



Analisis rantai nilai dalam aspek lingkungan dan ekonomi menggunakan VCOR pada petani kopi di Malang

Imam Santoso*, Miftahus Sa'adah, Izzum Wafi'uddin, Naila Maulidina Lu'ayya, Dodyk Pranowo, Retno Astuti

Teknologi Industri Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Article history

Diterima:

10 Desember 2023

Diperbaiki:

7 Februari 2024

Disetujui:

29 April 2024

Keyword

Coffee;

Emission;

Farmer;

Sustainable;

Value Chain

ABSTRACT

The coffee agroindustry in Indonesia, particularly in Malang Raya, has undergone expansion through the increased development of coffee processing industries, including waste and emissions. Various factors, including farming practices, land use, waste management, and the utilization of by-products influence the emission levels in the supply chain. A value chain analysis in supply chain management is essential to support sustainable coffee agroindustry. The complexity of the coffee value chain involves multiple stakeholders, including input providers, producers, traders, cooperatives, and exporters, emphasizing the intricate nature of the coffee chain and the need for coordinated efforts to ensure quality and sustainability. This research aims to identify emission sources in the supply chain and determine the economic impact of coffee production at the farmer level. The value chain operations reference is the method used for measuring the value chain. The calculation results indicate that the carbon emission footprint in the supply chain activities at the farmer level amounts to 22,734 kg CO₂ with a unit cost of 0.75 €/kg. These values suggest that activities in the coffee value chain at the farmer level are still not environmentally friendly (intolerable region). Suggested approaches for enhancing the value chain for coffee farmers in Karangploso encompass the installation of a smart GPS system in vehicles for route optimization and fuel efficiency, and using organic fertilizers instead of chemical fertilizers to prevent water pollution, along with the adoption of an organic farming system to enhance the economic value of the harvest. The findings of this study are expected to be a reference for research on the value chain in coffee supply chain activities, and contribute to the enrichment of information related to the VCOR model.



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

* Penulis korespondensi

Email : imamsantoso@ub.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v19i1.23430

PENDAHULUAN

Agroindustri Kopi di Indonesia khususnya di Malang Raya mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dengan meningkatnya industri pengolahan kopi. Peningkatan ini berdampak baik bagi perekonomian petani hingga UKM pengolahan kopi (Effendi *et al.* 2021). Namun, kegiatan produksi kopi menghasilkan limbah dan produk sampingan (emisi) yang tidak sedikit. Pada tingkat petani dan pengepul kopi yang mengolah buah kopi menjadi biji kopi dapat menghasilkan produk samping kulit kopi berkisar 45% atau dalam setiap ton buah basah ceri kopi akan dihasilkan 200 kg kulit kopi kering (Juwita *et al.* 2017). Tingkat emisi dalam rantai pasokan dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk praktik pertanian, penggunaan lahan, pengelolaan limbah, dan pemanfaatan produk sampingan (Irwhantoko and Basuki 2016; Kurniawati 2021).

Keberlanjutan kini menjadi isu utama yang diangkat dalam berbagai aspek kehidupan, tak terkecuali pada kegiatan industri (Rejeb *et al.* 2021). Kepedulian akan faktor lingkungan dan kesejahteraan pelaku industri menjadi topik yang banyak dibahas dan diteliti (Filippi and Chapdaniel 2021). Pada kegiatan industri, rantai pasok menjadi salah satu faktor yang berpengaruh dalam keberlanjutan kegiatan industri. Keberlanjutan dalam rantai pasok sangat penting untuk memastikan kelangsungan jangka panjang industri dan pihak-pihak yang terlibat dalam rantai pasok (Dania *et al.* 2018).

Analisis rantai nilai dalam suatu kegiatan agroindustri sangat diperlukan untuk menentukan nilai energi, kuantitas bahan baku, memahami operasi, organisasi, distribusi produk, penghitungan nilai tambah, dan limbah dalam tiap aktivitas rantai pasok (Hidayati and Hasibuan 2019; Sari *et al.* 2021). Rantai nilai menjadi konsep penting dalam manajemen rantai pasok karena rantai nilai mencakup berbagai entitas bisnis, transaksi, dan perusahaan yang terintegrasi dalam jaringan pemasaran (Thi Nguyen and Jolly 2018). Konsep rantai nilai didefinisikan sebagai serangkaian aktivitas yang perlu dilakukan untuk suatu produk pada fase yang berbeda, mulai dari bahan mentah hingga konsumen akhir dan hingga pengolahan limbah. Analisis rantai nilai harus diukur untuk menentukan transfer nilai dari setiap tahapan proses. Dengan demikian, biaya dan tingkat emisi karbon dari setiap proses dapat diperkirakan. Penerapan rantai nilai berbasis keberlanjutan

dengan pendekatan aspek lingkungan di seluruh tahapan proses dapat meminimalkan limbah dan emisi karbon (Busquet *et al.* 2021).

Rantai nilai kopi melibatkan berbagai aktor, termasuk penyedia input, produsen, pedagang, koperasi, dan eksportir, menekankan kompleksitas rantai kopi dan kebutuhan untuk upaya terkoordinasi untuk memastikan kualitas dan keberlanjutan (Kassaye *et al.* 2018). Studi tentang manajemen rantai pasokan kopi yang berkelanjutan di Vietnam mengungkapkan tantangan yang dihadapi para pemangku kepentingan dalam mendapatkan nilai tambah dalam rantai produksi kopi (Nguyen and Sarker 2018). Rantai nilai industri kopi adalah sistem yang kompleks yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan dan proses, dan keberlanjutan adalah masalah kritis. Dimensi keberlanjutan industri kopi telah dipelajari di berbagai wilayah, seperti Provinsi Jawa Timur, Bondowoso, dan Bandung (Hadi *et al.* 2022; Sultan *et al.* 2021; Wibowo *et al.* 2021). Studi-studi ini menekankan pentingnya evaluasi keberlanjutan rantai pasokan dan kelayakan keuangan pada pengembangan agroindustri kopi.

Value Chain Operations Reference (VCOR) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menganalisis rantai nilai. Savino *et al.* (2013), menggunakan model VCOR untuk penilaian lingkungan dan ekonomi dalam rantai pasokan buah segar, dan Dania *et al.* (2021) menerapkan model VCOR dalam analisis keripik nangka dalam konteks manajemen rantai pasokan hijau. Hal tersebut menunjukkan keserbagunaan dan relevansi model VCOR dalam menangani berbagai aspek manajemen rantai pasokan dan keberlanjutan. Metode VCOR menggunakan pendekatan yang lebih luas dan integratif dibandingkan SCOR, khususnya dalam menentukan keunggulan produk, keunggulan operasi, dan keunggulan pelanggan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber emisi dalam rantai pasok dan menentukan tingkat dampak ekonomi dari produksi kopi pada tingkat petani kopi. Hasil temuan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan penelitian mengenai rantai nilai dalam kegiatan rantai pasok kopi, dan memberikan tambahan informasi terkait model VCOR.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Kelompok tani kopi Robusta yang berlokasi di Karangploso, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli hingga September 2023. Penelitian ini hanya berfokus pada faktor lingkungan dan ekonomi. Oleh karena itu, penelitian ini tidak mencakup faktor sosial apa pun yang terkait dengan hal tersebut. Identifikasi rantai nilai dilakukan hanya pada kegiatan rantai pasok ditingkat petani yang mulai dari tahap pengiriman bahan pendukung seperti pupuk dan pestisida, pengolahan lahan, hingga proses pasca panen.

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer berupa data *input* dan *output* yang diambil dari data produksi tahunan biji kopi serta data permintaan konsumen. Selain itu, diperlukan data penggunaan air, penggunaan energi listrik, *starter*, dan penggunaan kendaraan bermotor. Data primer diperoleh melalui wawancara langsung dengan kelompok tani dan observasi lapangan. Data sekunder diambil dari studi pustaka berupa informasi landasan teori yang mendukung penelitian.

Analisis Data Menggunakan Model VCOR

Rantai nilai pada agroindustri kopi melibatkan berbagai aktor, termasuk penyedia input, produsen, pedagang, koperasi, dan eksportir (Kassaye et al. 2018).

Tabel 1 Indikator lingkungan model VCOR

Modul	Indikator Lingkungan
<i>Acquire</i>	Emisi CO ₂ dari kegiatan transportasi
<i>Build</i>	Limbah (padat atau cair)
	Konsumsi air
	Konsumsi energi listrik
	Konsumsi BBM
	Penggunaan pupuk kimia
	Jumlah kemasan
<i>Fulfill</i>	Emisi CO ₂ dari kegiatan transportasi

Analisis pada variabel transportasi pembelian bahan tambahan (*supplier*), pengolahan lahan, pasca panen kopi, dan transportasi produk ke distributor, digunakan dalam model VCOR penelitian ini. Variabel tersebut menggunakan indikator modul *acquire*, *build*, dan *fulfill* dimana kegiatan yang

diperhitungkan adalah penerimaan produk dari pemasok, memproses produk, dan mengirimkannya ke pelanggan Adapun indikator lingkungan yang digunakan pada model VCOR dapat dilihat pada Tabel 1.

Evaluasi Nilai Emisi Karbon Terhadap Aktivitas Pemasok dan Perusahaan

Evaluasi nilai emisi karbon meliputi aktivitas produksi dan transportasi. Emisi karbon dan biaya satuan kemudian dianalisis dari setiap pemasok dan aktivitas perusahaan. Emisi karbon dihitung dengan menggunakan Persamaan (1).

$$C_f = \sum_i A_{p_i} G_{p_i} + \sum_j B_{t_j} G_{t_j} + \sum_k C_{d_k} G_{d_k} \quad (1)$$

Keterangan:

A_{p_i} = kuantitas produksi produk per tahun (kg)

G_{p_i} = emisi karbon dari produksi produk (kg CO₂/kg)

B_{t_j} = pemakaian bahan bakar untuk kendaraan pengangkutan per tahun (liter)

G_{t_j} = emisi karbon dari kendaraan pengangkutan (kg CO₂/liter)

C_{d_k} = volume limbah per tahun (kg)

G_{d_k} = emisi karbon dari limbah (kg CO₂/kg)

Penentuan Dampak Ekonomi dari Tindakan Perbaikan Lingkungan

Dampak ekonomi dari permasalahan lingkungan pada rantai pasok dilihat melalui fungsi dampak ekonomi (E_i) menggunakan Persamaan (2) (Zhao et al. 2012).

$$E'_i = E_i + C_m - (C_f \times C_t) \quad (2)$$

Keterangan:

E'_i = dampak ekonomi dalam rantai pasok berkelanjutan (Rp)

E_i = dampak ekonomi dalam rantai pasok konvensional (Rp)

C_m = biaya tindakan lingkungan (Rp)

C_f = emisi karbon (kg CO₂)

C_t = pajak karbon (Rp)

Suatu negara menetapkan pajak karbon, namun Indonesia belum menerapkannya sehingga nilai pajak karbon yang digunakan dalam perhitungan adalah 0 (nol).

Menentukan Jejak Karbon Rantai Logistik

Jejak karbon (C_{fp}) diperoleh dari Persamaan (3) yang membagi nilai C_f untuk total produksi

tahunan. Rumus C_{fp} diadopsi dari penelitian Savino *et al.* (2013) dan dinyatakan dalam Persamaan (3).

$$C_{fp} = \frac{C_f}{P_i} \quad (3)$$

Keterangan:

C_{fp} = Jejak karbon (kg CO₂/kg)

C_f = Emisi Karbon (kg CO₂)

P_i = Jumlah produksi per tahun (kg)

Penentuan Tingkat Dampak Ekonomi dan Lingkungan Global dengan Pendekatan Matriks

Matriks Dampak Global dapat dilihat pada Gambar 1, dengan lima area Dampak Global (GI). Posisi rantai pasok ditentukan oleh nilai jejak karbon (C_{fp}) dan nilai biaya satuan (E_i) sebagai berikut (Savino *et al.* 2013):

1. Area intoleransi ditandai dengan nilai C_{fp} dan E_i yang tinggi,
2. Area yang ditoleransi ditandai dengan nilai C_{fp} sedang dan E_i tinggi,
3. Area yang dapat diterima ditandai dengan nilai C_{fp} sedang atau E_i sedang atau sangat rendah dan nilai C_{fp} sangat rendah dan nilai E_i sedang atau tinggi,
4. Area optimal ditandai dengan nilai C_{fp} yang sangat rendah dan nilai E_i yang rendah.

Jejak karbon dihitung dengan menggunakan Persamaan (3), sedangkan biaya satuan dihitung dengan menggunakan Persamaan (4) (Dania *et al.* 2021).

$$E_i = E'_i/P_i \quad (4)$$

Keterangan:

E_i = biaya satuan (€/kg)

E'_i = dampak ekonomi rantai pasokan berkelanjutan (€)

P_i = jumlah produksi per tahun (kg)

Satuan ukuran ekonomi yang digunakan adalah €/kg, hasil konversi dari Rupiah (Rp) ke Euro (€) disesuaikan dengan matriks yang menggunakan Euro (€) sebagai satuan standarnya.

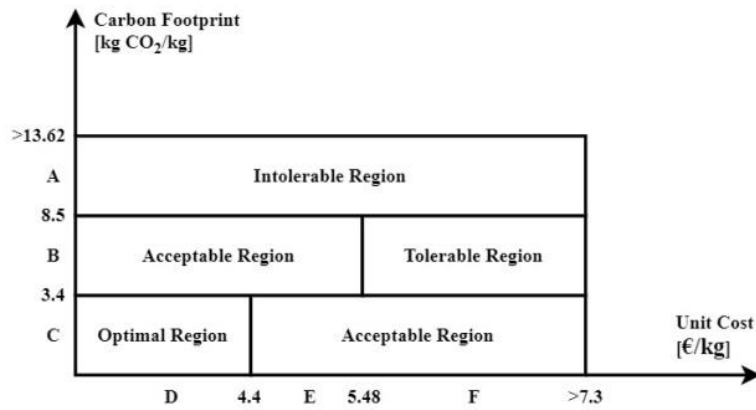
HASIL DAN PEMBAHASAN

Agroindustri kopi memiliki peran yang signifikan terhadap perekonomian di Malang

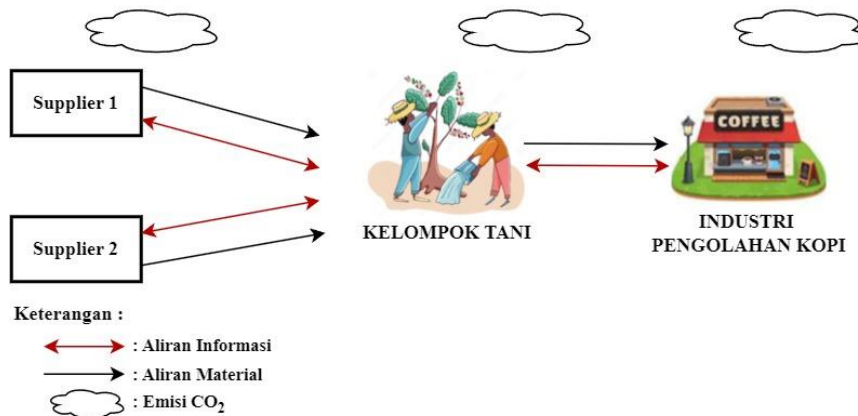
Raya, Jawa Timur (Utami and Bayu 2022). Topografi dataran tinggi di Malang mendukung perkembangan agroindustri kopi dari hulu ke hilir (Widayani and Usodri 2020), khususnya di beberapa daerah seperti Dampit, Pujon, Singosari, Karangploso, dan sekitarnya. Rantai pasok kopi di Malang Raya melibatkan berbagai pelaku, mulai dari petani, pengepul, *roastery*, unit pengolahan kopi, hingga konsumen. Aktivitas rantai pasok kopi tentunya berdampak pada timbulnya dampak emisi, baik dari kegiatan transportasi maupun proses produksi. Penelitian ini memfokuskan permasalahan pada rantai pasok ditingkat petani yang berlokasi di salah satu daerah penghasil kopi yaitu Karangploso.

Kecamatan Karangploso merupakan salah satu daerah penghasil kopi di Kabupaten Malang. Kondisi geografisnya yang terletak di dataran tinggi, menjadikan Karangploso sebagai tempat ideal untuk budidaya kopi. Wilayah ini memiliki lahan seluas 2.000 hektar yang dimiliki oleh Perhutani, terletak di lereng Gunung Arjuno dengan ketinggian antara 500-1.500 meter di atas permukaan laut (mdpl). Penggunaan lahan tersebut mencakup budidaya kopi, dengan jenis kopi yang ditanam mencakup robusta dan arabika. Total populasi tanaman kopi mencapai sekitar 22.000.000 pohon yang tersebar di lahan seluas 750 hektar. Produksi kopi per tahun dari lahan ini mencapai 2 ton per hektar setiap musim panen. Desa-desa dengan jumlah petani kopi terbanyak di Kecamatan Karangploso terletak di Desa Bocek, Donowarih, Ngenep, dan Tawangargo (Marhaenyanto *et al.* 2019).

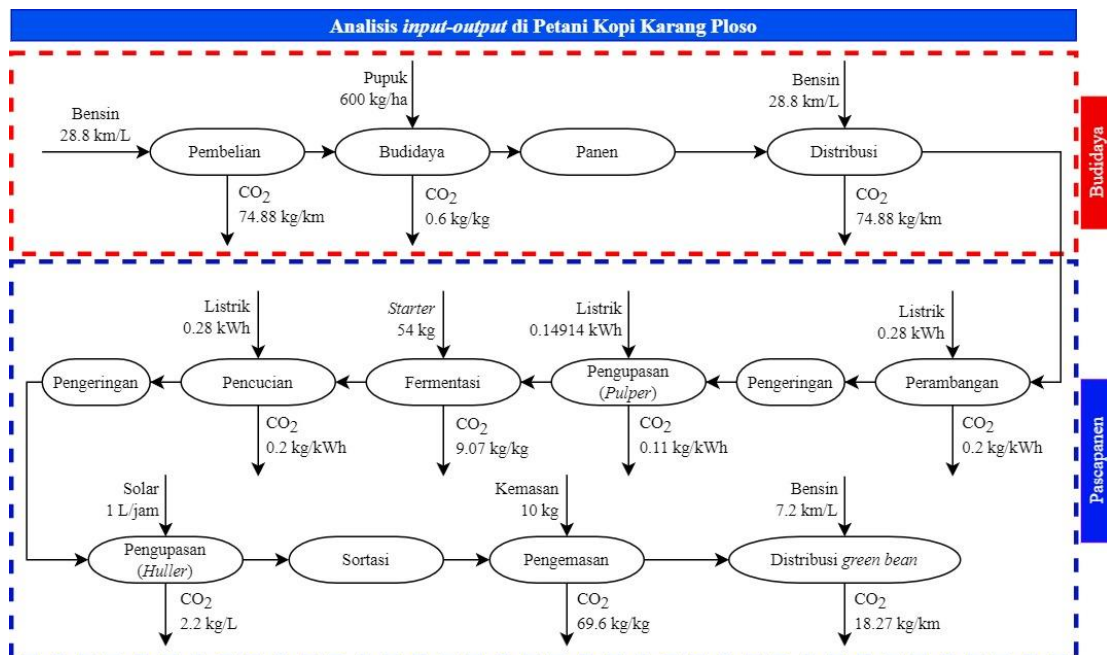
Pada tingkat petani di Karangploso, struktur jaringan rantai pasok dapat dilihat melalui Gambar 2. Struktur jaringan rantai pasok tersebut terdiri dari *supplier*, kelompok tani, dan industri pengolahan kopi. *Supplier* mencakup pemasok pupuk, pestisida, dan bahan pengemas. Pada tingkat kelompok tani, terdapat aktivitas pengolahan buah kopi menjadi *green bean* melalui proses seperti pengolahan basah (*wet process*) dan kering (*dry process*). *Green bean* kemudian dijual kepada industri pengolahan kopi, seperti *roastery* atau *café*.



Gambar 1 Matriks Dampak Global (Global Impact Matrix)



Gambar 2 Rantai Pasok Kopi di Karangploso



Gambar 3 Analisis *Input-Output* pada Petani Karangploso

Gambar 3 memperlihatkan *input* dan *output* kegiatan dalam rantai pasok pada berbagai aktor yang berkontribusi pada emisi selama satu musim panen. Analisis *input-output* digunakan untuk melacak aliran bahan selama proses produksi, yang berpotensi menghasilkan emisi karbon. Menurut Fath (2018), analisis *input-output* dianggap sebagai metode yang tepat untuk menganalisis jejak karbon karena dapat secara konsisten menjelaskan semua emisi yang dihasilkan pada berbagai tingkat. Aktivitas yang melibatkan kendaraan berbahan bakar bensin menghasilkan emisi CO₂ sebanyak 2,6 kg/km, aktivitas yang menggunakan energi listrik menghasilkan emisi CO₂ sebesar 0,725 kg/kWh, dan penggunaan bahan bakar solar menciptakan emisi CO₂ sebesar 2,2 kg/km (Zacky et al. 2012). Proses pengemasan yang menggunakan karung berpotensi menghasilkan emisi CO₂ sekitar 6,69 kg/kg (Barrett et al. 2002). Penggunaan pupuk urea dalam aktivitas budidaya dapat menghasilkan emisi CO₂ sekitar 0,2 x 10⁻³ kg/kg (IPCC 2006). Selain itu, aktivitas fermentasi pada proses *semi-wash* juga berpotensi menghasilkan emisi CO₂ sekitar 0,84 x 10⁻³ kg/kg (Adiwinata dan Rahayuningsih 2021). Nilai-nilai pada bagian ini selanjutnya digunakan sebagai faktor emisi (faktor pengali) pada perhitungan nilai C_f dan E_i.

Konfigurasi Value Chain

Model VCOR mendukung isu-isu utama untuk kepentingan *governing* dan *planning*, serta mampu merangkul seluruh rantai dalam perusahaan (Dania et al. 2021; Savino et al. 2013). VCOR memungkinkan penggabungan aspek keberlanjutan dalam setiap modul pada rantai pasokan (*acquire*, *build*, dan *fulfill*). Modul *acquire* merupakan langkah entitas di dalam rantai pasokan untuk memperoleh barang atau jasa dari pihak lain. Modul *build* adalah langkah entitas sebagai bagian dari rantai pasokan, untuk menerima produk dari pemasok, melaksanakan proses produksi, dan mengirimkan produk kepada pelanggan. Modul *fulfill* merupakan langkah entitas dalam rantai pasok untuk memenuhi permintaan dari pihak lain (Savino et al. 2013).

Konfigurasi rantai pasok dengan model VCOR dalam penelitian ini hanya mempertimbangkan modul-modul yang berkaitan dengan aktivitas petani kopi. Penyederhanaan konfigurasi ini terinspirasi dari penelitian (Savino dan Neubert 2007) untuk mengabaikan modul yang tidak terlibat dalam evaluasi. Berdasarkan

kriteria tersebut, petani dapat dikonfigurasi dengan tiga modul, yaitu *acquire*, *build*, dan *fulfill*. Secara detail, konfigurasi model VCOR penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, modul *acquire* melibatkan 6 langkah kegiatan oleh petani. Langkah awal adalah memilih pemasok bahan pertanian (A1) yang memenuhi standar tertentu terkait indikator keberlanjutan. Selanjutnya, terdapat pengajuan permintaan (A2) jika terdapat masalah dengan bahan dari petani. Proses berlanjut dengan kelompok tani menerima barang yang dipesan (A6) dan melakukan verifikasi pesanan (A7). Pembayaran (A8) kepada petani dan menerima bukti pembelian (A9) juga dilakukan. Kegiatan yang tidak termasuk dalam modul *acquire* dari petani adalah evaluasi proposal (A3), negosiasi kontrak (A4), dan penempatan pesanan (A5) karena perusahaan tidak mengevaluasi proposal dari pemasok dan tidak melakukan negosiasi kontrak dengan pemasok.

Tabel 2 Konfigurasi Model VCOR

<i>Govern</i>				
↔				
<i>Plan</i>				
↔				
<i>Farmer</i>				
<i>Acquire</i>	<i>Build</i>		<i>Fulfill</i>	
↔				
A1	Qualify supplier	B1	Request resource	F1 Order inquiry
A2	Issue request	B2	Issue material	F2 Confirm order
A6	Receive order	B4	Verify product	F3 Plan load
A7	Verify order	B5	Package product	F5 Fill order
A8	Transfer inventory	B6	Stage product	F7 Deliver order
A9	Process invoice	B7	Release product	F8 Verify receipt
				F10 Invoice

Modul *build* dilakukan setelah *acquire* yang terdiri dari 6 kegiatan. Kegiatan diawali dengan petani meminta sumber daya (B1) untuk memulai proses produksi dan memberikan laporan jika terdapat masalah dengan bahan baku (B2). Setelah produk selesai, dilakukan verifikasi produk (B4) dan pengemasan (B5). Kelompok tani kemudian menyelesaikan produk (B6) dan merilis produk yang telah jadi (B7). Kegiatan yang tidak termasuk dalam model *build* meliputi pembangunan proyek (B3) karena proses

produksi telah berlangsung lama dan tidak memerlukan pembangunan proyek.

Petani juga terlibat dalam modul *fulfill*, dimulai dengan menerima pesanan (F1) dari *roastery* dan melakukan konfirmasi pesanan (F2) untuk memastikan pesanan biji kopi serta merencanakan muatan (F3) untuk pengiriman. Langkah berikutnya melibatkan kelompok tani dalam menerima bahan baku dari petani (F4) untuk dikirim ke *roastery*, dan petani harus memenuhi pesanan (F5) dari *roastery*. Tindakan

berikutnya adalah petani mengirimkan pesanan (F7), dan setelah pengiriman, pemasok melakukan verifikasi tanda terima (F8), serta petani memberikan bukti pembelian (F10) kepada *roastery*. Kegiatan yang tidak dilibatkan dalam modul ini meliputi pembuatan dokumen untuk muatan kapal (F6) karena biji kopi tidak dikirim menggunakan kapal, dan instalasi serta uji (F9) karena yang dikirim oleh pemasok adalah biji kopi, sehingga tidak memerlukan instalasi dan uji.

Tabel 3 Kuantitas Proses dalam Model VCOR

Acquire	Build		Fulfill	
	Kopi Cherry (kg)	Process		
Pupuk (kg)		Input (kg)	Output (kg)	Greenbean (kg)
600	10,800	10,800	5741.28	287.064

Tabel 4 Nilai C_f dan E_i pada Modul *Acquire*

Kendaraan	<i>Acquire</i>					
	Jarak Tahunan (km)	Konsumsi BBM (km/liter)	CO ₂ (kg/km)	Total CO ₂ (kg)	Harga BBM (Rp)	E_i (Rp)
	(a)	(b)	(c) = (b)*2.6	(d) = (a)*(c)	(e)	(f) = ((a)/(b))*(e)
Motor 1 (Terisi)	243	2.88	7.49	1819.58	10000	843750
Motor 1 (Kosong)	243	4.32	11.23	2729.38	10000	562500
Motor 2 (Terisi)	243	2.88	7.49	1819.58	10000	843750
Motor 2 (Kosong)	243	4.32	11.23	2729.38	10000	562500
Motor 3 (Terisi)	243	2.88	7.49	1819.58	10000	843750
Motor 3 (Kosong)	243	4.32	11.23	2729.38	10000	562500
Motor 4 (Terisi)	243	2.88	7.49	1819.58	10000	843750
Motor 4 (Kosong)	243	4.32	11.23	2729.38	10000	562500
			Total	18,195.84		5,625,000

Setelah menyusun konfigurasi model VCOR, dilanjutkan dengan membuat tabel kuantitas dari model tersebut. Tabel ini mencakup beberapa proses beserta informasi jumlah dari setiap modul rantai nilai, yang secara detail dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai Emisi Karbon Kegiatan Rantai Pasok Kopi di Malang Raya

Perhitungan nilai emisi karbon (C_f) dilakukan menggunakan Persamaan (1), sedangkan nilai biaya unit (E_i) dihitung dari dampak ekonomi dalam rantai pasok konvensional. Menurut Savino *et al.* (2013), biaya tindakan dari setiap aktivitas diwakili oleh nilai E_i , dan nilai C_f berfungsi sebagai indikator lingkungan. Emisi pada modul *acquire* berasal dari penggunaan kendaraan untuk transportasi, seperti transportasi dari dan ke lahan, pembelian

pupuk dan pestisida. Perhitungan nilai C_f dan E_i pada modul *acquire* secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi jumlah CO₂ pada modul ini, yaitu konsumsi BBM dan nilai faktor emisi jenis bahan bakar yang digunakan. Pada kasus ini bahan bakar yang digunakan adalah bensin (*pertalite*) dengan nilai faktor emisi sebesar 2.6 kg/km (Zacky *et al.* 2012) dan biaya beli Rp 10.000 per liter. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kelompok tani Karangploso menghasilkan total CO₂ dan E_i pada modul *acquire* secara berurutan 18,195.84 kg dan Rp.5,625,000 per tahun.

Tabel 5 menunjukkan aktivitas di lahan yang dilakukan oleh petani dan berpotensi menimbulkan emisi karbon. Estimasi timbulnya

emisi karbon pada aktivitas pemeliharaan lahan berasal dari pemupukan. Pada kasus ini, petani menggunakan pupuk urea untuk membantu perkembangan tanaman kopi. Di sisi lain, pupuk urea memiliki nilai faktor emisi sebesar 0.2×10^{-3} kg/kg (IPCC 2006) dan harga Rp.2,300 per kg. Dengan demikian, hasil perhitungan pada modul *build 1* (pemeliharaan lahan) menunjukkan bahwa kelompok tani Karangploso menghasilkan total CO₂ sebesar 36 kg, dengan dampak ekonomi konvensional Rp 1,380,000 per tahun.

Perhitungan modul *build 2* (produksi *green bean*) dapat dilihat secara detail pada Tabel 6. Aktivitas yang dilakukan oleh kelompok tani Karangploso untuk memproduksi *green bean* terdiri dari perambangan, pengupasan dengan *pulper*, fermentasi, pencucian, pengeringan, pengupasan dengan *huller*, sortasi dan pengemasan. Akan tetapi, pengeringan dan

sortasi tidak dianalisis karena dianggap nol emisi (*zero emission*).

Pada proses perambangan, kebutuhan air sebanyak 5400 liter per tahun dengan asumsi kebutuhan air 40 liter untuk satu kali proses dikali jumlah hari dalam satu bulan, kemudian dikali jangka waktu masa panen kopi. Energi listrik didasarkan pada penggunaan sanyo 280 *watt*, yang mampu mengalirkan air sebanyak 35 liter per menit. Jam kerja total per tahun diperoleh dari kebutuhan air selama setahun (5400 L) dibagi laju aliran air (35 liter per menit), kemudian dikonversi menjadi jam, sehingga diperoleh jam kerja selama 2.57 jam per tahun. Energi listrik memiliki faktor emisi sebesar 0.725 kg/kWh (Zacky *et al.* 2012) dan biaya Rp.1,325 per kWh, sehingga proses perambangan menghasilkan total CO₂ sebesar 0.52 kg, dengan dampak ekonomi konvensional Rp 954 per tahun.

Tabel 5 Nilai C_f dan E_i pada Aktivitas Perawatan Lahan (*Build 1*)

Build 1						
Pemupukan						
Jenis pupuk	Kuantitas (kg)	Berat (kg)	CO ₂ (kg/kg)	Total CO ₂ (kg)	Biaya (Rp)	E _i (Rp)
	(a)	(b)	(c) = (b)*0.2 x 10 ⁻³	(d) = (a)*(c)	(e)	(f) = (a)*(e)
Urea	600	300	0.06	36	2,300	1,380,000

Tabel 6 Nilai C_f dan E_i pada Modul *Build 2*

Build 2						
Perambangan						
Type	Energi (kWh)	Jam Kerja (Jam)	CO ₂ (kg/kWh)	Total CO ₂ (kg)	Biaya (Rp)	E _i (Rp)
Air (5400L/tahun)	(a)	(b)	(c) = (a)*0,725	(d) = (b)*(c)	(e)	(f) = ((a)*(b))*(e)
Tenaga kelistrikan	0.28	2.57	0.20	0.52	1325	954
Pengupasan						
Type	Energi (kWh)	Jam Kerja (Jam)	CO ₂ (kg/kWh)	Total CO ₂ (kg)	Biaya (Rp)	E _i (Rp)
Mesin <i>Pulper</i>	(a)	(b)	(c) = (a)*0,725	(d) = (b)*(c)	(e)	(f) = ((a)*(b))*(e)
Tenaga kelistrikan	0.14914	270	0.11	29.19	1325	53354.84
Fermentasi						
Type	Kuantitas (kg)		Total CO ₂ (kg)	Biaya (Rp)	E _i (Rp)	
Starter, emisi fermentasi	(a)		(b) = 10800*0,84x10 ⁻³	(c)	(d) = (a)*(c)	
Ragi			54	9.07	256000	13824000
Pencucian						
Type	Energi (kWh)	Jam Kerja (Jam)	CO ₂ (kg/kWh)	Total CO ₂ (kg)	Biaya (Rp)	E _i (Rp)
Air (8100L/tahun)	(a)	(b)	(c) = (a)*0,725	(d) = (b)*(c)	(e)	(f) = ((a)*(b))*(e)
Tenaga kelistrikan	0.28	3.86	0.20	0.78	1325	1431

Pengupasan						
Tipe	Konsumsi solar (liter/jam)	Jam Kerja (Jam)	CO ₂ (kg/kWh)	Total CO ₂ (kg)	Biaya (Rp)	E _i (Rp)
	(a)	(b)	(c) = (a)*2,2	(d) = (b)*(c)	(e)	(f) = ((a)*(b))*(e)
Tenaga Diesel	1	270	2.2	594	6800	1836000
Pengemasan						
Tipe	Kuantitas	Berat (kg)	CO ₂ (kg/kg)	Total CO ₂ (kg)	Biaya (Rp)	E _i (Rp)
	(a)	(b)	(c) = (a)*6,96	(d) = (b)*(c)	(e)	(f) = (a)*(e)
Kemasan karung	100	10	69.6	6960	3600	360000
			Total	7,593.57		16,075,739.84

Pada proses pengupasan, emisi gas dihasilkan dari penggunaan mesin *pulper* yang membutuhkan energi 0.14914 kWh. Jam kerja total per tahun diperoleh dari penggunaan mesin 2 jam per hari dikali jumlah hari dalam sebulan, lalu dikali dengan jangka waktu panen kopi, sehingga total jam kerja per tahun selama 270 jam. Mesin ini menggunakan energi listrik dan memiliki memiliki faktor emisi sebesar 0.725 kg/kWh (Zacky et al. 2012). Dengan demikian, proses pengupasan pertama menghasilkan total CO₂ sebesar 29.19 kg, dengan dampak ekonomi konvensional Rp.53,354.84 per tahun.

Pada proses fermentasi, emisi gas dihasilkan dari aktivitas *starter* (ragi). Adiwinata dan Rahayuningsih (2021) menyatakan bahwa faktor emisi ragi adalah $0,84 \times 10^{-3}$ kg/kg dengan biaya Rp.256,000 per 100 gram. Kelompok tani membutuhkan 54 kg ragi, sehingga total CO₂ yang terbentuk 9.07 kg dengan dampak ekonomi konvensional Rp.13,824,000 per tahun.

Pada proses pencucian, kebutuhan air sebanyak 8100 liter per tahun dengan asumsi kebutuhan air 60 liter untuk satu kali proses dikali jumlah hari dalam satu bulan, kemudian dikali jangka waktu masa panen kopi. Dengan asumsi yang sama seperti proses perambangan, diperoleh jam kerja selama 3.86 jam per tahun. Energi listrik memiliki faktor emisi sebesar 0.725 kg/kWh (Zacky et al. 2012) dan biaya Rp.1,325 per kWh, sehingga proses perambangan menghasilkan total CO₂ sebesar 0.78 kg, dengan dampak ekonomi konvensional Rp.1,431 per tahun.

Pada proses pengupasan kedua, emisi gas dihasilkan dari penggunaan mesin *huller* bertenaga diesel. Jam kerja total per tahun selama 270 jam, dan memiliki memiliki faktor emisi sebesar 2,2 kg/l (Zacky et al. 2012) serta biaya beli Rp.6,800 per liter. Dengan demikian, proses

pengupasan kedua menghasilkan total CO₂ sebesar 594 kg, dengan dampak ekonomi konvensional Rp.1,836,000 per tahun.

Proses pengemasan menggunakan kemasan karung dengan kuantitas 100 karung yang memiliki berat 10 kg. Faktor emisi jenis kemasan karung sebesar 6.96 kg/kg (Barrett et al. 2002) dengan biaya beli Rp.3,600 per kg, proses pengemasan menghasilkan total CO₂ sebesar 6960 kg, dengan dampak ekonomi konvensional Rp.360,000 per tahun. Apabila diakumulasi, modul *build* menghasilkan total CO₂ sebesar 7,629.57 kg, dan dampak ekonomi konvensional Rp.17,455,739.84.

Pada modul terakhir, yaitu *fulfill*, emisi dihasilkan dari proses distribusi *green bean* yang dapat dilihat melalui Tabel 7. Pada kasus ini bahan bakar yang digunakan adalah bensin (*pertalite*) dengan nilai faktor emisi sebesar 2.6 kg/km (Zacky et al. 2012) dan biaya beli Rp 10.000 per liter. Dengan demikian, proses pengupasan kedua menghasilkan total CO₂ sebesar 5,660.93 kg, dengan dampak ekonomi konvensional Rp.1,750,000 per tahun.

Tabel 8 berisi rekapitulasi nilai C_f dan E_i di setiap modul pada petani Karangploso. Berdasarkan tabel di atas, modul *acquire* menghasilkan emisi karbon terbesar, diikuti dengan modul *build* lalu *fulfill*. Modul *acquire* didominasi dengan kegiatan yang menggunakan kendaraan bermotor, seperti mengangkut dan mendistribusikan biji kopi. Kendaraan bermotor menyumbang polutan CO₂ yang paling besar (Sudarti et al. 2022), dibandingkan dengan kegiatan lain di petani kopi. Di sisi lain, emisi yang dihasilkan dari modul *build* tidak sebesar *acquire* meskipun jumlah kegiatannya paling banyak. Hal tersebut terjadi karena modul *build* didominasi oleh kegiatan yang menggunakan alat berenergi listrik. Menurut Marhaini et al. (2022), hasil emisi dari alat berenergi listrik lebih kecil

dan ramah lingkungan daripada alat yang menggunakan bahan bakar minyak. Apabila ditinjau dari dampak ekonomi konvensional, modul *build* bernilai paling besar, diikuti dengan modul *acquire* lalu *fulfill*. Nilai C_f dan E_i ini kemudian digunakan sebagai dasar perhitungan untuk menentukan tingkat dampak ekonomi dan lingkungan global dengan pendekatan matriks.

Dampak Ekonomi dan Lingkungan Berdasarkan Matriks Dampak Global

Analisis dampak ekonomi dilakukan untuk mengetahui bahwa emisi dan biaya unit berada pada tingkat dapat diterima, optimal, atau tidak dapat diterima. Matriks yang dikembangkan oleh

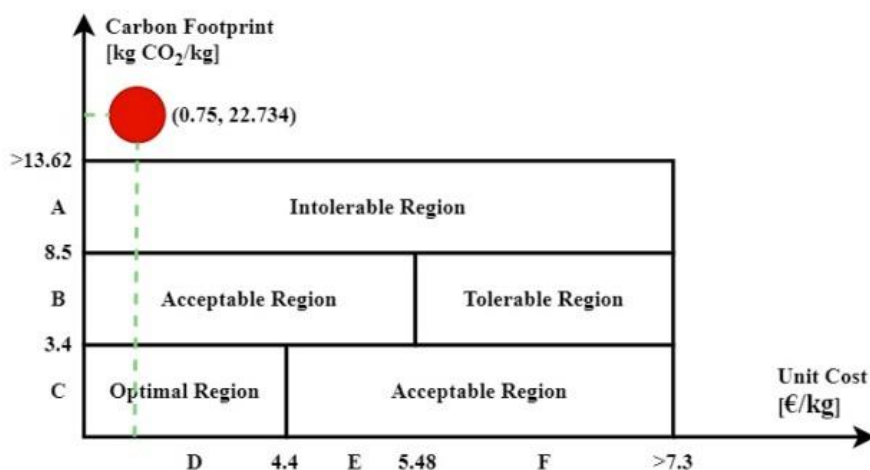
Savino et al. (2013) dapat digunakan untuk memvisualisasikan posisi tingkat emisi dan biaya unit, seperti yang terlihat dalam Gambar 1. Analisis ini dilakukan dari hasil perhitungan dampak ekonomi dari tindakan perbaikan lingkungan (E_i') menggunakan Persamaan (2). Biaya tindakan perbaikan lingkungan berupa penanganan limbah yang dibayarkan setiap bulan sebesar Rp.15,000. Selain itu, terdapat pajak karbon namun di Indonesia belum diterapkan, sehingga diasumsikan Rp0. Hasil perhitungan biaya ini pada ketiga modul adalah sebesar Rp.26,990,739.84.

Tabel 7 Nilai C_f dan E_i pada Modul *Fulfill*

<i>Fulfill</i>						
Kendaraan	Jarak Tahunan (km)	Konsumsi BBM (km/liter)	CO ₂ (kg/km)	Total CO ₂ (kg)	Harga BBM (Rp)	E _i (Rp)
	(a)	(b)	(c) = (b)*2,6	(d) = (a)*(c)	(e)	(f) = ((a)/(b))* ² (e)
Motor 1 (Kosong)	302.4	4.32	11.23	3396.56	10000	1050000
Motor 1 (Terisi)	302.4	2.88	7.49	2264.37	10000	700000
			Total	5,660.93		1,750,000

Tabel 8 Rekapitulasi Nilai C_f dan E_i

Modul	C_f (kg)	E_i (Rp)
<i>Acquire</i>	18,195.84	5,625,000
<i>Build</i>	7,629.57	17,455,739.84
<i>Fulfill</i>	5,660.93	1,750,000



Gambar 4 Matriks Dampak Global pada Petani Kopi Karangploso

Jejak karbon (C_{fp}) dihitung menggunakan Persamaan (3), yaitu nilai C_f setiap modul pada Tabel 8 dibagi dengan kuantitas produksinya sesuai Tabel 3, kemudian di akumulasikan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jejak karbon yang ditimbulkan oleh petani Karangploso sebesar 22,734 kg CO_2 per tahun. Setelah itu, biaya unit satuan (E_i) dihitung melalui Persamaan (4). Analisis Dampak Global mengonversi mata uang rupiah ke *Euro* sehingga semua perhitungan nilai moneter dibagi dengan Rp.16,398 (€1). Nilai E_i setiap modul pada Tabel 8 dibagi dengan kuantitas produksinya sesuai Tabel 3, kemudian di akumulasikan dan dibagi dengan Rp 16,398. Hasilnya menunjukkan bahwa biaya unit satuan pada petani Karangploso sebesar € 0.75 per unit per tahun.

Nilai jejak karbon dan biaya unit menunjukkan bahwa dampak ekonomi dari petani Karangploso termasuk ke dalam area intoleransi (*intolerable region*) yang diilustrasikan pada Gambar 4. Hal tersebut dikarenakan petani menghasilkan emisi karbon dalam jumlah besar (22.734 kg CO_2), meskipun biaya unitnya rendah (0.75 €/kg). Jika aktivitas pada rantai pasok menghasilkan emisi yang besar dan biaya tinggi, maka tidak dapat dikategorikan layak berdasarkan martiks dampak global (Dania et al. 2021; Zhao et al. 2012). Oleh karena itu, langkah-langkah untuk mengurangi jejak karbon dari aktivitas dalam rantai pasok kopi diperlukan (Savino et al. 2013).

Berdasarkan temuan, aktivitas yang menghasilkan emisi terbanyak adalah budidaya, produksi, dan transportasi. Upaya mereduksi emisi karbon pada modul *acquire* dan *fulfill* dapat dilakukan dengan pemasangan sistem GPS cerdas pada kendaraan. Savino et al. (2013) mengusulkan pemasangan sistem GPS cerdas pada kendaraan untuk mengurangi emisi karbon yang dihasilkan selama aktivitas distribusi. Pada saat kemacetan lalu lintas, sistem GPS ini mengevaluasi berbagai rute dari perusahaan ke pelanggan. Sebagai hasilnya, rute terpendek dapat diidentifikasi, sehingga mampu mengurangi penggunaan bahan bakar kendaraan bermotor.

Upaya mereduksi emisi karbon pada modul *build* dapat dilakukan dengan menggunakan pupuk organik sebagai pengganti pupuk kimia. Menurut beberapa penelitian, beralih dari pupuk kimia ke pupuk organik dapat mengurangi emisi sebesar 0,95 kg CO_2 /kg biji kopi hijau (Nab and

Maslin 2020; Usva et al. 2020). Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dapat berbahaya bagi lingkungan. Kemampuan tanaman kopi untuk menyerap pupuk adalah 0,24 kg/tanaman/tahun. Akan tetapi, jika terlalu banyak pupuk kimia digunakan berpotensi meresap ke dalam saluran air, menyebabkan emisi NO_2 dan polusi air (Nab and Maslin 2020). Menurut (Ratchawat et al. (2020), penggunaan pupuk organik dapat mengurangi emisi sebesar 12% dan menghemat sekitar €17/ha dalam biaya pupuk kimia. Selain itu, penggunaan pupuk organik dinilai dapat meningkatkan nilai ekonomi biji kopi, karena pasar global kini cenderung lebih tertarik dengan produk organik, sehingga upaya pengurangan atau peniadaan penggunaan pupuk kimia sangat dianjurkan (Nguyen and Sarker 2018).

KESIMPULAN

Nilai jejak emisi karbon pada aktivitas rantai pasok di tingkat petani adalah sebesar 22,734 kg CO_2 dengan biaya satuan sebesar 0.75 €/kg. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa kegiatan dalam rantai nilai ditingkat petani kopi masih belum ramah lingkungan (area intoleransi). Hal ini dikarenakan petani menghasilkan emisi karbon dalam jumlah besar, yaitu lebih besar dari 13.62 kg CO_2 , meskipun biaya unitnya rendah (0.75 €/kg). Apabila aktivitas pada rantai pasok menghasilkan emisi yang besar dan biaya tinggi, maka tidak dapat dikategorikan layak berdasarkan martiks dampak global. Strategi rekomendasi agar rantai nilai pada petani kopi Karangploso menjadi tingkat yang dapat diterima atau optimal adalah memasang sistem GPS cerdas pada kendaraan. Strategi ini diharapkan dapat mengidentifikasi rute terpendek, sehingga mampu mengurangi penggunaan bahan bakar kendaraan bermotor. Strategi penggunaan pupuk organik sebagai pengganti pupuk kimia juga diusulkan untuk menghindari polusi air serta menciptakan sistem pertanian organik agar meningkatkan nilai ekonomi hasil panen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari hibah Penelitian Kerjasama – Dalam Negeri (PKDN) [SK NOMOR: 1135.2/UN10.C10/TU/2023]. Penulis mengucapkan terima kasih atas pendanaan yang diberikan oleh Kemendikbudristek.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwinata, F., dan Rahayuningsih, M. 2021. Analisis daur hidup (Life Cycle Assessment) pengolahan kopi bubuk robusta secara basah di industri kecil menengah (IKM) Beloe Klasik Lampung. *Agrointek* 15: 1175–1182. [https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i4].
- Barrett, J., Vallack, H., Jones, A., and Haq, G. 2002. A material flow analysis and ecological footprint of York. [https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3258.6085].
- Busquet, M., Bosma, N., and Hummels, H. 2021. A multidimensional perspective on child labor in the value chain: The case of the cocoa value chain in West Africa. *World Dev* 146. [https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105601].
- Dania, W.A.P., Nurfitriani, E.A., and Septifani, R. 2021. Value chain analysis of jackfruit chips in green supply chain management perspective using the value chain operations reference method. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri* 10: 125–134. [https://doi.org/10.21776/ub.industria.2021.010.02.4].
- Dania, W.A.P., Xing, K., and Amer, Y. 2018. Collaboration behavioural factors for sustainable agri-food supply chains: A systematic review. *J Clean Prod.* [https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.148].
- Effendi, M., Sitorus, A., Astuti, R., and Santoso, I. 2021. Malang coffee value chain analysis: A case study of Taji arabica coffee. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 733: 12063. [https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012063].
- Filippi, M., and Chapdaniel, A. 2021. Sustainable demand-supply chain: An innovative approach for improving sustainability in agrifood chains. *International Food and Agribusiness Management Review* 24: 321–335. [https://doi.org/10.22434/IFAMR2019.0195].
- Hadi, A.H., Suprihatin, and Pramuhadi, G. 2022. Exploring the sustainability dimensions of coffee agro-industry: A critical review and future research agenda, in: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Institute of Physics. [https://doi.org/10.1088/1755-1315/1063/1/012049].
- Hidayati, J., and Hasibuan, S. 2019. Value chain analysis and value added enhancement of Indonesia Crude Palm Oil supply chain. *Int J Adv Sci Eng Inf Technol* 9: 397–404. [https://doi.org/10.18517/ijaseit.9.2.7708].
- IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Irwhantoko, I., dan Basuki, B., 2016. Carbon emission disclosure: Studi pada perusahaan manufaktur Indonesia. *Jurnal Akuntansi dan Keuangan* 18. [https://doi.org/10.9744/jak.18.2.92-104].
- Juwita, A.I., Mustafa, A., dan Tamrin, R. 2017. Studi pemanfaatan kulit kopi arabika (*Coffea arabica* L.) sebagai mikro organisme lokal (MOL). *Agrointek* 11, 1–8.
- Kassaye, T., Luc, D., and Pascal, B. 2018. Analysis of coffee quality along the coffee value chain in Jimma zone, Ethiopia. *Afr J Agric Res* 13: 1468–1475. [https://doi.org/10.5897/ajar2018.13118].
- Kurniawati, U.F., 2021. Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap besaran stok karbon di Kota Surabaya. *Jurnal Penataan Ruang* 16: 54–58.
- Marhaeniyanto, E., Rusmiwari, S., dan Susanti, S. 2019. Prospek kopi Pilozz di Desa Bocek Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang. *JAP: Jurnal Akses Pengabdian Indonesia* 4: 18–27.
- Marhaini, M., Mardwita, M., dan Suranda, A. 2022. Analisa efisiensi bahan bakar dan dampak lingkungan emisi gas buang pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) terhadap pembangkit listrik mesin gas (PLTMG). *JURNAL SURYA ENERGY* 6: 57. [https://doi.org/10.32502/jse.v6i2.4215].
- Nab, C., and Maslin, M. 2020. Life cycle assessment synthesis of the carbon footprint of Arabica coffee: Case study of Brazil and Vietnam conventional and sustainable coffee production and export to the United Kingdom. *Geo.* [https://doi.org/10.1002/geo2.96].
- Nguyen, G.N.T., and Sarker, T. 2018. Sustainable coffee supply chain

- management: a case study in Buon Me Thuot City, Daklak, Vietnam. *International Journal of Corporate Social Responsibility* 3. [<https://doi.org/10.1186/s40991-017-0024-x>].
- Ratchawat, T., Panyatona, S., Nopchinwong, P., Chidthaisong, A., and Chiarakorn, S. 2020. Carbon and water footprint of Robusta coffee through its production chains in Thailand. *Environ Dev Sustain* 22: 2415–2429. [<https://doi.org/10.1007/s10668-018-0299-4>].
- Rejeb, A., Rejeb, K., and Zailani, S. 2021. Big data for sustainable agri-food supply chains: a review and future research perspectives. *Journal of Data, Information, and management* 3: 167–182. [<https://doi.org/10.1007/s42488-021-00045-3/Published>].
- Sari, R.A., Indah, S., Sari, K., Fanani, A.A., and Sholihah, Q. 2021. Value chain and customer value analysis of organic food supply chain, in: *Advances in Engineering Research*.
- Savino, M.M., Manzini, R., and Mazza, A. 2013. Environmental and economic assessment of fresh fruit supply chain through value chain analysis. A case study in chestnuts industry. *Production Planning and Control* 26: 1–18. [<https://doi.org/10.1080/09537287.2013.839066>]
- Savino, M.M., and Neubert, G., 2007. A faster enterprise resources planning implementation for Euro coin supply chain within the SCOR model. *International Journal of Integrated Supply Management* 3: 385–405. [<https://doi.org/10.1504/IJISM.2007.013370>].
- Sudarti, S., Yushardi, Y., dan Kasanah, N. 2022. Analisis potensi emisi CO2 oleh berbagai jenis kendaraan bermotor di Jalan Raya Kemantren Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 9: 70–75. [<https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2022.009.02.4>].
- Sultan, M.A., Furqon, C., and Wijaya, F. 2021. Triple layer business model canvas design of arabica coffee agroindustry supply chain in Bandung Regency. *International Journal of Entrepreneurship and Sustainability Studies* 1: 19–23. [<https://doi.org/10.31098/ijeass.v1i2.744>].
- Thi Nguyen, K.A., and Jolly, C.M. 2018. Balancing interests of actors in the ocean tuna value chain of Khanh Hoa province, Vietnam. *Mar Policy* 98: 11–22. [<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.08.033>]
- Usva, K., Sinkko, T., Silvenius, F., Riipi, I., and Heusala, H. 2020. Carbon and water footprint of coffee consumed in Finland—life cycle assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment* 25: 1976–1990. [<https://doi.org/10.1007/s11367-020-01799-5>].
- Utami, H.W., dan Bayu, H. 2022. Kontribusi komoditas kopi dalam meningkatkan perekonomian di Desa Amadanom, Kecamatan Dampit, Kabupaten Malang. *OECONOMIUS: Journal of Economics* 7: 1–15.
- Wibowo, Y., Purnomo, B.H., and Kristio, A. 2021. The agroindustry development strategy for Java Ijen-Raung arabica coffee, in Bondowoso Regency, East Java. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri* 10: 135–148. [<https://doi.org/10.21776/ub.industria.2021.010.02.5>].
- Widayani, P.D., dan Usodri, K.S. 2020. Kajian kesesuaian lahan perkebunan kopi rakyat kawasan Lereng Gunung Arjuna Kabupaten Malang. *AGRINIKA: Jurnal Eroteknologi dan Agribisnis* 4: 108–118.
- Zacky, A., Supriyadi, A., R, A., Kusumawanto, A., Wicaksono, A., Maeztri, D., Wijaya, E., Saptayani, G., Manik, K., Ambasari, L., Suhud, M., W, R.T., D. Sirait, S., Thamrin, S., dan Nugroho, W.A. 2012. Pedoman teknis perhitungan baseline emisi gas rumah kaca sektor berbasis energi. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPENAS), Jakarta.
- Zhao, R., Neighbour, G., Han, J., McGuire, M., and Deutz, P. 2012. Using game theory to describe strategy selection for environmental risk and carbon emissions reduction in the green supply chain. *J Loss Prev Process Ind* 25: 927–936. [<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2012.05.004>].