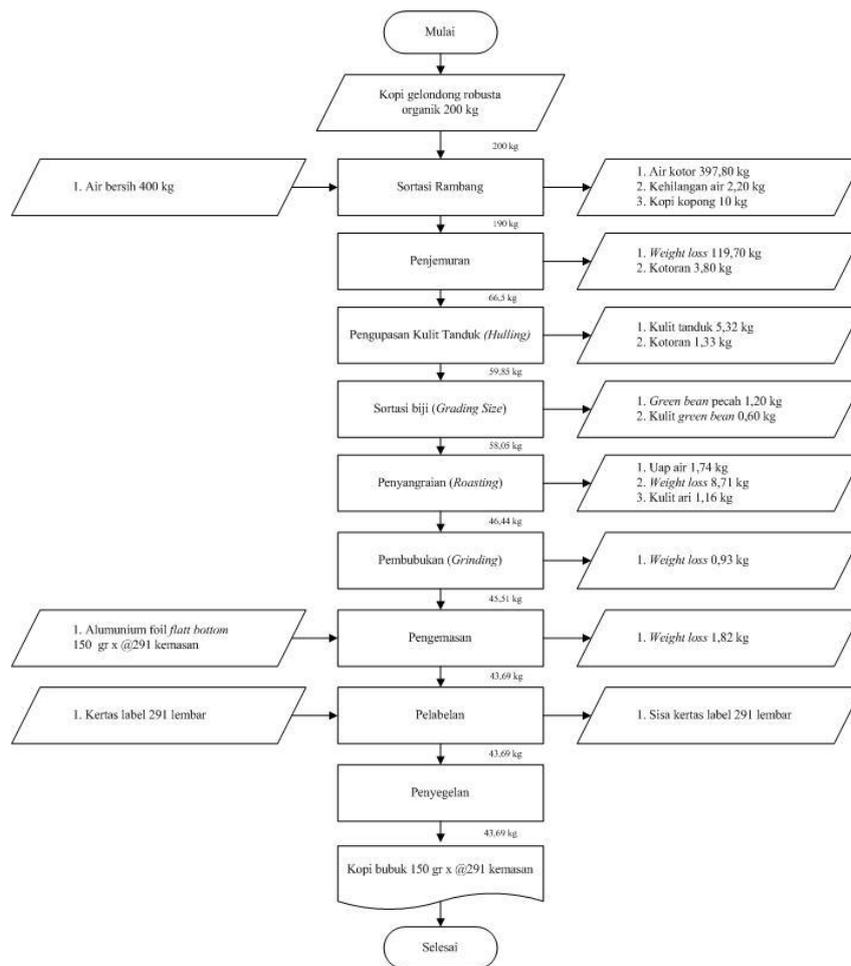
Perkebunan kopi robusta organik terletak di daerah Klungkung (lereng selatan pegunungan Argopuro Jember). Budidaya dan perawatan kebun kopi robusta organik dilakukan dengan pemupukan, penyiraman, dan penyiangan.

Kegiatan pemupukan dilakukan dengan menggunakan mesin *sprayer* dengan *input* berupa energi listrik yang tentunya menghasilkan emisi GRK. Sumber utama emisi GRK dari budidaya tanaman kopi berasal dari pemberian pupuk (Yulianingrum et al. 2020).

Jenis tanah yang ada pada kebun kopi robusta organik adalah jenis tanah Latosol. Tanah jenis Latosol merupakan tanah yang mengalami pelapukan intensif, sehingga terjadi pelindian kation-kation hara dan bahan organik dengan meninggalkan besi oksida (Fe₂O₃) dan aluminium oksida (Al₂O₃), hal tersebut menjadikan tanah ini mempunyai kapasitas tukar kation dan kandungan hara yang rendah (Soepardi, 2005 dalam Masrun, 2018). Tingkat keasaman tanah Latosol sekitar 4,0 – 6,0. Tanah Latosol memiliki warna merah, coklat hingga kekuning-kuningan. Kandungan bahan organik dalam tanah Latosol berkisar antara 3-9% (Scaetzel dan Anderson 2005 dalam Saptiningsih 2015).

Inventori Pasca Panen Kopi Robusta Organik

Neraca massa proses pasca panen kopi robusta organik disajikan pada Gambar 3. Limbah terbanyak pada proses produksi kopi robusta organik adalah kulit tanduk. Selama ini, tidak ada pengolahan lebih lanjut terhadap limbah tersebut (langsung dibuang). Hal tersebut tentunya dapat menyumbang emisi CO₂ baik ke lingkungan maupun GRK.



Gambar 3 Neraca massa proses pasca panen kopi robusta organik

Proses pasca panen kopi robusta organik menggunakan alat proses produksi. Penggunaan alat proses produksi tentunya membutuhkan energi baik energi listrik maupun energi bahan bakar. Penggunaan energi tersebut tentunya menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) yang nantinya berdampak pada lingkungan. Berikut disajikan inventori proses, data konsumsi bahan bakar dan listrik serta data konsumsi energi proses produksi kopi robusta organik pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6 sebagai berikut.

Penentuan Dampak Lingkungan

Perhitungan GWP

GWP atau emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan pada proses produksi kopi robusta organik disajikan pada Tabel 7.

Berdasarkan hasil perhitungan dampak emisi GRK diketahui bahwa total emisi yang dihasilkan pada proses produksi kopi robusta organik merk Keladi pada Agroindustri Kopi Klungkung yaitu sebesar 21,2768kg CO₂-eq yang terdiri dari

21,1856kg CO₂-eq untuk emisi karbon dioksida (CO₂), 0,0339kg CO₂-eq untuk emisi metana (CH₄) dan 0,0573kg CO₂-eq untuk emisi dinitrogen oksida (N₂O). Seluruh emisi gas dihasilkan dari C organik tanah, penggunaan energi listrik pada penggunaan mesin *sprayer* saat proses pemupukan, pembakaran bahan bakar bensin dan gas LPG pada penggunaan mesin *huller* dan *roaster* saat proses pengupasan kulit tanduk dan penyangraian, serta penggunaan energi listrik oleh mesin *roaster*, *grinder* dan *siller* pada proses penyangraian, pembubukan dan penyegelan.

Perhitungan Efisiensi Penggunaan Energi

Efisiensi energi pada penilaian daur hidup produk kopi robusta organik ini dapat diketahui melalui perhitungan *net energy*. Menurut Nugroho (2014) dalam Ifdholy (2018) *net energy* merupakan besarnya energi yang dibutuhkan dan yang dihasilkan dari suatu daur hidup. Hasil perhitungan energi *input* dan *output* dapat dilihat pada Tabel 8, sedangkan hasil perhitungan nilai NEV dan NER untuk melihat kebaikan efisiensi

penggunaan energi dalam daur hidup produk kopi bubuk robusta organik yang disajikan pada Tabel 9.

Nilai NER proses pengolahan kopi robusta organik sebesar 0,022 dan nilai NEV sebesar -153,944. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi

energi dalam proses daur hidup produk kopi robusta organik merk Keladi dikatakan belum baik. Kinerja net energi yang dapat dikatakan baik dari daur hidup produk ditunjukkan apabila nilai NER di atas 1 dan NEV yang bernilai positif (Azis 2016).

Tabel 4 Inventori proses produksi kopi robusta organik

Input/Output	Unit	Jumlah per unit fungsi	Unit	Persentase	Proses yang paling dominan
Massa kopi akhir	kg	43,69	kg		
Input bahan baku					
Kopi gelondong	kg	200	kg	100%	Proses produksi kopi bubuk
Air	kg	400	kg	100%	Proses produksi kopi bubuk
Input listrik					
Listrik	kWh	20,05	kWh	93,08%	Proses produksi kopi bubuk
Input bahan bakar					
Bensin	liter	0,2882	liter	6,04%	Proses produksi kopi bubuk
LPG	kg	1,5722	kg	48,72%	Proses produksi kopi bubuk
Input penggunaan lahan					
Listrik	kWh	0,3840	kWh	0,88%	Proses pemupukan
Output produk utama / sampingan					
Kopi bubuk robusta organik	kg	43,69	kg	100%	Proses produksi kopi bubuk
Kopi bubuk asalan	kg	10	kg	0%	Proses produksi kopi asalan
Briket	kg	5,8	kg	0%	Proses produksi briket
Output limbah cair					
Air kotor	kg	397,80	kg	100%	Proses sortasi rambang
Output emisi ke udara					
CO ₂	kg CO ₂ -eq	21,1856	kg CO ₂ -eq	99,57%	Proses produksi kopi bubuk
CH ₄	kg CO ₂ -eq	0,0339	kg CO ₂ -eq	0,16%	Proses produksi kopi bubuk
N ₂ O	kg CO ₂ -eq	0,0573	kg CO ₂ -eq	0,27%	Proses produksi kopi bubuk

Tabel 5 Data konsumsi bahan bakar dan listrik proses pasca panen

No.	Proses	Satuan	Konsumsi Bahan Bakar	Konsumsi Listrik
1.	Pengupasan kulit tanduk (Bensin)	Liter	0,2882	-
2.	Penyangraian (LPG)	Kilogram	1,5722	-
3.	Penyangraian (Listrik)	kWh	-	0,6500
4.	Pembubukan (Listrik)	kWh	-	18,7500
5.	Penyegehan (Listrik)	kWh	-	0,6500

Tabel 6 Data konsumsi energi proses produksi kopi robusta organik

Kebutuhan Energi	Energi Bahan Bakar	Energi Listrik
	(MJ)	(MJ)
Mesin <i>sprayer</i> (Listrik)	-	1,3824
Mesin <i>huller</i> (Bensin)	9,5095	-
Mesin <i>roaster</i> (LPG dan Listrik)	74,3666	2,3400
Mesin <i>grinder</i> (Listrik)	-	67,5000
Mesin <i>siller</i> (Listrik)	-	2,3400
Total (Mj)	83,8761	73,5624
Total Konsumsi Energi (Mj)	157,4385	

Tabel 7 Total GWP atau emisi GRK produksi kopi robusta organik

Sumber Emisi	Emisi (kg CO ₂ -eq)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Pemupukan			
C-organik tanah	0,0102	-	-
Mesin <i>sprayer</i> (listrik)	0,2974	0,0002	0,001
Pengupasan kulit tanduk			
Mesin <i>huller</i> (bensin)	0,659	0,0071	0,0017
Penyangraian			
Mesin <i>roaster</i> (LPG)	4,6925	0,0186	0,0022
Mesin <i>roaster</i> (listrik)	0,5034	0,0003	0,0017
Pembubukan			
Mesin <i>grinder</i> (listrik)	14,5198	0,0075	0,049
Penyegelan			
Mesin <i>siler</i> (listrik)	0,5034	0,0003	0,0017
Total	21,1856	0,0339	0,0573
Emisi Total (kg CO₂-eq)		21,2768	

Tabel 8 Perbaikan energi *input* dan *output* pengolahan kopi bubuk robusta organik

Energi Input	Energi Bahan Bakar	Energi Listrik
	(MJ)	(MJ)
Mesin <i>sprayer</i> (Listrik)	-	1,3824
Mesin <i>huller</i> (Bensin)	9,5095	-
Mesin <i>roaster</i> (LPG dan Listrik)	74,3666	2,34
Mesin <i>grinder</i> (Listrik)	-	67,5
Mesin <i>siller</i> (Listrik)	-	2,34
Total (Mj/kg)	83,8761	73,5624
Total Energi Input (MJ)	157,439	
Energi Output		Energi
		(MJ)
Kopi bubuk robusta organik (43,69 kg)		3,495

Rekomendasi Alternatif Perbaikan

Langkah terakhir dalam penilaian daur hidup produk kopi robusta organik yaitu melakukan interpretasi terhadap hasil analisis dampak, sehingga nantinya dapat dilakukan proses alternatif perbaikan untuk mendapatkan daur hidup produk kopi robusta organik yang lebih baik

lagi dari sisi lingkungan. Adapun alternatif perbaikan yang dapat diberikan berdasarkan temuan-temuan selama proses observasi dan pada saat proses penelitian serta besarnya perhitungan dampak lingkungan terhadap beberapa aspek. Alternatif perbaikan yang dapat dipilih yaitu pemanfaatan kulit tanduk kopi yang diolah

kembali menjadi briket sebagai bahan bakar pengganti LPG untuk mengurangi emisi GRK dan pemanfaatan kopi kopong yang diolah menjadi kopi asalan untuk bahan tester di kedai

Perhitungan GWP atau Emisi GRK Sesudah Perbaikan

Apabila skenario perbaikan dilakukan oleh Agroindustri Kopi Klungkung, maka GWP atau emisi GRK yang dihasilkan dalam daur hidup produk kopi robusta organik merk Keladi disajikan pada Tabel 10.

Berdasarkan Tabel 10 mengenai hasil perbandingan emisi gas rumah kaca, diketahui bahwa apabila skenario alternatif perbaikan dilakukan maka akan menurunkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Presentase penurunan masih cukup minim yaitu hanya sebesar 3,9455% tetapi sudah mampu menurunkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Menurut Mita (2019) briket adalah salah satu alternatif yang memberikan manfaat

dalam memenuhi kebutuhan bakar atau energi. Sehingga, dalam skenario alternatif perbaikan ini, briket yang dihasilkan dari pengolahan kulit tanduk yang dijadikan sebagai bahan bakar pengganti LPG dalam proses *roasting* atau penyangraian.

Perhitungan Efisiensi Penggunaan Energi Sesudah Perbaikan

Berdasarkan skenario alternatif perbaikan yang sudah diberikan, maka Agroindustri Kopi Klungkung dapat menghasilkan energi *output* tambahan berupa kopi bubuk asalan dan bahan bakar briket. Adapun perbandingan energi *input* dan *output* pengolahan produk kopi bubuk robusta organik sebelum dan sesudah dilakukan skenario perbaikan ditunjukkan pada Tabel 11, dilanjutkan dengan perbandingan nilai NEV dan NER untuk melihat kebaikan efisiensi penggunaan energi dalam daur hidup produk kopi bubuk robusta organik setelah perbaikan yang disajikan pada Tabel 12.

Tabel 9 Efisiensi penggunaan energi pengolahan produk kopi bubuk robusta organik

Energi	Nilai
Energi <i>input</i> (MJ)	157,439
Energi <i>output</i> (MJ)	3,495
<i>Net Energy Ratio</i>	0,022
<i>Net Energy Value</i>	-153,943

Tabel 10 Perbandingan GWP atau emisi GRK

Sumber Emisi	Sebelum Perbaikan			Sesudah Perbaikan		
	Emisi (kg CO₂-eq)			Emisi (kg CO₂-eq)		
	CO₂	CH₄	N₂O	CO₂	CH₄	N₂O
Pemupukan						
C-organik tanah	0,0102	-	-	0,0102	-	-
Mesin <i>sprayer</i> (listrik)	0,2974	0,0002	0,0010	0,2974	0,0002	0,0010
Pengupasan kulit tanduk						
Mesin <i>huller</i> (bensin)	0,6590	0,0071	0,0017	0,6590	0,0071	0,0017
Penyangraian						
Mesin <i>roaster</i> (LPG)	4,6925	0,0186	0,0022	3,6693	0,0082	0,1963
Mesin <i>roaster</i> (listrik)	0,5034	0,0003	0,0017	0,5034	0,0003	0,0017
Pembubukan						
Mesin <i>grinder</i> (listrik)	14,5198	0,0075	0,0490	14,5198	0,0075	0,0490
Penyegelan						
Mesin <i>siller</i> (listrik)	0,5034	0,0003	0,0017	0,5034	0,0003	0,0017
Total	21,1856	0,0339	0,0573	20,1624	0,0235	0,2514
Emisi Total (kg CO₂-eq)	21,2768			20,4374		
Selisih (kg CO₂-eq)				0,8395		
Penurunan (%)				3,9455		

Tabel 11 Perbaikan energi *input* dan *output* sebelum dan sesudah perbaikan

Energi Input	Sebelum Perbaikan		Sesudah Perbaikan	
	MJ	Persentase (%)	MJ	Persentase (%)
Mesin <i>sprayer</i>	1,38	0,88	1,38	0,88
Mesin <i>huller</i>	9,51	6,04	9,51	6,04
Mesin <i>roaster</i>	76,71	48,72	35,28	48,72
Mesin <i>grinder</i>	67,50	42,87	67,50	42,87
Mesin <i>siller</i>	2,34	1,49	2,34	1,49
Total Energi Input (MJ)	157,44	100,00	116,01	100,00
Energi Output	Sebelum Perbaikan		Sesudah Perbaikan	
	MJ	Persentase (%)	MJ	Persentase (%)
Kopi bubuk robusta organik (kg)	3,50	100,00	3,50	2,78
Kopi bubuk asalan (1,92 kg)	0,00	0,00	0,45	0,36
Briket (5,82 kg)	0,00	0,00	121,93	96,87
Total Energi Output (MJ)	3,50	100,00	125,87	100,00

Tabel 12 Perbandingan efisiensi energi sebelum dan sesudah perbaikan

Energi	Sebelum Perbaikan		Sesudah Perbaikan	
	Nilai		Nilai	
Energi <i>input</i> (MJ)	157,44		116,01	
Energi <i>output</i> (MJ)	3,50		125,87	
<i>Net Energy Ratio</i> / <i>NER</i>	0,02		1,09	
<i>Net Energy Value</i> / <i>NEV</i>	-153,94		9,86	

Berdasarkan Tabel 11 dapat diketahui mengenai perbandingan efisiensi energi sebelum dan sesudah dilakukan alternatif perbaikan pada daur hidup produk kopi robusta organik di Agroindustri Kopi Klungkung maka efisiensi energi bisa dikatakan baik. Hal ini dibuktikan dengan nilai *NER* yang menunjukkan lebih dari 1 dan nilai *NEV* yang bernilai positif. Hal ini juga dibuktikan dengan menurunnya total energi *input* sesudah diterapkan alternatif perbaikan dan meningkatnya total energi *output* sesudah diterapkan alternatif perbaikan. Kinerja net energi yang dapat dikatakan baik dari daur hidup produk ditunjukkan apabila nilai *NER* di atas 1 dan *NEV* yang bernilai positif (Azis 2016), dengan demikian proses alternatif perbaikan yang diberikan pada proses produksi kopi robusta organik di Agroindustri Kopi Klungkung sudah cukup maksimal sehingga dapat diterapkan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

Dampak lingkungan yang dihasilkan dari setiap proses daur hidup produk kopi robusta organik pada Agroindustri Kopi Klungkung terdiri dari efek gas rumah kaca sebesar 21,2768 kgCO₂-eq yang masih tergolong tinggi. Dampak lingkungan terbesar dihasilkan dari proses penyangraian yang menggunakan energi listrik dan juga bahan bakar berupa gas LPG, yaitu sebesar 14,5198 CO₂-eq. Rekomendasi alternatif perbaikan proses produksi untuk mengurangi dampak lingkungan pada Agroindustri Kopi Klungkung berupa pemanfaatan limbah padat kopi kopong yang diolah kembali menjadi kopi "asalan", selain itu kulit tanduk kopi sebagai campuran pakan ternak dan briket sebagai bahan bakar alternatif pengganti LPG.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia, segenap civitas Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, pihak Agroindustri Kopi Klungkung khususnya Rumah Kopi Banjarsengon yang telah memberikan bantuan fasilitas untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis, A. 2016. Analisis Kebutuhan Energi dalam Pengelolaan Tanaman dan Penanganan Pasca Panen Kopi Robusta (Studi Kasus Di Desa Sidomulyo, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember). Skripsi. Universitas Jember.
- Boer, R. Dewi, R. G., Siagian, U. W. R. Ardiansyah, M., Surmaini, E., Ridha, D. M., Gani, M., Rukmi, W. A., Gunawan, A., Utomo, P., Setiawan, G., Irwani, S., dan Parinderati. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Kementerian Lingkungan Hidup*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia
- Fitriani, E. 2019. *Penerapan Life Cycle Assessment (LCA) pada Industri Kecil Menengah Keripik Sanjai di Bukittinggi*.
- Ifdholy, M. 2018. Life Cycle Assessment (LCA) Produk Tempe (Studi Kasus: Rumah Tempe Indonesia, Bogor, Jawa Barat). *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Kautzar, G., Y. Sumantri, and R. Yuniarti. 2015. Analisis Dampak Lingkungan Pada Aktivitas Supply Chain Produk Kulit Menggunakan Metode Lca Dan Anp the Analysis of Environmental Impact in Leather ' S Supply 3(1):200–211.
- Masrun, A. 2018. Analisa Kadar C-Organik Pada Tanah dengan Metode Spektrofotometri di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). Skripsi. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
- Mita, M. 2019. Formulasi Biobriket dari Kulit Tanduk Kopi dan Cangkang Mete sebagai Bahan Bakar Alternatif. Skripsi. Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan Mayrowani, H. 2013. Kebijakan Penyediaan Teknologi Pascapanen Kopi dan Masalah Pengembangannya. *Forum penelitian Agro Ekonomi* 31(1):31.
- Prayuginingsih, H., T. H. Santoso, M. Hazmi dan N. S. Rizal. 2012. Peningkatan Daya Saing Kopi Rakyat di Kabupaten Jember. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*. 6(3):26-40.
- Saptiningsih, E. dan S. Haryanti. 2015. Kandungan Selulosa dan Lignin Berbagai Sumber Bahan Organik Setelah Dekomposisi Pada Tanah Latosol. *Jurnal Buletin Anatomi dan Fisiologi*. XXIII(2):34-42.
- Suryaningrat, I. B., Y. Firdusah, and E. Novita. 2016. Green Supply Chain Manajemen Pada Pengolahan Kopi. *Prosiding Seminar Nasional Apta*:107–111.
- Yulianingrum, H., I. F. Yuniarti, and M. A. N. Ulu. 2020. Budidaya Kopi Rakyat dengan Pengeelolan Bahan Organik Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca dan Cadangan Karbon. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 18(1):97–106.