



Artikel Penelitian

Article history:

Received 7 Dec, 2023

Revised 29 January, 2024

Accepted 30 January, 2024

Kata Kunci:

Emisi Karbon; Kopi; GSCM; Rantai Pasok; VCOR

Keywords:

Carbon emissions; coffee; GSCM; supply chain; VCOR

INDEXED IN

SINTA - Science and Technology

Index

Crossref

Google Scholar

Garba Rujukan Digital: Garuda

CORRESPONDING AUTHOR**Annisa'u Choirun**

Program studi Teknologi Rekayasa Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

EMAILannisa@polije.ac.id**OPEN ACCESS**

E ISSN 2623-2022

Analisis Rantai Nilai Kopi dalam Perspektif *Green Supply Chain Management*

Coffee Value Chain Analysis in the Perspective of Green Supply Chain Management

Annisa'u Choirun^{1*}, Imam Santoso², Izzum Wafi'uddin³, Naila Maulidina Lu'ayya⁴¹Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember | annisa@polije.ac.id²Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Universitas Brawijaya |imamsantoso@ub.ac.id³Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Universitas Brawijaya |izzum_456@student.ub.ac.id⁴Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Universitas Brawijaya |nailamaulidina@student.ub.ac.id

Abstrak: Kopi robusta merupakan salah satu komoditas unggulan di Kabupaten Malang. Kabupaten Malang menjadi produsen dengan total produksi kopi robusta terbanyak di Jawa Timur. Dalam pemenuhan kebutuhan kopi, terdapat aliran barang mulai dari hulu hingga hilir yang menghasilkan emisi karbon dalam setiap mata rantai nilainya. GSCM merupakan suatu konsep yang mengintegrasikan aspek lingkungan kedalam manajemen rantai pasok. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tahapan rantai nilai yang berdampak pada lingkungan dan mengetahui tingkat dampak ekonomi rantai nilai sehingga menjadikan rantai pasok kopi yang berspektif *Green Supply Chain Management* (GSCM). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Value Chain Operations Reference* (VCOR). Emisi karbon dan total biaya dihitung pada tahap *acquire*, *build*, dan *fulfill* di level petani dan *roastery*. Hasil perhitungan menunjukkan nilai emisi yang didapatkan di level petani yaitu 120,53 kg CO₂/kg dan biaya unit yang digunakan untuk tindakan lingkungan sebesar Rp.3.578 atau €0,22. Sedangkan nilai emisi di level *roastery* adalah 9,27 kg CO₂/kg dan biaya unit di level *roastery* adalah Rp. 10.829 atau setara dengan €0,66. Berdasarkan hasil nilai emisi dan biaya unit tersebut menjadikan petani dan *roastery* masih terletak pada posisi *intolerable region* atau daerah yang tidak dapat diterima. Hal tersebut berarti bahwa nilai carbon footprint dan biaya unitnya tinggi

Abstract: Robusta coffee is one of the leading commodities in Malang Regency. Malang Regency is the producer with the highest total robusta coffee production in East Java. In fulfilling coffee needs, there is a flow of goods from upstream to downstream that produces carbon emissions in each value chain. GSCM is a concept that integrates environmental aspects into supply chain management. This study aims to identify the stages of the value chain that have an impact on the environment and determine the level of economic impact of the value chain so as to make the coffee supply chain with a *Green Supply Chain Management* (GSCM) perspective. The method used in this research is *Value Chain Operations Reference* (VCOR). Carbon emissions and total costs were calculated at the *acquire*, *build*, and *fulfill* stages at the farmer and *roastery* levels. The calculation results show that the emission value obtained at the farm level is 120.53 kg CO₂/kg and the unit cost used for environmental action is IDR 3,578 or €0.22. While the emission value at the *roastery* level is 9.27 kg CO₂/kg and the unit cost at the *roastery* level is Rp. 10,829 or equivalent to €0.66. Based on the results of the emission value and unit cost, the farmers and *roastery* are still located in the *intolerable region* position. This means that the value of carbon footprint and unit costs is high.

Jurnal Kolaboratif Sains (JKS)

Doi: 10.56338/jks.v7i2.4540

Pages: 630-645

LATAR BELAKANG

Perubahan iklim terutama melalui peningkatan frekuensi dan intensitas iklim ekstrim memberikan dampak negatif terhadap berbagai sektor, terutama sektor pertanian dan ketahanan pangan. Sejak tahun 1950 sampai dengan tahun 2010, anomali temperature global mengalami kenaikan secara terus-menerus, dimana kenaikan temperature udara mencapai 1,70C. Penyebab perubahan iklim salah satunya disebabkan oleh peningkatan emisi dari aktivitas manusia, seperti pembakaran minyak, batu bara, dan gas yang akan menghasilkan dinitrogen oksida dan karbon dioksida, termasuk kegiatan di sektor pertanian dan peternakan, serta adanya deforestasi. Sektor pertanian merupakan salah satu sumber antropogenik emisi GRK (gas rumah kaca) yang berkontribusi terhadap perubahan iklim.

Seiring dengan berkembangnya penelitian di bidang emisi, konsep *low carbon agriculture* menjadi salah satu topik yang menarik bagi beberapa peneliti. Isu perubahan iklim ditanggapi pemerintah Indonesia melalui kebijakan nasional yang dikenal dengan *low carbon development initiative*, dimana sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang menjadi prioritas nasional dalam RPJMN 2020-2024 untuk target penurunan emisi. Salah satu strategi sektor pertanian dan industri dalam adaptasi perubahan iklim berbasis *low carbon initiative* adalah dengan mengimplementasikan usahatani terintegrasi antar komoditas pertanian. Dalam memasok produk hasil pertanian hingga sampai ke tangan konsumen, terdapat proses manajemen rantai pasok atau *supply chain management* yang dilalui. *Supply Chain Management* (SCM) adalah pendekatan untuk optimalisasi hubungan antara pemasok, kegiatan manufaktur, dan proses penyimpanan yang membantu praktik produksi serta distribusi barang agar dapat berlangsung tepat dalam jumlah, lokasi dan waktu yang dibutuhkan untuk menekan biaya dan mendapatkan kepuasan konsumen (Widyarto, 2012). Seluruh aktivitas pada rantai pasok atau *supply chain* memiliki risiko dan dampak buruk terhadap lingkungan (Heriyanto dan Noviardy 2019). SCM umumnya hanya fokus terhadap aktivitas produksi dan distribusi produk akhir, tanpa memperdulikan dampak negatif terhadap lingkungan selama keberlangsungan produksi dan distribusi berjalan (Verma 2014). Hal tersebut membuat para organisasi dan pelaku usaha menjadi sadar bahwa diperlukannya keseimbangan antara kegiatan industri dan keselarasan lingkungan dalam berbisnis sehingga muncul konsep *Green Supply Chain Management* (GSCM). Konsep *Green Supply Chain Management* (GSCM) atau manajemen rantai pasok hijau mengacu pada usaha-usaha untuk meminimalkan dampak negatif dari suatu organisasi dan rantai pasoknya terhadap lingkungan yang berkaitan dengan perubahan iklim, polusi dan sumber-sumber daya yang tidak diperbaharui (Heriyanto dan Noviardy 2019). GSCM merupakan paradigma rantai pasok yang berkaitan dengan efisiensi lingkungan dan ekologi perusahaan (Mustaniroh et al. 2019) GSCM merupakan suatu inovasi dalam penerapan strategi rantai pasok yang didasarkan pada konteks lingkungan seperti beberapa aktivitas seperti reduksi, daur ulang, penggunaan kembali, dan pergantian material.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tahapan rantai nilai rantai pasok kopi yang berdampak pada lingkungan dan untuk mengetahui tingkat dampak ekonomi rantai nilai dengan menggunakan metode *Value Chain Operation Reference* (VCOR). Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis rantai nilai yaitu *Data Envelopment Analysis* (DEA), *Value Chain Operation Reference* (VCOR) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Ilyas, Shankar, dan Banwet 2007; Rabelo et al. 2007; Savino, Manzini, dan Mazza 2015). Metode DEA merupakan metode evaluasi untuk mengukur efisiensi. Metode ini hanya fokus untuk mengevaluasi efisiensi kinerja dari suatu unit (Ilyas, Shankar, and Banwet 2007; Saranga and Moser 2010). Metode AHP merupakan metode yang digunakan untuk pengambilan keputusan dengan melakukan perbandingan berpasangan dari kriteria pilihan dan perbandingan berpasangan diantara pilihan yang ada. Kelebihan AHP yaitu dapat menyediakan skala pengukuran dan metode untuk mendapatkan prioritas, namun metode AHP hanya mendapatkan prioritas dari beberapa alternatif dan tidak dapat memetakan proses mana yang bisa dikurangi atau dimaksimalkan sehingga tidak memperhatikan perspektif GSCM (Rabelo et al. 2007). VCOR adalah suatu model yang digunakan untuk memodelkan rantai nilai dan prosesnya

mencakup semua kegiatan perusahaan dan tujuan dari perusahaan. Kelebihan dari metode VCOR mampu mengintegrasikan seluruh rantai perusahaan, mempertimbangkan semua fitur rantai pasok dalam proses penciptaan nilai suatu produk atau layanan (Savino, Manzini, dan Mazza 2015). Oleh karena itu, metode VCOR sangat cocok untuk digunakan karena dapat menunjukkan setiap aktivitas dan perpindahan nilai yang dihasilkan pada aktivitas rantai nilai. Metode VCOR mampu menganalisis jumlah limbah atau emisi yang dihasilkan sehingga dapat menentukan strategi untuk menghasilkan rantai pasok yang menerapkan GSCM.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Agroindustri Kopi Robusta yang berada di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang mulai bulan Juni 2023 hingga November 2023. Penelitian ini dibatasi hanya berfokus pada faktor lingkungan dan ekonomi. Identifikasi rantai nilai dilakukan mulai tahap budidaya di level petani hingga penanganan pasca panen di level roastery. Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap, yaitu identifikasi konfigurasi rantai pasok pada agroindustri kopi robusta, analisis risiko emisi karbon pada rantai pasok, dan analisis rantai nilai dengan menggunakan metode Value Chain Operations Reference (VCOR).

VCOR merupakan model yang digunakan untuk memetakan kegiatan rantai nilai yang dapat menggambarkan setiap perpindahan nilai produk mulai dari input hingga menjadi output (Savino, Manzini, dan Mazza 2015). Model VCOR sangat sesuai digunakan untuk menganalisis rantai nilai dengan perspektif green *supply chain management* karena mampu menghitung emisi dari setiap kegiatan rantai. Model VCOR mempunyai variabel berupa *supplier*, *firm*, dan *customer*. Variabel *supplier* dikonfigurasi dengan *fulfill* blok saja, sementara variabel *firm* hanya dapat dikonfigurasi dengan blok *Acquire*, karena rantai pasok secara spesifik tidak mempertimbangkan aktivitas pengiriman pelanggan. Perusahaan (*Firm*) adalah satu-satunya yang menerima produk dari pemasok, memrosesnya dan mengirimkannya ke pelanggan, sehingga disediakan dengan semua modul *Acquire, Build and Fulfill*. Model VCOR dapat dilihat pada **Tabel 1. Tabel 1** merangkum konfigurasi VCOR dengan jumlah yang diproses di setiap blok.

Tabel 1. Model VCOR

Plan				
Supplier		Firm		
Fulfill	Acquire	Build	Fulfill	
		Process		
		Input	Output	
...

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini diambil secara langsung dengan melakukan survey dan pengamatan langsung, data primer yang digunakan yaitu data input dan output dari produksi kopi robusta dalam satu tahun. Data sekunder diperoleh melalui studi literatur untuk memperkuat hasil penelitian. Sumber data sekunder yaitu jurnal, buku, tulisan ilmiah dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu wawancara yang dilakukan dengan petani dan pemilik *roastery* di Kecamatan Ngantang dan dokumentasi.

Beberapa langkah yang digunakan untuk mengevaluasi emisi karbon dalam kegiatan rantai pasok adalah sebagai berikut:

1. Menghitung emisi karbon dengan menggunakan persamaan berikut:

$$C_f = \sum_i A_{pi} G_{pi} + \sum_j B_{tj} G_{tj} + \sum_k C_{dk} G_{dk}$$

Keterangan:

$A_{pi} = \frac{Q}{year}$ adalah produksi Q tahunan dari i^{th} produk

$G_{pi} = \frac{g}{Q}$ adalah emisi greenhouse (CO_2) untuk produksi dari i^{th} produk

$B_{tj} = \frac{km}{year}$ adalah jarak transportasi tahunan dari j^{th} kendaraan

$G_{tj} = \frac{g}{km}$ adalah emisi greenhouse (CO_2) transportasi dari j^{th} kendaraan

$C_{dk} = \frac{kg}{year}$ adalah volume tahunan dari k^{th} limbah

$G_{dk} = \frac{g}{year}$ adalah emisi greenhouse (CO_2) untuk k^{th} limbah

Dimana:

- Q : Jumlah produksi tahunan
- g : Jumlah bahan bakar atau energy (misal: LPG, bensin)
- $\sum A_{pi}G_{pi}$: Emisi karbon tahunan dari kegiatan produksi
- $\sum B_{tj}G_{tj}$: Emisi karbon tahunan dari kegiatan transportasi
- $\sum C_{dk}G_{dk}$: Volume tahunan dari produksi bahan limbah

2. Menentukan Cf dan Ei untuk rantai nilai

Tabel 2. Penentuan Cf dan Ei Di level petani (Fulfiil)

Pemupukan						
Jenis pupuk	Kuantitas (kg) (a)	Weight (kg/pemupukan) (b)	CO2 (kg/kg) (c) = (b)*0,2	Total CO2 (kg) (d) = (a)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = (a)*(e)
...

Tabel 3. Penentuan Cf dan Ei di level petani (Acquire)

Acquire						
Kendaraan	Jarak Tahunan (km) (a)	Konsumsi BBM (km/liter) (b)	CO2 (kg/km) (c) = (b)*2,6	Total CO2 (kg) (d) = (a)*(c)	Harga BBM (e)	Ei (f) = ((a)/(b))*(e)
...

Tabel 4. Penentuan Cf dan Ei di level petani (Build)

Build						
Perambangan						
Tipe	Energi (kWh) (a)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kWh) (c) = (a)*0,725	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))*(e)
...
Pengupasan						
Tipe	Energi (kWh) (a)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kWh) (c) = (a)*0,725	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))*(e)
...
Fermentasi						
Tipe	Kuantitas (kg) (a)			Total CO2 (kg)	Cost (e)	Ei (f) = (a)*(e)
...
Pencucian						
Tipe	Energi (kWh) (a)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kWh) (c) = (a)*0,725	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))*(e)
...

...
Pengupasan						
Tipe	Konsumsi solar (liter/jam)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kWh) (c) = (a)*2,2	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))*(e)
...
Pengemasan						
Tipe	Kuantitas	Berat (kg)	CO2 (kg/kg) (c) = (b)*6,96	Total CO2 (kg) (d) = (a)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = (a)*(e)
...

Tabel 5. Penentuan Cf dan Ei di level petani (Fulfill)

Fulfill						
Kendaraan	Jarak Tahunan (km)	Konsumsi BBM (km/liter)	CO2 (kg/km)	Total CO2 (kg)	Harga BBM	Ei
	(a)	(b)	(c) = (b)*2,6	(d) = (a)*(c)	(e)	(f) = ((a)/(b))*(e)
...

Tabel 6. Penentuan Cf dan Ei di level roastery (Build)

Build						
Roasting						
Tipe	Energi (kWh) (a)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kWh) (c) = (a)*0,725	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))*(e)
...
Roasting						
Tipe	Pemakaian (kg/kg) (a)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kg) (c) = (a)*0,23	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))*(e)
...
Pengemasan						
Tipe	Kuantitas	Berat (kg)	CO2 (kg/kg) (c) = (b)*6,96	Total CO2 (kg) (d) = (a)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = (a)*(e)
...

3. Menentukan dampak ekonomi dari tindakan perbaikan lingkungan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E_i' = E_i + C_m - (C_f \times C_t)$$

Dimana:

E_i' : dampak ekonomi rantai pasok dengan masalah keberlanjutan (Rp)

E_i : dampak ekonomi dari rantai pasok konvensional (Rp)

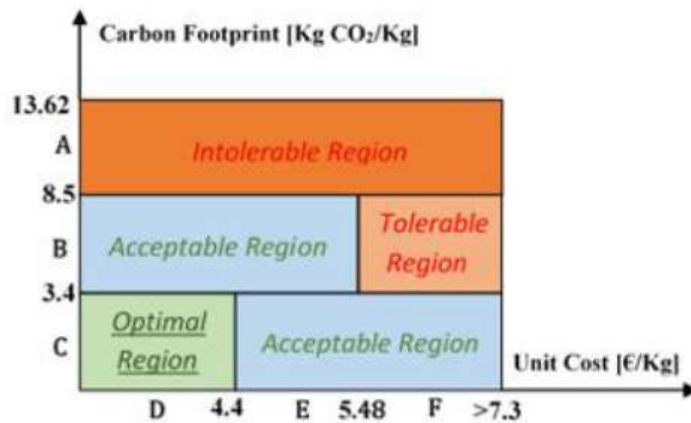
C_m : biaya tindakan lingkungan (Rp)

C_t : pajak karbon (Rp)

Nilai pajak karbon merupakan pajak untuk emisi karbon yang ditetapkan oleh suatu Negara. Indonesia belum menerapkan pajak karbon sehingga nilai pajak karbon yang digunakan untuk perhitungan adalah 0 (Climate Transparency, 2016).

4. Menentukan jejak karbon dari rantai logistik

- Jejak karbon (Cfp) diperoleh dari membagi Cf untuk total produksi tahunan
- Menentukan tingkat dampak ekonomi dan lingkungan global melalui pendekatan matriks Matriks ini menetapkan lima wilayah *Global Impact (GI)* sesuai dengan tujuan perusahaan yang ditetapkan ke dalam blok plan. Matriks tingkat dampak ekonomi dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Matriks global impact (GI) (Savino, 2015)

Dalam matriks tersebut, posisi rantai pasok dihubungkan dengan nilai Cf dan Ei-nya. Definisi masing-masing wilayah GI adalah sebagai berikut:

- ✓ *Intolerable region*, ditandai dengan nilai Cfp dan biaya unit yang tinggi.
- ✓ *Tolerable region*, ditandai dengan nilai Cfp menengah dan biaya unit tinggi.
- ✓ *Acceptable region*, ditandai dengan (i) nilai Cfp menengah dan biaya unit menengah atau sangat rendah, (ii) nilai Cfp sangat rendah dan biaya unit menengah atau tinggi.
- ✓ *Optimal region*, ditandai dengan nilai Cfp dan biaya unit yang rendah.

HASIL

1. Konfigurasi rantai pasok kopi ribusta di Kecamatan Ngantang

Konfigurasi rantai pasok kopi robusta di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang dimulai dari petani sebagai pemasok dan produsen yang menyediakan *green bean* untuk konsumen di sektor hulu. Petani mengolah *cherry* kopi merah menjadi biji kopi ose kering (*green bean*) melalui aktifitas pengolahan seperti pengolahan basah (*wet process*) dan pengolahan kering (*dry process*). Biji kopi ose kering yang dihasilkan petani kemudian dijual ke lembaga pemasaran berikutnya seperti tengkulak lokal, pengepul besar, *roastery*, eksportir dan konsumen. Struktur jaringan rantai pasok di Kecamatan Ngantang terbagi menjadi 4 struktur yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Struktur jaringan rantai pasok kopi

Struktur jaringan rantai pasok kopi terdiri dari 4 struktur yaitu petani menjual biji kopi ose ke kelompok tani, kemudian dari kelompok tani di jual ke *roastery*, lalu ke retail hingga sampai ke konsumen. Struktur jaringan rantai pasok kedua terdiri dari petani, kelompok tani, tengkulak lokal, pengepul besar, pasar tradisional dan konsumen. Struktur jaringan rantai pasok ketiga terdiri dari petani, kelompok tani, tengkulak lokal, pengepul besar, *roastery roastery*, retail dan konsumen. Struktur yang terakhir merupakan jalur ekspor yang terdiri dari petani, kelompok tani, tengkulak lokal, pengepul besar, eksportir, traders, industry dan konsumen luar negeri.

Identifikasi risiko emisi karbon pada rantai pasok kopi robusta

Identifikasi risiko emisi karbon pada penelitian ini dibatasi hanya untuk struktur rantai 1 yaitu mulai dari kegiatan budidaya hingga penanganan pasca panen di level petani dan pengolahan *green bean* hingga menjadi produk kopi sangrai dan kopi bubuk di level *roastery*. Petani kopi yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Dusun Sayang, Kecamatan Ngantang yang melakukan proses pengolahan *cherry* kopi merah menjadi *greenbean* dengan menggunakan metode *full wash*. Jenis kopi yang di budidayakan adalah kopi robusta. Pada pengolahan biji kopi robusta secara *full washed*, sebelum tahap pengeringan, buah kopi dikupas kulit luarnya menggunakan mesin pulper lalu di fermentasi selama 12-36 jam hingga lendir terpisah dari biji kopi. Fermentasi dilakukan dengan menumpuk biji kopi basah di dalam bak yang atasnya ditutup dengan karung goni basah. Setelah itu biji kopi dicuci untuk menghilangkan sisa-sisa lendir yang masih menempel pada biji. Pengeringan pengolahan *full washed* dilakukan kurang lebih 1-2 minggu hingga kadar air mencapai 12%. Kemudian kulit tanduk yang masih melekat pada biji kopi dapat dikupas menggunakan mesin huller.

Identifikasi risiko emisi karbon merupakan tahap pertama yang dilakukan dalam analisis risiko. Identifikasi risiko emisi karbon pada rantai pasok dilihat pada setiap aktivitas yang terjadi pada aktor yang terlibat di dalamnya (Aini dan Syamsun 2014). Hasil identifikasi risiko emisi karbon pada setiap aktor struktur rantai 1 dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Identifikasi risiko emisi karbon pada setiap aktor struktur rantai

Aktor	Aktivitas	Sumber emisi	Emisi yang dihasilkan
Petani	Pembelian	Pengadaan bibit, pupuk, dan pestisida	Emisi bahan bakar minyak
		Budidaya Pasca panen	Pemupukan
	Perambangan		Pemborosan energi dari mesin diesel
	Pengupasan (pulper)		Emisi CO2 dari mesin pulper dan limbah kulit biji kopi
	Fermentasi		Emisi karbon organik
	Pencucian biji kopi		Emisi energi listrik
	Pengeringan biji kopi		Emisi karbon organik
	Pengupasan (huller)		Emisi mesin huller dan limbah kulit biji kopi
	Pengemasan		Emisi energi listrik
	Roastery	Roasting	Distribusi
Pemanggangan			Emisi karbon
Pengemasan			Emisi energi mesin sealer
Distribusi			Emisi bahan bakar minyak

Petani melakukan pembelian seperti bibit, pupuk dan pestisida dengan menggunakan kendaraan bermotor. Jarak tempat pembelian dengan lahan budidaya sekitar 2,5 km. Penggunaan kendaraan

bermotor tersebut menjadi sumber dihasilkannya emisi CO₂. Selain itu, selama proses penanganan pasca panen cherry buah kopi merah juga menghasilkan emisi, seperti pada proses perambangan, pengupasan kulit cherry, fermentasi, pencucian, pengeringan, pengupasan kulit ari, pengemasan hingga proses distribusi ke *roastery*. Dalam satu kali panen, petani mampu menghasilkan 11 ton cherry kopi, lalu diolah menjadi kopi ose menghasilkan 5,85 ton. Sebagian kopi ose tersebut dikirimkan ke *Roastery Utami Coffee* sebanyak 292,38 kg setiap tahunnya. Biji kopi ose tersebut kemudian diolah menjadi kopi sangrai menghasilkan 158,5 kg. Dari total produksi kopi sangrai tidak semua dijual, melainkan 70% digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumen café, dan 30% ke konsumen lainnya seperti hotel, warung kopi, dll.

Roastery Utami Coffee berlokasi di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang. Jarak pengiriman biji kopi ose dari petani ke *Roastery Utami Coffee* adalah 5,4 km. Pada konfigurasi rantai pasok kopi robusta terdapat kegiatan yang menghasilkan emisi yaitu pada saat pengaadaan bibit kopi, pupuk, pestisida ke kebun, dan pengiriman *green bean* ke *roastery*. Hal tersebut menunjukkan bahwa dari konfigurasi rantai pasok kopi dapat diketahui kegiatan yang menghasilkan emisi sehingga dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui jejak karbon dari setiap kegiatan *supply chain*.

Konfigurasi value chain

Model VCOR mendukung isu dan penyatuan proses di dalam rantai nilai untuk kepentingan *planning* dan *governing*. Strategi level pada blok plan merupakan proses menyeluruh yang menyelaraskan tujuan strategis dengan taktik dan kemampuan pelaksanaan dalam rantai nilai. Tingkat strategi level *govern* merupakan proses menyeluruh yang mendukung tujuan strategis dan memungkinkan rantai nilai untuk beroperasi melalui aturan, kebijakan, dan prosedur dalam hubungan yang erat dengan tingkat strategi plan. Konfigurasi model VCOR dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Konfigurasi Model VCOR

Govern				
Plan				
Acquire	Supplier (Petani)	Fulfill	Firm (Roastery)	Fulfill
A1. Pembelian bibit, pupuk, pestisida	<i>Build</i> B1 Perambangan B2 Pengupasan B3 Fermentasi B4 Pengupasan B5 Pengemasan	F1 Distribusi	<i>Build</i> R1. Pemanggangan R.2 Pengemasan	<i>Fulfill</i> Distribusi

Tabel 7 mengkonfigurasi *supplier* dengan tahapan *acquire* yang merupakan tahapan dimana aktor supply chain memperoleh barang maupun jasa dari pihak lain. Kemudian tahap *build* merupakan tahapan *supplier* melakukan proses produksi serta akan mengirimkan produknya berupa biji kopi ose ke *roastery*. Kemudian pada tahap *fulfill* merupakan tahapan dimana *supplier* melakukan kegiatan pemenuhan permintaan dari aktor *supply chain* lainnya. Lalu pada aktor *roastery* ada tahapan *acquire*, *build* yaitu *roastery* melakukan kegiatan penyangraian biji kopi ose menjadi produk kopi sangrai dan kopi bubuk, serta *fulfill*. Kuantitas proses dalam VCOR model dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Kuantitas proses dalam VCOR Model

Govern								
Plan								
Supplier (Petani)			Firm (Roastery)					
<i>Acquire</i>	<i>Build</i>	<i>Fulfill</i>	<i>Acquire</i>	<i>Build</i>	<i>Fulfill</i>			
Pupuk (kg)	Kopi Cherry (kg)	Process	Green bean (kg)	Green bean yang dikirim (kg)	Process	Input (kg)	Output (kg)	Roast bean (kg)
550	11.000	Input (kg) 11.00 Output (kg) 5847,6	292,38	292,38	Input (kg) 292,38 Output (kg) 158,50			110,95

Nilai Emisi Karbon Kegiatan Rantai Pasok Kopi di Ngantang

Hasil dari perhitungan karbon emisi dari masing – masing tahapan pada blok dalam model VCOR yaitu tahapan *build*, *acquire*, dan *fulfill* dari *supplier* dan *roastery* digunakan untuk menentukan nilai Cf dan Ei yang dapat dilihat pada **Tabel 9**. Menurut Savino, Manzini, dan Mazza (2015), tabel penentuan Cf dan Ei dapat memberikan implementasi operatif dari konsep rantai nilai di bawah perspektif keberlanjutan. Kuantifikasi nilai keberlanjutan untuk semua blok VCOR dapat digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan masalah GSCM dalam konteks rantai nilai. Nilai Cf dan Ei pada aktivitas perawatan di lahan dapat dilihat pada **Tabel 10**, lalu nilai Cf dan Ei pada *acquire* di level petani dapat dilihat pada **Tabel 11**, nilai Cf dan Ei pada *build* di level petani dapat dilihat pada **Tabel 12**, dan nilai Cf dan Ei pada *fulfill* di level petani dapat dilihat pada **Tabel 13**.

Tabel 10. Nilai Cf dan Ei pada Aktivitas Perawatan Lahan

Pemupukan						
Jenis pupuk	Kuantitas (kg) (a)	Weight (kg/pemupukan) (b)	CO2 (kg/kg) (c) = (b)*0,2	Total CO2 (kg) (d) = (a)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = (a)*(e)
Urea	100	5	0,001	0,55	2300	1.265.000

Tabel 11. Nilai Cf dan Ei pada Aktivitas *Acquire* Petani

Acquire						
Kendaraan	Jarak Tahunan (km) (a)	Konsumsi BBM (km/liter) (b)	CO2 (kg/km) (c) = (b)*2,6	Total CO2 (kg) (d) = (a)*(c)	Harga BBM (e)	Ei (f) = ((a)/(b))*(e)
Motor 1 (Terisi)	281,25	4,32	11,23	3.159	10.000	651.042
Motor 1 (Kosong)	281,25	2,88	7,49	2.106	10.000	976.563
Motor 2 (Terisi)	281,25	4,32	11,23	3.159	10.000	651.042
Motor 2 (Kosong)	281,25	2,88	7,49	2.106	10.000	976.563
Motor 3 (Terisi)	281,25	4,32	11,23	3.159	10.000	651.042
Motor 3 (Kosong)	281,25	2,88	7,49	2.106	10.000	976.563
Motor 4 (Terisi)	281,25	4,32	11,23	3.159	10.000	651.042
Motor 4 (Kosong)	281,25	2,88	7,49	2.106	10.000	976.563
Total Keseluruhan		28,8	74,88	21.060		6.510.417

Tabel 12. Nilai Cf dan Ei pada Aktivitas *Build* Petani

Build						
Perambangan						
Tipe	Energi (kWh) (a)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kWh) (c) = (a)*0,725	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))* (e)
Process Water (5400L/tahun)						
Tenaga kelistrikan	0,28	2,14	0,20	0,44	1325	795
Pengupasan						
Tipe	Energi (kWh) (a)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kWh) (c) = (a)*0,725	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))* (e)
Mesin Pulper						
Tenaga kelistrikan	0.14914	108	0,11	11,68	1325	21341,93
Fermentasi						
Tipe	Kuantitas (kg) (a)			Total CO2 (kg)	Cost (e)	Ei (f) = (a)*(e)
Starter, emisi fermentasi BAL/ragi	30			9,24	256000	7680000
Pencucian						
Tipe	Energi (kWh) (a)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kWh) (c) = (a)*0,725	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))* (e)
Process Water (8100L/tahun)						
Tenaga kelistrikan	0,28	3,86	0,20	0,78	1325	1431
Pengupasan						
Tipe	Konsumsi solar (liter/jam)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kWh) (c) = (a)*2,2	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))* (e)
Mesin Huller						
Tenaga Diesel	1	162	2,2	356,4	6800	1101600
Pengemasan						
Tipe	Kuantitas	Berat (kg)	CO2 (kg/kg) (c) = (b)*6,96	Total CO2 (kg) (d) = (a)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = (a)*(e)
Kemasan karung						
	100	10	69.6	6960	3600	360000
Total Keseluruhan				7338,54		9165167,93

Tabel 13. Nilai Cf dan Ei pada Aktivitas *Fulfill* Petani

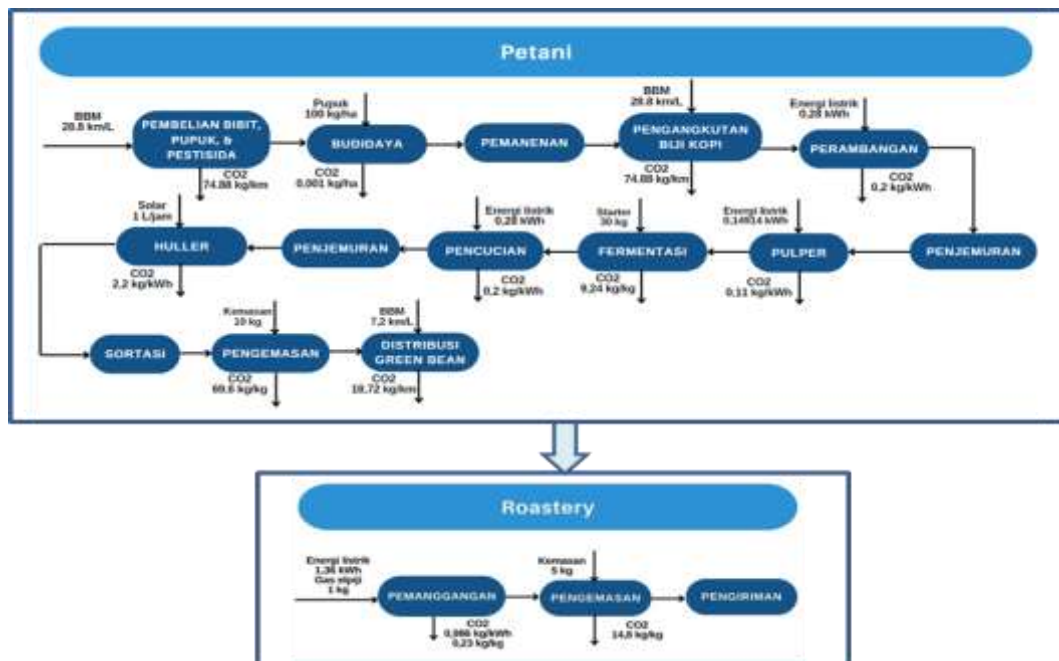
Fulfill						
Kendaraan	Jarak Tahunan (km) (a)	Konsumsi BBM (km/liter) (b)	CO2 (kg/km) (c) = (b)*2,6	Total CO2 (kg) (d) = (a)*(c)	Harga BBM (e)	Ei (f) = ((a)/(b))* (e)
Motor 1 (Kosong)	194,4	2,88	7,49	1455,67	10.000	675.000
Motor 1 (Terisi)	194,4	4,32	11,23	2183,50	10.000	450.000
Total Keseluruhan				3639,17		1.125.000

Di level *roastery* nilai Cf dan Ei diidentifikasi pada tahapan atau aktivitas *build*. Pada tahap *build* *roastery* melakukan proses pengolahan biji kopi ose menjadi kopi sangrai dan kopi bubuk. Nilai Cf dan Ei pada aktivitas *build* di level *roastery* dapat dilihat pada **Tabel 14**.

Tabel 14. Nilai Cf dan Ei pada Aktivitas *Build Roastery*

Roasting						
Type	Energi (kWh) (a)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kWh) (c) = (a)*0,725	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))*(e)
Penggunaan Listrik						
Tenaga kelistrikan	1,36	240	0,986	236,64	1325	432480
Roasting						
Type	Pemakaian (kg/kg) (a)	Jam Kerja (b)	CO2 (kg/kg) (c) = (a)*0,23	Total CO2 (kg) (d) = (b)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = ((a)*(b))*(e)
Penggunaan LPG						
LPG	1	240	0.23	55,2	4250	1020000
Pengemasan						
Type	Kuantitas	Berat (kg)	CO2 (kg/kg) (c) = (b)*6,96	Total CO2 (kg) (d) = (a)*(c)	Cost (e)	Ei (f) = (a)*(e)
Kemasan	30	5	34.8	1044	3600	108000
Total Keseluruhan				1335,84		1560480

Jejak karbon setiap kegiatan dapat dilihat dari neraca energi yang menggambarkan input dan output yang dihasilkan dalam satu kali musim panen. Analisis input-output merupakan metodologi yang sesuai untuk analisis jejak karbon karena dapat menjelaskan semua emisi yang dihasilkan dalam suatu proses. Neraca energi dari kegiatan rantai pasok kopi robusta dapat dilihat pada **Gambar 3**.



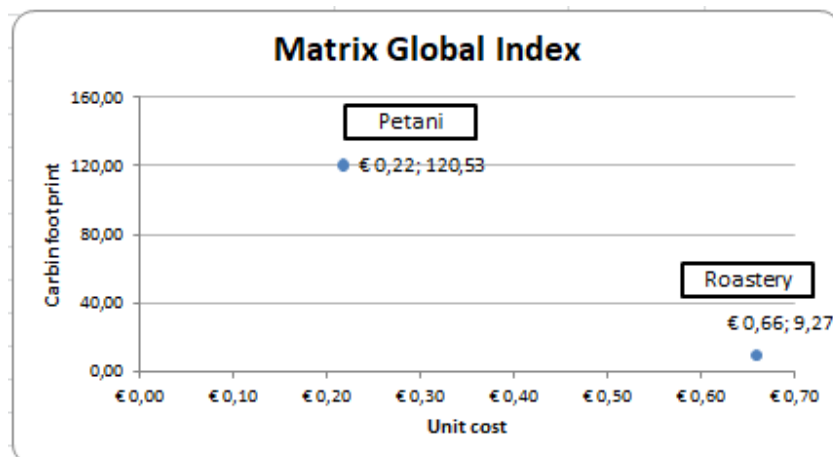
Gambar 3. Neraca energi rantai pasok kopi

Aktivitas petani membutuhkan bahan bakar minyak sebanyak 28,8 km/L untuk digunakan dalam pembelian bibit, pupuk, dan pestisida dalam 1 tahun. Penggunaan bahan bakar tersebut menghasilkan CO₂ sebesar 74,88 kg/km. Pada proses budidaya menggunakan pupuk sebesar 100 kg/ha dan menghasilkan CO₂ sebesar 0,001 kg/kg. Kemudian pada proses penanganan pasca panen, cherry kopi diangkut menggunakan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar minyak sebesar 28.8 km/L sehingga menghasilkan CO₂ sebesar 74.88 kg/km. Lalu dilanjutkan dengan perambangan menggunakan mesin dengan energi listrik sebesar 0,28 kWh menghasilkan emisi sebesar 0,2 kg/kWh. Setelah itu, pengupasan dengan mesin pulper menggunakan energi listrik sebesar 0,14914 kWh dan menghasilkan CO₂ sebesar 0.11kg/kWh. Biji kopi yang telah dikupas akan melalui proses fermentasi. Aktivitas fermentasi menggunakan starter sebanyak 30 kg pertahun dan mampu menghasilkan emisi sebesar CO₂ 9,24 kg/kg. Hasil fermentasi biji kopi akan dicuci menggunakan mesin yang sama dengan perambangan sehingga total energi dan CO₂ yang dihasilkan bernilai sama. Kemudian, kulit ari kopi dipisahkan dengan menggunakan mesin *huller* yang membutuhkan bahan bakar solar sebesar 1L/jam/proses yang menghasilkan CO₂ sebesar 2.2 kg/kWh. Biji kopi kemudian dikemas untuk didistribusikan pada *roastery*. Penggunaan kemasan sebesar 10 kg mampu menghasilkan sebesar CO₂ 69,6 kg/kg.

Aktivitas *roastery* terdiri dari proses pemanggangan biji kopi yang membutuhkan energi listrik sebanyak 1,36 kWh dan gas elpigi 1 kg untuk menghasilkan kopi sangrai. Berdasarkan kebutuhan energy tersebut menghasilkan emisi CO₂ sebanyak 0,986 kg/kWh dan 0,23 kg/kg. Lalu pada proses pengemasan 5 kg menghasilkan emisi CO₂ sebanyak 14,8 kg/kg. Pada *roastery* ini tidak memperhitungkan emisi pada proses pengiriman karena *roastery* bertindak sebagai café yang juga menjual produk minuman kopi siap saji, sehingga langsung dilanjutkan dengan proses pengolahan kopi sangrai menjadi kopi bubuk.

Karbon emisi dan dampak ekonomi

Analisis dampak ekonomi dilakukan untuk mengetahui posisi dari emisi dan biaya unitnya berada pada tingkat yang dapat diterima, optimal, atau tidak dapat diterima. Matriks global index dapat dilihat pada **Gambar 4**. Matriks dampak ekonomi menjelaskan posisi petani dan *roastery* berdasarkan nilai emisi dan biaya unit. Posisi dari Petani dan *roastery* terdapat pada daerah yang tidak dapat diterima (*intolerable region*). Berdasarkan hasil perhitungan dari nilai emisi dan biaya unit. Nilai emisi dihitung berdasarkan rumus (Cf). Hasil nilai emisi (*Carbon footprint*) yang didapatkan yaitu 120,53 kg CO₂/kg dan biaya unit dari Petani dihitung dengan menghitung nilai *El'* dimana nilai biaya tindakan lingkungan yang digunakan sebesar Rp.3.578 atau €0,22. Sedangkan nilai emisi di level *roastery* adalah 9,27 kg CO₂/kg dan biaya unit di level *roastery* adalah Rp. 10.829 atau setara dengan €0,66.



Gambar 4. Matriks Global Index

PEMBAHASAN

Konfigurasi rantai pasok kopi robusta di Kecamatan Ngantang

Konfigurasi rantai pasok kopi robusta merupakan proses bisnis yang mengatur jaringan dan proses rantai pasok yang terhubung dari satu dengan lainnya untuk memberikan produk atau layanan kepada konsumen akhir. Keefektifan konfigurasi rantai pasok dapat meningkatkan daya saing perusahaan, meminimalkan biaya sehingga mampu memberikan pelayanan terbaik terhadap konsumen (Yao dan Askin 2019). Struktur jaringan rantai pasok pada **Gambar 2** adalah sebagai berikut:

1. Struktur rantai 1: petani → kelompok tani → roastery → retail → konsumen
Struktur rantai 1 terdiri dari petani sebagai pemasok biji kopi ose, lalu *roastery* sebagai industri pengolah biji kopi ose menjadi kopi sangrai dan kopi bubuk, lalu retail sebagai penjual kopi sangrai dan kopi bubuk kepada konsumen akhir seperti hotel, café, dan rumah tangga. Pada struktur rantai pasok 1 berfungsi sebagai jalur untuk industri olahan kopi seperti *roastery*. Mutu biji kopi ose yang dijual pada struktur rantai 1 ini termasuk ke dalam grade IV dan grade V yang telah melalui serangkaian kegiatan standardisasi mutu biji kopi ose.
2. Struktur rantai 2: petani → kelompok tani → tengkulak lokal → pengepul besar → pasar tradisional → konsumen
Struktur rantai ke 2 terdiri dari petani sebagai pemasok biji kopi ose, tengkulak lokal sebagai aggregator dan pasar tradisional sebagai retail. Petani memilih menjual ke tengkulak lokal daripada langsung ke pasar tradisional karena kemudahan dalam pengangkutan. Konsumen akhir dalam struktur ini adalah konsumen rumah tangga dan warung kopi menengah ke bawah. Biji kopi ose yang dijual di pasar tradisional ini adalah biji kopi yang tidak memenuhi persyaratan mutu SNI. Biji kopi yang tidak sempurna atau terserang hama sehingga mendapatkan harga yang murah.
3. Struktur rantai 3: petani → kelompok tani → tengkulak lokal → pengepul besar → roastery → retail → konsumen
Struktur rantai ke 3 terdiri dari petani yang mengumpulkan biji kopi ose ke kelompok tani, lalu ke tengkulak lokal dan pengepul besar sebagai perantara/aggregator ke IKM atau roastery pengolah. IKM/roastery sebagai industri pengolahan biji kopi ose menjadi kopi sangrai, lalu retail sebagai penjual kopi sangrai kepada konsumen akhir.
4. Struktur rantai 4: petani → kelompok tani → tengkulak lokal → pengepul besar → eksportir → traders → industry → konsumen luar negeri
Struktur rantai ke 4 terdiri dari petani sebagai pemasok, tengkulak lokal dan pengepul besar sebagai agregator, serta perusahaan eksportir. Struktur rantai pasok ke 4 ini merupakan jalur distribusi untuk ekspor. Kelompok tani yang digunakan sebagai responden penelitian ini melakukan kerjasama dengan perusahaan eksportir seperti PT. Asal Jaya yang berlokasi di Kecamatan Dampit Kabupaten Malang. Kualitas mutu biji kopi yang dijual harus memenuhi SNI nomor 01-2907 tahun 2008. PT. Asal Jaya hanya menerima biji kopi ose tingkat mutu 4. Produk kopi yang diekspor akan diterima oleh traders di negara tujuan. Kemudian dari traders akan didistribusikan ke perusahaan pengolah kopi hingga akhirnya sampai ke tangan konsumen akhir.

Beragam struktur jaringan rantai pasok dapat memicu perbedaan harga jual oleh petani dan harga beli oleh pelaku rantai pasok setelahnya. Tidak adanya ketentuan atau terstandarnya rantai pasok kopi mengakibatkan ketidakstabilan harga yang dirasakan oleh petani. Saat ini, produk yang dihasilkan oleh petani hanya sampai pada biji kopi ose, padahal apabila ingin meningkatkan nilai tambah, petani dapat melakukan pengolahan biji kopi ose seperti penyangraian untuk menghasilkan produk kopi sangrai maupun kopi bubuk. Pengembangan struktur jaringan rantai pasok dapat dilakukan melalui perencanaan struktur jaringan rantai pasok yang berbeda sehingga mampu memudahkan produsen menjual produknya dengan harga yang sesuai. Menurut Siagian, Tarigan, dan Jie (2021), struktur jaringan rantai pasok antar perusahaan dapat berbeda tergantung pada jenis industri, ukuran bisnis, dan siklus hidup produk. Struktur rantai pasok produk pertanian memiliki

karakteristik yang unik sehingga tidak selalu mengikuti aturan rantai. Hal tersebut disebabkan karena sifat bahan dari produk pertanian yang *bulky* dan *perishable*, sehingga petani dapat menjual secara langsung kepada konsumen tanpa melalui lembaga pemasaran (Saptana dan Yofa 2016).

Risiko rantai pasok sebagai penghasil emisi

Rantai pasok merupakan aktivitas terpenting dalam ekonomi karena menghubungkan antara produsen dengan konsumen akhir. Rantai pasok terdiri dari serangkaian proses yang kompleks seperti produksi, pengangkutan, penyimpanan, dan distribusi barang dan layanan dari satu titik ke titik lainnya (Santoso et al. 2023). Namun, meski mempunyai peran yang sangat penting, rantai pasok juga memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan dan perubahan iklim, terutama dalam konteks penghasil emisi karbon. Aktivitas rantai pasok sangat bersinggungan dengan aspek transportasi dan logistik yang seringkali melibatkan perjalanan panjang. Proses produksi yang melibatkan penggunaan sumber daya alam dan energi juga dapat menjadi sumber emisi gas rumah kaca. Potensi timbulnya emisi dalam rantai pasok kopi dimiliki oleh setiap aktor mulai dari hulu sampai hilir. Penentuan risiko dapat dilakukan dengan melihat siklus hidup kopi.

Siklus hidup atau *life cycle* kopi merupakan alur hidup kopi mulai dari proses budidaya tanaman kopi sampai menjadi minuman kopi yang siap untuk dikonsumsi. *Life cycle* ini membantu untuk mengetahui seluruh tahapan yang terjadi dalam setiap aktor (Gibaldi-Díaz et al. 2018). *Life cycle* juga berperan sebagai pembatas dalam rantai pasok kopi sehingga membantu menentukan variabel apa saja yang terlibat langsung dalam setiap tahapan. Hal tersebut akan memudahkan untuk mengetahui dan menganalisis risiko-risiko yang dapat ditimbulkan dalam rantai pasok kopi.

Petani sebagai aktor hulu pada rantai pasok kopi mempunyai peran penting dalam menghasilkan biji kopi atau *green bean* yang berkualitas. Aktivitas yang dilakukan oleh petani dapat dilihat pada **Tabel 6**. Setiap aktivitas tersebut mempunyai potensi untuk menghasilkan risiko yang berdampak pada lingkungan. Pada aktivitas pembelian, pengadaan bibit merupakan proses pertama dalam kegiatan budidaya tanaman kopi. Kegiatan pembibitan memiliki potensi menghasilkan emisi, misalnya emisi karbon yang berasal dari kendaraan yang digunakan untuk mobilisasi saat pembelian bibit dan pembelian media tanam untuk budidaya tanaman kopi. Gas buang sisa pembakaran dari kendaraan tersebut memberikan risiko peningkatan CO₂ di udara. Risiko kedua, yaitu pada proses pemupukan tanaman kopi. Pada saat pembibitan, tanaman kopi akan diberikan pupuk untuk membantu percepatan pertumbuhan tanaman kopi. Pupuk sebagai bahan yang mengandung unsur hara biasanya dihasilkan secara organik atau anorganik. Kedua jenis pupuk tersebut apabila terurai dalam tanah akan melepaskan gas nitrogen oksida.

Pada tahap pasca panen terdapat aktivitas pengolahan *cherry* kopi menjadi biji kopi ose atau *green bean*. Petani di Kecamatan Ngantang yang melakukan proses pengolahan *cherry* kopi merah menjadi *greenbean* dengan menggunakan metode *full wash*. Pada aktivitas pengupasan, biji kopi akan dikupas menggunakan mesin *huller* dan *pulper* untuk mendapatkan biji kopi bagian dalam. Mesin tersebut sampai saat ini umumnya menggunakan bahan bakar bensin sehingga hasil pembakaran mesin akan menimbulkan emisi karbon bagi lingkungan. Peningkatan emisi karbon akibat penggunaan mesin menjadi risiko dari rantai pasok kopi pada petani. Selain itu, asap dari pembakaran limbah-limbah hasil panen seperti biji kopi tidak lolos sortir, ranting dahan kopi yang terbawa saat panen, dan kulit kopi memberikan dampak pada lingkungan berupa peningkatan polutan di udara. Aktivitas terakhir dari aktor petani adalah pengiriman *green bean* kepada pihak selanjutnya, yakni *roastery*. Risiko yang terjadi pada tahap tersebut ialah peningkatan emisi dari penggunaan kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor yang digunakan oleh para petani umumnya motor yang berbahan bakar bensin. Pembakaran mesin tersebut menghasilkan emisi karbon yang berdampak pada lingkungan.

Roastery atau industri kopi menjadi aktor terakhir dalam rantai pasok kopi. *Roastery* berperan sebagai pengolah *green bean* untuk menghasilkan *roast bean*. Proses pengolahan tersebut diawali dengan pemesanan *green bean* pada petani langsung. *Green bean* yang dikirim selanjutnya akan diproses dengan mesin *roaster* untuk mendapatkan *roast bean*. Tingkat kematangan *roast bean*

memiliki tingkatannya yang disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan. Perbedaan tersebut terletak pada lama waktu dan suhu dari pemanggangan yang dilakukan. Aktivitas tersebut menimbulkan risiko dalam rantai pasok kopi. Asap yang ditimbulkan dari proses roasting biji kopi mengandung karbon yang dapat berdampak pada kerusakan lingkungan.

Tingkat dampak ekonomi dan lingkungan global

Posisi tingkat emisi dan biaya unit, dapat dilihat berdasarkan matriks yang disusun oleh Savino, Manzini, dan Mazza (2015). Daerah *intorelable region* menunjukkan bahwa nilai *carbon footprint* dan biaya unitnya tinggi. Daerah *tolerable region* menunjukkan bahwa nilai *carbon footprint* menengah namun biaya unit tinggi. Daerah *acceptable region* menunjukkan bahwa nilai *carbon footprint* menengah dan biaya unit menengah atau sangat rendah ataupun sebaliknya. Daerah *optimal region* menunjukkan bahwa nilai *carbon footprint* dan biaya unitnya rendah. Hasil yang didapatkan dari perhitungan biaya unit di level petani yaitu €0,22 sehingga ketika nilai dari nilai emisi dan biaya unit digabungkan pada matriks, terletak pada posisi *intolerable region* (daerah tidak dapat diterima). Maka dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tingkat dampak ekonomi yang dihasilkan di level petani tidak dapat diterima karena menghasilkan emisi karbon yang tinggi yaitu 120,53 kg CO₂/kg dan nilai biaya unit yang rendah. Perhitungan emisi dari tabel nilai Cf dan Ei dapat diketahui bahwa yang paling berdampak terhadap lingkungan yaitu pada tahap *acquire* pada proses pengadaan bibit dan pupuk. Hal tersebut disebabkan banyak bahan bakar yang digunakan untuk proses pembelian maupun mobilisasi di lahan, sehingga menghasilkan total CO₂ yang tinggi dibandingkan dengan tahapan *build* dan *fulfill*. Nilai total CO₂ pada tahap *acquire* adalah 74,88 kg/km yang berarti pada prosesnya menghasilkan karbon yang tinggi. Hal yang sama juga terjadi pada *roastery*, nilai emisi total di level *roastery* adalah 9,27 kg CO₂/kg dan biaya unit di level *roastery* adalah Rp. 10.829 atau setara dengan €0,66. Dengan nilai emisi dan biaya unit tersebut level *roastery* juga terletak pada posisi *intolerable region*.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa hasil nilai emisi (*Carbon footprint*) yang didapatkan di level petani yaitu 120,53 kg CO₂/kg dan biaya unit yang digunakan untuk tindakan lingkungan sebesar Rp.3.578 atau €0,22. Sedangkan nilai emisi di level *roastery* adalah 9,27 kg CO₂/kg dan biaya unit di level *roastery* adalah Rp. 10.829 atau setara dengan €0,66. Berdasarkan hasil nilai emisi dan biaya unit tersebut menjadikan petani dan *roastery* masih terletak pada posisi *intolerable region* atau daerah yang tidak dapat diterima. Hal tersebut berarti bahwa nilai *carbon footprint* dan biaya unitnya tinggi.

SARAN

Penelitian ini merekomendasikan kepada peneliti untuk melakukan analisis rantai nilai secara terintegrasi mulai dari hulu hingga hilir. Hal tersebut agar dapat memberikan kontribusi bagi agroindustri untuk menganalisis tahapan aktivitas yang menghasilkan emisi karbon. Dengan demikian dapat digunakan oleh pemangku kebijakan untuk melakukan evaluasi kinerja produksi agar menghasilkan suatu rantai proses yang tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan maupun ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Harumi, and Muhammad Syamsun. 2014. "Risiko Rantai Pasok Kakao Di Indonesia Dengan Metode Analytic Network Process Dan Failure Mode Effect Analysis Terintegrasi." *Jurnal Manajemen* 11(3).
- Giraldi-Díaz, Mario, Lorena De Medina-Salas, Eduardo Castillo-González, and Rosario León-Lira. 2018. "Environmental Impact Associated with the Supply Chain and Production of Grinding and Roasting Coffee through Life Cycle Analysis." *Sustainability* 10(12): 4598.

- Heriyanto, Heriyanto, and Andrian Noviardy. 2019. "Kinerja Green Supply Chain Management Dilihat Dari Aspek Reverse Logistic dan Green Procurement pada UKM Kuliner di Kota Palembang." *MBIA* 18(1): 65–75.
- Ilyas, R. Mohammed, Ravi Shankar, and D.K. Banwet. 2007. "A Study of the Relative Efficiency of Value Chain Relationships in the Indian Steel Industry Using DEA." *International Journal of Value Chain Management* 1(3): 239.
- Mustaniroh, A., Zidni Alviaan., and Panji Deoranto. 2019. "Evaluasi Kinerja pada Green Supply Chain Management Susu Pasteurisasi di Koperasi Agro Niaga Jabung." *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri* 8(1): 57–66.
- Rabelo, Luis, Hamidreza Eskandari, Tarek Shaalan, and Magdy Helal. 2007. "Value Chain Analysis Using Hybrid Simulation and AHP." *International Journal of Production Economics* 105(2): 536–47.
- Santoso, Imam et al. 2023. "An Integrated Method for Sustainable Performance Assessment: A Case Study on Indonesian Coffee Agro-Food Industry." *Process Integration and Optimization for Sustainability*. <https://link.springer.com/10.1007/s41660-023-00361-8> (December 7, 2023).
- Saptana, Nfn, and Rangga Ditya Yofa. 2016. "Penerapan Konsep Manajemen Rantai Pasok Pada Produk Unggas." *Forum penelitian Agro Ekonomi* 34(2): 143.
- Saranga, Haritha, and Roger Moser. 2010. "Performance Evaluation of Purchasing and Supply Management Using Value Chain DEA Approach." *European Journal of Operational Research* 207(1): 197–205.
- Savino, Matteo M., Riccardo Manzini, and Antonio Mazza. 2015. "Environmental and Economic Assessment of Fresh Fruit Supply Chain through Value Chain Analysis. A Case Study in Chestnuts Industry." *Production Planning & Control* 26(1): 1–18.
- Siagian, Hotlan, Zeplin Jiwa Husada Tarigan, and Ferry Jie. 2021. "Supply Chain Integration Enables Resilience, Flexibility, and Innovation to Improve Business Performance in COVID-19 Era." *Sustainability* 13(9): 4669.
- Verma, Abhiruchi Singh. "Sustainable Supply Chain Management Practices: Selective Case Studies from Indian Hospitality Industry."
- Widyarto, Agus. 2012. "Peran Supply Chain Management Dalam Sistem Produksi Dan Operasi Perusahaan." *BENEFIT Jurnal Manajemen dan Bisnis* 16.
- Yao, Xufeng(Rax), and Ronald Askin. 2019. "Review of Supply Chain Configuration and Design Decision-Making for New Product." *International Journal of Production Research* 57(7): 2226–46.