



Integrating Circular Carbon Economy into Waste Bank Supply Chains: An Analysis of Collaborative Networks and Net-Zero Strategies in Surabaya City

**Bonaraja Purba¹; Amelia Shanna Adrave Sihombing¹, Irmayani Pulungan¹,
Nursaidah Fitriyani Sirait¹**

Program Studi Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Negeri Medan

Jln. Willem Iskandar Pasar V, Medan 20221, Sumatera Utara

Email: bonarajapurba@unimed.ac.id, ameliasihombing004@gmail.com, Irmapulungan65@gmail.com,
nursaidah1309@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to analyze the integration of the circular carbon economy into waste bank supply chains and to formulate an Integrated Circular Carbon Economy (ICCE) framework for net-zero strategies in Surabaya City. A descriptive qualitative research method was employed, utilizing a literature-based approach focused on 15 key journals covering waste banks, the circular economy, the circular carbon economy, circular supply chains, and social network analysis; additional publicly available references were used to provide supporting information. Data were analyzed through cross-journal comparison, thematic grouping, and synthesis into an integrative framework. The results indicate that (1) the waste bank supply chain flow comprises households, waste banks, collectors, and the recycling industry; (2) the collaborative network structure among stakeholders remains fragmented and relies heavily on collectors and the Environmental Agency; (3) the most prominent "9R" practices are R3 (Reuse) and R8 (Recycle), whereas R0–R2 (Refuse, Rethink, Reduce) practices are minimal; and (4) the circular carbon economy concept encompasses elements such as emission reduction and carbon credits, yet major obstacles persist regarding Monitoring, Reporting, and Verification (MRV) mechanisms and the institutional capacity of waste management entities. Managerial and policy implications are discussed to accelerate net-zero strategies within the waste management sector.

Keywords: circular economy, waste bank, collaboration network, net-zero, circular carbon

PENDAHULUAN

Perubahan iklim telah menjadi krisis global yang mendesak, mendorong berbagai negara untuk berkomitmen mencapai net-zero emission (NZE). Indonesia menargetkan NZE pada tahun 2060 melalui Enhanced Nationally Determined Contribution (NDC) dengan target penurunan emisi sebesar 31,89% dengan usaha sendiri dan 43,20% dengan bantuan internasional pada tahun 2030 (Bappenas, 2024). Sektor pengelolaan sampah menyumbang kontribusi signifikan terhadap emisi gas rumah kaca nasional, terutama dari TPA yang melepaskan metana secara terus-menerus. Kondisi ini menempatkan pengelolaan sampah bukan sekadar persoalan sanitasi, melainkan isu strategis dalam agenda dekarbonisasi nasional.

Paradigma pengelolaan sampah telah bergeser dari pendekatan end-of-pipe menuju ekonomi sirkular. Ekonomi sirkular menawarkan kerangka di mana nilai material dipertahankan selama mungkin dalam siklus produksi-konsumsi melalui strategi retensi nilai 9R (Refuse, Rethink, Reduce, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle, Recover) (Potting et al., 2017; Reike et al., 2018). Dalam konteks ini, bank sampah muncul sebagai institusi berbasis komunitas yang menjembatani sektor informal dan formal dalam rantai pasok sirkular.

Bank sampah adalah sistem pengelolaan sampah berbasis masyarakat yang mengubah sampah menjadi sumber daya ekonomi melalui mekanisme tabungan. Widyati et al. (2022) menemukan bahwa Bank Sampah Induk Surabaya (BSIS) telah menunjukkan efektivitas dan efisiensi dalam pengelolaan sampah, dengan 183 bank sampah unit yang tersebar di berbagai kelurahan. Larasati & Santoso (2024) menambahkan bahwa jaringan pengelolaan sampah rumah tangga di Surabaya merupakan bentuk transisi ekonomi sirkular yang melibatkan berbagai aktor, mulai dari rumah tangga, bank sampah, pengepul, hingga industri daur ulang. Namun, di balik capaian tersebut, terdapat kesenjangan antara potensi dan realisasi. Bank sampah di Surabaya masih menghadapi tantangan struktural: ketergantungan pada jenis sampah anorganik bernilai jual tinggi, lemahnya integrasi dengan industri daur ulang hilir, keterbatasan akses pembiayaan, serta absennya mekanisme akuntansi karbon yang mengkuantifikasi kontribusi mereka terhadap pengurangan emisi.

Konsep ekonomi karbon sirkular (circular carbon economy, CCE) menawarkan kerangka integratif untuk menjembatani kesenjangan ini. Purba et al. (2024) menjelaskan bahwa ekonomi karbon sirkular merupakan model bisnis sirkular yang mengintegrasikan aspek karbon dalam siklus ekonomi. Ikram (2025) menambahkan bahwa pendekatan net-zero circular economy berfokus pada retensi nilai sumber daya, dengan proposisi inti bahwa setiap siklus retensi sumber daya (R0–R9) menawarkan peluang untuk mengurangi atau menghilangkan emisi gas rumah kaca. Ichwan & Firmansyah (2026) menemukan bahwa strategi ekonomi sirkular dapat berkontribusi pada pengurangan emisi karbon dalam kerangka ESG, terutama melalui konversi limbah menjadi energi terbarukan. Phal et al. (2025) menegaskan bahwa integrasi solusi berbasis alam ke dalam praktik ekonomi sirkular dapat mendukung pencapaian net-zero emission.

Meskipun literatur tentang bank sampah dan ekonomi sirkular telah berkembang, terdapat tiga kesenjangan utama. Pertama, sebagian besar penelitian tentang bank sampah berfokus pada aspek ekonomi atau teknis, sementara dimensi karbon dan iklim masih jarang dieksplorasi secara sistematis (Andina, 2019). Kedua, analisis jaringan kolaborasi antar-stakeholder dalam rantai pasok bank sampah masih terbatas, dengan sebagian besar studi menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif tanpa memetakan struktur relasional secara kuantitatif (Larasati & Santoso, 2024; Ma'ruf et al., 2025). Ketiga, belum ada kerangka konseptual yang secara eksplisit mengintegrasikan ekonomi karbon sirkular ke dalam rantai pasok bank sampah, sehingga studi-studi yang ada cenderung terfragmentasi (Cano et al., 2025).

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis alur rantai pasok bank sampah di Kota Surabaya, memetakan struktur jejaring kolaborasi antar-stakeholder, mengidentifikasi praktik retensi nilai 9R yang diterapkan, dan merumuskan kerangka Integrated Circular Carbon Economy (ICCE) sebagai sintesis integrasi ekonomi karbon sirkular dalam rantai pasok bank sampah. Manfaat teoretis penelitian ini adalah mengembangkan kerangka ICCE yang mengintegrasikan CCE, ekonomi sirkular, dan SNA, serta memperkaya literatur tentang bank sampah dengan perspektif karbon. Manfaat praktisnya adalah memberikan rekomendasi bagi pemerintah daerah dalam merancang kebijakan dekarbonisasi sektor persampahan dan menyediakan model bagi bank sampah untuk mengkuantifikasi dan memonetisasi kontribusi karbon.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan pendekatan kajian literatur (literature review). Pendekatan ini dipilih karena tujuan penelitian bersifat eksploratif, yaitu menggali konsep integrasi ekonomi karbon sirkular yang belum mapan, serta menyintesis pengetahuan dari berbagai sumber untuk merumuskan kerangka konseptual ICCE.

Tabel 1. Daftar 15 Jurnal Sumber Data Utama

No	Penulis (Tahun)	Judul	Kontribusi dalam Penelitian
1	Larasati & Santoso (2024)	Jaringan Pengelolaan Sampah Rumah Tangga sebagai Bentuk Transisi Ekonomi Sirkular di Kota Surabaya	Data utama alur rantai pasok, SNA, stakeholder
2	Aprilianna & Pratama (2025)	Praktik Ruang Kolaborasi Ekonomi Sirkular pada Kasus Industri Tekstil di Kota Pekalongan	Kerangka 9R, tipe kolaborasi, faktor pendorong
3	Montag (2023)	Circular Economy and Supply Chains: Definitions, Conceptualizations, and Research Agenda	Definisi CSC, elemen arketipal, proposisi CSC
4	Ikram (2025)	Redesigning the Value Chain: A Net-Zero Circular Economy Approach to Resource Retention	Kerangka NZCVCVM, integrasi R0-R9 dengan net-zero
5	Purba et al. (2024)	Konsep Ekonomi Sirkular Model Circular Bisnis Circular dan Ekonomi Karbon Sirkular	Definisi ekonomi karbon sirkular
6	Mekaniwati et al. (2026)	Circular Economy in Indonesian MSMEs	Sinergi eco-innovation dan SSCM, hambatan UMKM
7	Ichwan & Firmansyah (2026)	Circular Economy and Carbon Emission Reduction Strategies within The ESG Framework	Integrasi ekonomi sirkular dan dekarbonisasi, Scope 3
8	Jurnal PKM MIPA (2026)	Pemberdayaan Masyarakat melalui Pengelolaan Sampah Berbasis Ekonomi Sirkular	Praktik bank sampah di tingkat komunitas
9	Cano et al. (2025)	Circular Supply Chain Management Assessment	Ketiadaan kerangka evaluasi CSC
10	Reike et al. (2018)	The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0?	Kerangka 10R, definisi ROs
11	Potting et al. (2017)	Circular economy: Measuring innovation in the product chain	Kerangka 9R, hierarki loop
12	Bappenas (2024)	Peta Jalan dan Rencana Aksi Ekonomi Sirkular di Indonesia	Kebijakan nasional, target ekonomi sirkular
13	Phal et al. (2025)	Integrating Nature-Based Solutions into Circular Economy Practices	Integrasi solusi berbasis alam, net-zero
14	Ma'ruf et al. (2025)	Polycentric Collaborative Governance and Circular Economy in Urban Waste Systems	Tata kelola kolaboratif, Surabaya
15	Hadi & Saputra (2026)	Pengelolaan Sampah Berbasis Komunitas dan Potensi Perlindungan Hutan Tidak Langsung	Praktik bank sampah komunitas

Analisis data dilakukan dengan analisis isi (content analysis) melalui lima langkah: (1) reduksi data, yaitu memilih bagian relevan dari setiap jurnal; (2) kategorisasi, yaitu mengelompokkan temuan ke dalam tema (rantai pasok, SNA, 9R, CCE); (3) sintesis, yaitu menghubungkan temuan antar-jurnal; (4) interpretasi, yaitu mengaitkan dengan teori dan konteks; dan (5) perumusan kerangka, yaitu mengembangkan ICCE.

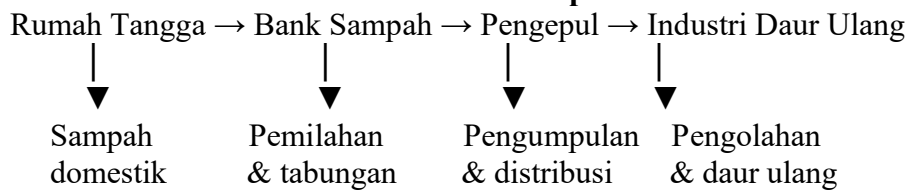
Untuk menjamin keabsahan data, penelitian ini menggunakan empat kriteria trustworthiness: credibility (triangulasi sumber literatur dan verifikasi silang antar-referensi), transferability (deskripsi konteks yang kaya dan batasan generalisasi), dependability (audit trail dengan dokumentasi proses seleksi dan analisis), dan confirmability (reflexivity dengan kesadaran bias peneliti). Keterbatasan metodologi meliputi ketergantungan pada literatur, bias publikasi, generalisasi kontekstual untuk Surabaya, dan tanpa data primer.

HASIL DSAN PEMBAHASAN

Alur Rantai Pasok Bank Sampah

Berdasarkan sintesis 15 jurnal sumber utama, alur rantai pasok bank sampah di Kota Surabaya dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar 1. Alur Rantai Pasok Bank Sampah



Alur ini menunjukkan bahwa rantai pasok bank sampah bersifat reverse logistics, di mana material bergerak dari konsumen kembali ke produsen atau pengolah. Larasati & Santoso (2024) menemukan bahwa jaringan pengelolaan sampah rumah tangga di Surabaya melibatkan berbagai aktor yang saling terhubung, dengan pola yang berbeda antara sampah organik dan anorganik. Sampah anorganik memiliki jaringan yang lebih kompleks karena melibatkan pengepul dan pabrik daur ulang yang terspesifikasi, sedangkan sampah organik lebih banyak dikelola oleh pemerintah melalui TPS3R dan rumah kompos.

Widyati et al. (2022) menambahkan bahwa BSIS berperan sebagai hub yang menghubungkan bank sampah unit dengan pengepul dan industri. BSIS tidak hanya berfungsi sebagai titik pengumpulan, tetapi juga sebagai pusat edukasi dan pemberdayaan masyarakat. Peran ini sejalan dengan temuan Cano et al. (2025) yang menjelaskan bahwa circular supply chain management memerlukan kolaborasi multi-stakeholder yang efektif. Dalam konteks bank sampah, kolaborasi ini melibatkan rumah tangga sebagai pemasok, bank sampah sebagai pengelola, pengepul sebagai perantara, dan industri sebagai pembeli.

Cano et al. (2025) menambahkan bahwa circular supply chain management memerlukan kolaborasi multi-stakeholder yang efektif. Dalam konteks bank sampah, kolaborasi ini melibatkan rumah tangga sebagai pemasok, bank sampah sebagai pengelola, pengepul sebagai perantara, dan industri sebagai pembeli. Samadikun et al. (2020) menemukan bahwa aktor informal memainkan peran penting dalam daur ulang sampah plastik, yang juga relevan dengan konteks Surabaya. Aktor informal seperti pemulung dan pengepul memiliki jaringan yang sudah terbentuk lama dan beroperasi secara efisien, meskipun seringkali tidak terdata secara formal.

Tabel 2. Pemetaan Stakeholder Rantai Pasok Bank Sampah

Stakeholder	Peran	Kepentingan	Sumber Literatur
Rumah Tangga	Pemasok sampah	Pendapatan tambahan	Andina (2019)
Bank Sampah	Pengelola	Keberlanjutan operasional	Widyati et al. (2022)
Pengepul	Perantara	Margin keuntungan	Samadikun et al. (2020)
Industri Daur Ulang	Pembeli	Bahan baku murah	Cano et al. (2025)
DLH Surabaya	Regulator	Target pengelolaan sampah	Larasati & Santoso (2024)
LSM	Pendamping	Pemberdayaan	Tura et al. (2019)
Akademisi	Peneliti	Data & publikasi	Ma'ruf et al. (2025)

Tabel 2 menunjukkan bahwa setiap stakeholder memiliki peran dan kepentingan yang berbeda dalam rantai pasok bank sampah. Rumah tangga berperan sebagai pemasok sampah dengan kepentingan utama memperoleh pendapatan tambahan dari penjualan sampah. Bank sampah berperan sebagai pengelola yang menjalankan operasional pengumpulan, pemilahan, dan penjualan sampah. Pengepul berperan sebagai perantara yang menghubungkan bank sampah dengan industri daur ulang, dengan kepentingan utama memperoleh margin keuntungan dari selisih harga beli dan jual.

Industri daur ulang berperan sebagai pembeli yang membutuhkan bahan baku murah untuk proses produksi mereka. DLH Surabaya berperan sebagai regulator yang menetapkan kebijakan dan target pengelolaan sampah. LSM berperan sebagai pendamping yang membantu pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan sampah. Akademisi berperan sebagai peneliti yang menghasilkan data dan publikasi untuk mendukung pengembangan ilmu pengetahuan.

Pemetaan stakeholder ini penting untuk memahami dinamika kolaborasi dalam rantai pasok bank sampah. Setiap stakeholder memiliki sumber daya dan kapabilitas yang berbeda, sehingga kolaborasi yang efektif memerlukan pemahaman yang mendalam tentang peran dan kepentingan masing-masing.

Jejaring Kolaborasi

Berdasarkan sintesis 15 jurnal sumber utama, struktur jejaring kolaborasi antar-stakeholder dalam rantai pasok bank sampah dapat dianalisis sebagai berikut:

Tabel 3. Struktur Jejaring Kolaborasi Berdasarkan Sintesis Literatur

Indikator	Temuan Literatur	Sumber
Pola jaringan	Terfragmentasi	Larasati & Santoso (2024)
Aktor sentral	Pengepul & DLH	Samadikun et al. (2020)
Kekuatan relasi	Lemah antar-bank sampah	Satori et al. (2020)
Celah struktural	Antara bank sampah & industri	Ma'ruf et al. (2025)

Tabel 3 menunjukkan bahwa pola jaringan kolaborasi dalam rantai pasok bank sampah masih terfragmentasi. Larasati & Santoso (2024) menemukan bahwa jaringan kolaborasi di Surabaya terbagi menjadi beberapa klaster yang tidak saling terhubung secara optimal. Klaster pertama terdiri dari bank sampah yang beroperasi di wilayah tertentu, klaster kedua terdiri dari pengepul yang memiliki jaringan sendiri, dan klaster ketiga terdiri dari industri daur ulang yang berlokasi di luar kota.

Aktor sentral dalam jaringan ini adalah pengepul dan Dinas Lingkungan Hidup. Samadikun et al. (2020) menemukan bahwa pengepul memiliki peran sentral karena mereka menjadi jembatan antara bank sampah dan industri. Tanpa pengepul, bank sampah akan kesulitan menjual sampah yang telah dipilah ke industri yang membutuhkan bahan baku spesifik. DLH juga berperan sentral sebagai regulator yang menetapkan kebijakan dan menyediakan fasilitas pendukung.

Kekuatan relasi antar-bank sampah masih lemah. Satori et al. (2020) menemukan bahwa bank sampah unit cenderung beroperasi secara mandiri dan tidak saling berbagi informasi atau sumber daya. Padahal, kolaborasi antar-bank sampah dapat meningkatkan efisiensi operasional dan daya tawar terhadap pengepul. Celah struktural juga teridentifikasi antara bank sampah dan industri daur ulang. Ma'ruf et al. (2025) menjelaskan bahwa tata kelola kolaboratif dalam sistem persampahan perkotaan memerlukan integrasi dan koordinasi yang lebih baik antar-stakeholder. Dalam konteks bank sampah, celah ini terjadi karena bank sampah tidak memiliki akses langsung ke industri, sehingga harus melalui pengepul.

Warsiyah et al. (2025) menemukan bahwa pemberdayaan masyarakat dan sistem bank sampah yang efektif memiliki dampak positif terhadap keberlanjutan ekonomi lokal. Hal ini menunjukkan bahwa penguatan kolaborasi antar-bank sampah dapat memperkuat dampak positif tersebut. Ma'ruf et al. (2025) menambahkan bahwa kemitraan CSR–komunitas dalam sistem persampahan Surabaya dapat menjadi model untuk memperkuat kolaborasi antar-stakeholder, dengan penekanan pada penciptaan nilai publik dan tata kelola polisentris.

Praktik Retensi Nilai (9R)

Berdasarkan sintesis 15 jurnal sumber utama, praktik retensi nilai 9R yang diterapkan oleh bank sampah dapat diidentifikasi sebagai berikut:

Tabel 4. Matriks Praktik Retensi Nilai (9R)

Strategi	Praktik	Sumber
R0 Refuse	Edukasi hindari plastik sekali pakai	Tura et al. (2019)
R1 Rethink	Kampanye penggunaan ulang	Montag (2023)
R2 Reduce	Pengurangan volume sampah	Andina (2019)
R3 Reuse	Wadah bekas untuk penyimpanan	Reike et al. (2018)
R4 Repair	Perbaikan elektronik	Aprilianna & Pratama (2025)
R5 Refurbish	Perbaikan furnitur	Aprilianna & Pratama (2025)
R6 Remanufacture	Daur ulang plastik	Mekaniwati et al. (2026)
R7 Repurpose	Kerajinan dari sampah	Mekaniwati et al. (2026)
R8 Recycle	Daur ulang kertas, plastik, logam	Purba et al. (2024)
R9 Recover	Pengolahan biogas	Montag (2023)

Tabel 4 menunjukkan bahwa praktik retensi nilai 9R yang diterapkan oleh bank sampah bervariasi dari R0 hingga R9. Namun, tidak semua strategi diterapkan secara optimal. Strategi R0 (Refuse) dan R1 (Rethink) masih minim karena bank sampah lebih fokus pada pengelolaan sampah yang sudah ada daripada mencegah timbulnya sampah sejak awal. Tura et al. (2019) menemukan bahwa edukasi untuk menghindari plastik sekali pakai masih terbatas pada kampanye yang bersifat sporadis, belum menjadi program yang berkelanjutan.

Strategi R3 (Reuse) dan R8 (Recycle) merupakan praktik yang paling dominan. Reike et al. (2018) menjelaskan bahwa R3 (Reuse) melibatkan penggunaan kembali produk yang masih layak pakai tanpa mengubah fungsinya. Dalam konteks bank sampah, praktik ini terlihat dari penggunaan wadah bekas untuk penyimpanan sampah yang telah dipilah. R8 (Recycle) melibatkan pengolahan material untuk menghasilkan material yang sama, seperti daur ulang kertas, plastik, dan logam. Yusriana et al. (2023) menemukan bahwa daur ulang merupakan praktik yang paling umum di bank sampah karena memberikan nilai ekonomi langsung.

Strategi R4 (Repair) dan R5 (Refurbish) masih terbatas. Aprilianna & Pratama (2025) menjelaskan bahwa R4 (Repair) melibatkan perbaikan produk yang rusak, sedangkan R5 (Refurbish) melibatkan pemulihan produk ke kondisi seperti baru. Dalam konteks bank sampah, praktik ini masih jarang karena keterbatasan keterampilan dan alat. Padahal, praktik ini memiliki potensi besar untuk memperpanjang umur produk dan mengurangi timbulnya sampah.

Strategi R6 (Remanufacture) dan R7 (Repurpose) mulai berkembang. Muller et al. (2022) menemukan bahwa R6 (Remanufacture) melibatkan penggunaan sebagian komponen dari produk lama untuk digunakan di produk baru dengan fungsi yang sama. Mekaniwati et al. (2026) menemukan bahwa R7 (Repurpose) melibatkan pemanfaatan produk yang sudah tidak berfungsi untuk digunakan kembali dengan fungsi yang berbeda, seperti kerajinan dari sampah. Praktik ini banyak dilakukan oleh UMKM daur ulang yang mengubah sampah menjadi produk bernilai jual.

Strategi R9 (Recover) diterapkan melalui pengolahan biogas. Montag (2023) menjelaskan bahwa R9 (Recover) melibatkan konversi material menjadi sumber energi. Dalam konteks bank sampah, praktik ini masih terbatas pada pengolahan sampah organik menjadi biogas di beberapa lokasi. Potting et al. (2017) mengembangkan hierarki 9R sebagai kerangka untuk mengukur inovasi dalam rantai produk. Reike et al. (2018) menegaskan bahwa semakin rendah angka R, semakin tinggi retensi nilai dan semakin besar dampak karbon yang dihasilkan.

Integrasi Ekonomi Karbon Sirkular dan Net-Zero

Berdasarkan sintesis 15 jurnal sumber utama, integrasi ekonomi karbon sirkular dalam rantai pasok bank sampah dapat dianalisis melalui empat pilar CCE:

Tabel 5. Integrasi Ekonomi Karbon Sirkular (Berdasarkan Literatur)

Pilar CCE	Praktik di Bank Sampah	Dampak Karbon	Sumber
Reduce	Pengurangan sampah	Reduksi emisi	Purba et al. (2024)
Reuse	Penggunaan ulang	Reduksi emisi	Ikram (2025)
Recycle	Daur ulang	Substitusi bahan	Ichwan & Firmansyah (2026)
Remove	Penyerapan karbon	Net-zero	Phal et al. (2025)

Tabel 5 menunjukkan bahwa integrasi ekonomi karbon sirkular dalam rantai pasok bank sampah dapat dilakukan melalui empat pilar: Reduce, Reuse, Recycle, dan Remove. Pilar Reduce melibatkan pengurangan sampah melalui pencegahan timbulan sampah sejak awal. Purba et al. (2024) menjelaskan bahwa ekonomi karbon sirkular merupakan model bisnis yang mengintegrasikan aspek karbon dalam siklus ekonomi. Dalam konteks bank sampah, pilar Reduce dapat diwujudkan melalui kampanye pengurangan penggunaan plastik sekali pakai dan edukasi tentang pentingnya memilah sampah.

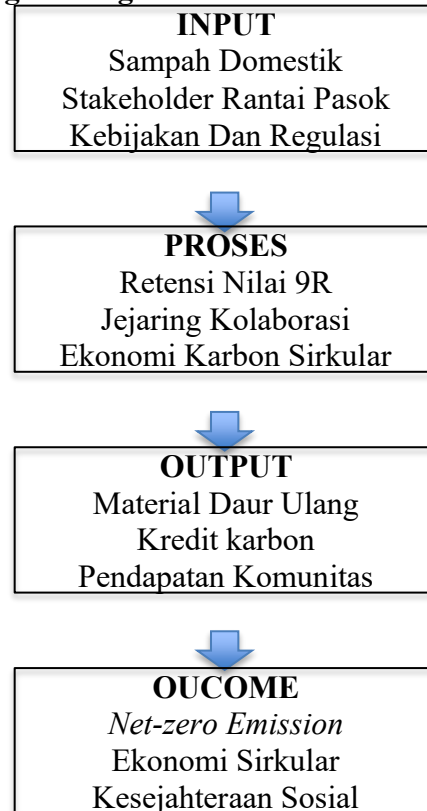
Pilar Reuse melibatkan penggunaan ulang produk yang masih layak pakai. Ikram (2025) menambahkan bahwa pendekatan net-zero circular economy berfokus pada retensi nilai sumber daya, dengan proposisi inti bahwa setiap siklus retensi sumber daya (R0–R9) menawarkan peluang untuk mengurangi atau menghilangkan emisi gas rumah kaca. Dalam konteks bank sampah, pilar Reuse dapat diwujudkan melalui sistem deposit wadah dan penggunaan kembali kemasan.

Pilar Recycle melibatkan daur ulang material untuk menghasilkan material yang sama. Ichwan & Firmansyah (2026) menemukan bahwa strategi ekonomi sirkular dapat berkontribusi pada pengurangan emisi karbon dalam kerangka ESG, terutama melalui konversi limbah menjadi energi terbarukan. Dalam konteks bank sampah, pilar Recycle dapat diwujudkan melalui daur ulang kertas, plastik, dan logam. Namun, penting untuk memastikan bahwa proses daur ulang menggunakan energi terbarukan agar manfaat iklimnya optimal.

Pilar Remove melibatkan penyerapan karbon dari atmosfer. Phal et al. (2025) menegaskan bahwa integrasi solusi berbasis alam ke dalam praktik ekonomi sirkular dapat mendukung pencapaian net-zero emission. Dalam konteks bank sampah, pilar Remove dapat diwujudkan melalui pengomposan yang menyerap karbon dalam tanah dan penanaman pohon di sekitar lokasi bank sampah. Bappenas (2024) merumuskan peta jalan dan rencana aksi ekonomi sirkular di Indonesia, yang mencakup sektor persampahan sebagai prioritas.

Kerangka Integrated Circular Carbon Economy (ICCE)

Berdasarkan sintesis 15 jurnal sumber utama, penelitian ini merumuskan kerangka Integrated Circular Carbon Economy (ICCE) sebagai berikut:

Gambar 2. Kerangka Integrated Circular Carbon Economy (ICCE)

Kerangka ICCE ini mengintegrasikan tiga dimensi utama: (1) dimensi material, yaitu retensi nilai 9R untuk mempertahankan nilai material (Potting et al., 2017; Reike et al., 2018); (2) dimensi sosial, yaitu jejaring kolaborasi antar-stakeholder (Ma'ruf et al., 2025; Warsiyah et al., 2025); dan (3) dimensi karbon, yaitu ekonomi karbon sirkular untuk reduksi emisi (Purba et al., 2024; Ikram, 2025).

Dimensi material dalam kerangka ICCE berfokus pada upaya mempertahankan nilai material selama mungkin dalam siklus ekonomi. Hal ini dilakukan melalui penerapan strategi 9R, mulai dari R0 (Refuse) hingga R9 (Recover). Setiap strategi memiliki potensi pengurangan emisi yang berbeda, dengan strategi R0–R2 (Short Loops) memberikan manfaat lingkungan terbesar karena mencegah timbulnya limbah sejak awal.

Dimensi sosial dalam kerangka ICCE berfokus pada penguatan jejaring kolaborasi antar-stakeholder. Hal ini penting karena tanpa kolaborasi yang efektif, integrasi ekonomi karbon sirkular tidak akan berjalan optimal. Kolaborasi memungkinkan berbagi sumber daya, pengetahuan, dan risiko antar-stakeholder. Dalam konteks bank sampah, kolaborasi dapat dilakukan melalui kemitraan antara bank sampah, pengepul, industri daur ulang, pemerintah, dan LSM.

Dimensi karbon dalam kerangka ICCE berfokus pada pengukuran dan pengurangan emisi karbon dari seluruh aktivitas rantai pasok. Hal ini dilakukan melalui pengembangan sistem monitoring, reporting, and verification (MRV) yang memungkinkan bank sampah untuk mengkuantifikasi kontribusi mereka terhadap pengurangan emisi. Dengan sistem MRV yang baik, bank sampah dapat mengklaim kredit karbon dan memonetisasi kontribusi iklim mereka.

Implikasi Manajerial dan Kebijakan

Berdasarkan temuan penelitian, berikut adalah rekomendasi untuk berbagai pemangku kepentingan:

Tabel 6. Rekomendasi Kebijakan

Pemangku Kepentingan	Rekomendasi	Prioritas
Pemerintah Kota	Integrasi bank sampah ke dalam inventarisasi emisi	Tinggi
Pemerintah Kota	Insentif fiskal untuk bank sampah berkinerja tinggi	Tinggi
DLH	Sistem MRV (Monitoring, Reporting, Verification) karbon	Tinggi
Bank Sampah	Digitalisasi pencatatan material & karbon	Sedang
Industri	Kemitraan jangka panjang dengan bank sampah	Sedang
Akademisi	Riset kuantifikasi emisi bank sampah	Sedang

Tabel 6 menunjukkan bahwa prioritas utama adalah integrasi bank sampah ke dalam inventarisasi emisi dan pengembangan sistem MRV karbon. Bappenas (2024) menekankan pentingnya integrasi kebijakan ekonomi sirkular dalam perencanaan pembangunan nasional. Tura et al. (2019) mengidentifikasi hambatan dan pendorong dalam bisnis sirkular, yang dapat menjadi acuan untuk mengatasi tantangan di bank sampah. Aprilianna & Pratama (2025) menemukan bahwa praktik ruang kolaborasi ekonomi sirkular pada industri tekstil di Pekalongan dapat menjadi pembelajaran untuk sektor persampahan. Ichwan & Firmansyah (2026) menambahkan bahwa integrasi ekonomi sirkular dan dekarbonisasi memerlukan pendekatan yang holistik, melibatkan semua pemangku kepentingan, dan didukung oleh sistem pengukuran yang transparan.

Integrasi bank sampah ke dalam inventarisasi emisi nasional merupakan langkah kunci untuk mengakui kontribusi sektor informal terhadap pengurangan emisi. Saat ini, inventarisasi emisi nasional umumnya hanya mencakup sektor formal, sehingga kontribusi bank sampah tidak terlihat. Padahal, dengan 183 bank sampah unit di Surabaya saja, kontribusi pengurangan emisi dari daur ulang sampah bisa signifikan. Integrasi ini memerlukan pengembangan metodologi pengukuran emisi yang sesuai dengan karakteristik bank sampah, serta penguatan kapasitas kelembagaan untuk melakukan monitoring dan verifikasi.

Pengembangan sistem MRV karbon juga menjadi prioritas tinggi. Sistem ini harus mampu melacak aliran material dari rumah tangga hingga industri daur ulang, menghitung emisi yang dihindari dari setiap tahap, dan memverifikasi klaim pengurangan emisi. Pengembangan sistem MRV ini dapat memanfaatkan teknologi digital, seperti aplikasi mobile untuk pencatatan sampah dan blockchain untuk verifikasi transaksi. Namun, penerapan teknologi ini memerlukan investasi dan pelatihan, yang mungkin sulit dilakukan oleh bank sampah skala kecil. Oleh karena itu, pemerintah dan lembaga donor perlu menyediakan dukungan teknis dan finansial.

Insentif fiskal dan non-fiskal bagi bank sampah berkinerja tinggi juga penting untuk mendorong peningkatan kinerja dan inovasi. Insentif fiskal dapat berupa pengurangan pajak atau subsidi untuk pembelian peralatan, sedangkan insentif non-fiskal dapat berupa penghargaan, akses ke pelatihan, atau prioritas dalam program pemerintah. Insentif ini harus dirancang sedemikian rupa sehingga tidak menciptakan ketergantungan, tetapi justru mendorong bank sampah untuk menjadi mandiri dan berkelanjutan.

Digitalisasi pencatatan material dan karbon di bank sampah juga perlu didorong. Saat ini, sebagian besar bank sampah masih menggunakan pencatatan manual, yang rentan terhadap kesalahan dan kehilangan data. Digitalisasi akan membantu bank sampah dalam mengelola data secara lebih efisien, mengurangi kesalahan pencatatan, dan menyediakan informasi yang dibutuhkan untuk klaim kredit karbon. Namun, digitalisasi ini memerlukan pelatihan dan pendampingan, terutama bagi bank sampah yang dikelola oleh masyarakat dengan tingkat literasi digital yang rendah.

Kemitraan jangka panjang antara bank sampah dan industri daur ulang perlu dibangun untuk menjamin pasokan bahan baku yang stabil dan berkualitas. Saat ini, hubungan antara bank sampah dan industri umumnya bersifat transaksional dan melalui pengepul. Kemitraan langsung akan mengurangi peran perantara, meningkatkan margin bagi bank sampah, dan memungkinkan bank sampah untuk menyesuaikan jenis dan kualitas sampah dengan kebutuhan industri. Untuk membangun kemitraan ini, diperlukan kepercayaan dan komitmen dari kedua belah pihak, serta fasilitasi dari pemerintah.

Riset kuantifikasi emisi bank sampah juga perlu dilakukan untuk menyediakan data yang akurat dan terverifikasi. Saat ini, sebagian besar klaim pengurangan emisi dari bank sampah bersifat estimasi dan belum diverifikasi secara independen. Riset yang mengembangkan metodologi pengukuran emisi yang sederhana, terjangkau, dan dapat diterapkan oleh bank sampah skala kecil akan sangat bermanfaat. Metode ini harus mempertimbangkan berbagai jenis sampah yang dikelola, proses pengolahan yang dilakukan, serta energi yang digunakan dalam operasional bank sampah.

Secara keseluruhan, kerangka ICCE yang diusulkan dalam penelitian ini menawarkan pendekatan yang holistik dan terintegrasi untuk mentransformasi bank sampah dari entitas ekonomi menjadi agen dekarbonisasi. Namun, implementasi kerangka ini memerlukan dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, industri, LSM, dan akademisi. Tanpa kolaborasi yang efektif, kerangka ini hanya akan menjadi konsep yang tidak terimplementasi. Oleh karena itu, penguatan kolaborasi antar-stakeholder menjadi kunci keberhasilan transisi menuju ekonomi sirkular yang berkelanjutan dan bebas karbon.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur terhadap 15 jurnal sumber utama, dapat disimpulkan bahwa rantai pasok bank sampah di Kota Surabaya terdiri atas rumah tangga, bank sampah, pengepul, dan industri daur ulang, yang bersifat reverse logistics dengan menggabungkan sektor formal dan informal. Struktur jejaring kolaborasi antar-stakeholder masih terfragmentasi, dengan pengepul dan Dinas Lingkungan Hidup sebagai aktor sentral, sementara kolaborasi antar-bank sampah masih lemah dan terdapat celah struktural antara bank sampah dan industri daur ulang. Praktik retensi nilai 9R yang dominan adalah R3 (Reuse) dan R8 (Recycle), sedangkan R0–R2 (Refuse, Rethink, Reduce) masih minim, menunjukkan bahwa bank sampah masih berfokus pada pengelolaan sampah daripada pencegahan. Integrasi ekonomi karbon sirkular berpotensi menghasilkan reduksi emisi dan kredit karbon, tetapi terkendala oleh lemahnya mekanisme monitoring, reporting, and verification (MRV) serta keterbatasan kapasitas kelembagaan. Kerangka Integrated Circular Carbon Economy (ICCE) yang dirumuskan dalam penelitian ini menawarkan sintesis integrasi ekonomi karbon sirkular dalam rantai pasok bank sampah untuk mendukung strategi net-zero.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian empiris di lapangan dengan wawancara dan observasi langsung untuk memverifikasi temuan literatur, serta menggunakan Social Network Analysis (SNA) berbasis data primer untuk memetakan jejaring kolaborasi secara lebih presisi. Pengembangan metodologi untuk mengukur reduksi

emisi bank sampah secara kuantitatif juga perlu dilakukan, mengingat saat ini sebagian besar bank sampah belum memiliki sistem pencatatan karbon yang memadai. Studi komparatif antar-kota dan penelitian longitudinal sangat dianjurkan untuk mengidentifikasi faktor keberhasilan integrasi ekonomi karbon sirkular dan memantau perkembangannya dalam jangka panjang. Bagi praktisi, bank sampah disarankan untuk meningkatkan pencatatan material dan karbon secara digital, pemerintah perlu mengembangkan sistem MRV karbon yang terintegrasi dengan inventarisasi emisi nasional, industri perlu membangun kemitraan jangka panjang dengan bank sampah, dan LSM dapat memfasilitasi kolaborasi antar-bank sampah. Bagi pembuat kebijakan, prioritas utama adalah mengintegrasikan bank sampah ke dalam kebijakan iklim dan pembangunan daerah, memberikan insentif fiskal dan non-fiskal bagi bank sampah berkinerja tinggi, memperkuat kapasitas pengelola bank sampah dalam akuntansi karbon dan digitalisasi, serta menyusun regulasi yang mendukung perdagangan kredit karbon dari sektor persampahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andina, E. (2019). The analysis of waste sorting behavior in Surabaya. *Jurnal Aspirasi*, 10(2), 119-138.
- Aprilianna, Y., & Pratama, I. P. Praktik Ruang Kolaborasi Ekonomi Sirkular pada Kasus Industri Tekstil di Kota Pekalongan. *Jurnal Dinamika Ekonomi Pembangunan*, 8, 213-235.
- Bappenas. (2024). *Peta Jalan dan Rencana Aksi Ekonomi Sirkular di Indonesia*. Kementerian PPN/Bappenas.
- Cano, J. A., Londoño-Pineda, A., Campo, E. A., Gruchmann, T., & Weyers, S. (2025). Circular supply chain management assessment: a systematic literature review. *Environments*, 12(10), 374.
- Hadi, W., & Saputra, M. (2026). Pengelolaan Sampah Berbasis Komunitas dan Potensi Perlindungan Hutan Tidak Langsung: Studi Kasus Pada Rentang Waktu Tertentu dari Bank Sampah Urban Dewan, Indonesia: Community Based Waste Management and Potential Indirect Forest Protection: A Time Series Case Study from Bank Sampah Urban Dewan, Indonesia. *Jurnal Silva Tropika*, 10(1), 85-101.
- Ichwan, P. C., & Firmansyah, A. (2026). Circular Economy and Carbon Emission Reduction Strategies within The ESG Framework: A Case Study of PTPN IV PalmCo. *Journal of Business, Social and Technology*, 7(3), 1361-1377.
- Ikram, M. (2026). Redesigning the Value Chain: A Net-Zero Circular Economy Approach to Resource Retention. *Business Strategy and the Environment*.
- Purwaningsih, D., Budiasih, K. S., MR, M. I. F., Indriyani, H. K., & Hikam, W. M. M. (2026). Pemberdayaan masyarakat melalui pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular dan produksi ecoenzyme di Nanggulan, Kulon Progo. *Jurnal Pengabdian Masyarakat MIPA dan Pendidikan MIPA*, 10(1).
- Larasati, A. F., & Santoso, E. B. (2023). Jaringan pengelolaan sampah rumah tangga sebagai bentuk transisi ekonomi sirkular di Kota Surabaya. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(1), 248-257.
- Ma'ruf, M. F., Muzaqi, A. H., & Ramadhani, G. T. (2025). Polycentric Collaborative Governance and Circular Economy in Urban Waste Systems: Public Value Co-Creation Through CSR–Community Partnerships in Surabaya, Indonesia. *Jurnal Perencanaan Pembangunan*, 9(3). <https://journal.bappenas.go.id/index.php/jpp/article/view/781>
- Mekaniwati, A., Munawar, A., Rainanto, B. H., & Maulina, D. (2026). CIRCULAR ECONOMY IN INDONESIAN MSMES: A QUALITATIVE STUDY ON THE ROLE OF ECO-INNOVATION AND SUSTAINABLE SUPPLY CHAINS. *Journal of*

- Application Business & Management/Jurnal Aplikasi Bisnis dan Manajemen*, 12(1), 352.
- Montag, L. (2022). Circular economy and supply chains.
- Phal, R., Sasaki, N., Tsusaka, T. W., Abe, I., & Winijkul, E. (2025). Integrating Nature-Based solutions into circular economy practices: a case study on achieving Net-Zero emissions at the Asian institute of technology. *Environments*, 12(3), 90.
- Potting, J., Hekkert, M. P., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). Circular economy: measuring innovation in the product chain.
- Purba, B., Kaban, N. S. B., Hutahae, R. P., Zandroto, T. R., & Dirham, I. N. (2024). Konsep Ekonomi Sirkular Model Circular Bisnis Circular dan Ekonomi Karbon Sirkular. *Economic Reviews Journal*, 3(3), 2029-2034.
- Purwaningsih, D., Budiasih, K. S., MR, M. I. F., Indriyani, H. K., & Hikam, W. M. M. (2026). Pemberdayaan masyarakat melalui pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular dan produksi ecoenzyme di Nanggulan, Kulon Progo. *Jurnal Pengabdian Masyarakat MIPA dan Pendidikan MIPA*, 10(1).
- Reike, D., Vermeulen, W. J., & Witjes, S. (2018). The circular economy: new or refurbished as CE 3.0?—exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, conservation and recycling*, 135, 246-264.
- Samadikun, B. P., Rezagama, A., Ramadan, B. S., Andarani, P., & Rumanti, E. D. (2020). Understanding informal actors of plastic waste recycling in Semarang City. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 162-170.
- Satori, M., Aviasti, A., Amaranti, R., Shofia, N., Utami, R. P., & Faikar, F. A. (2020, February). The role of the informal sector of waste management. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1469, No. 1, p. 012121). IOP Publishing.
- Tura, N., Hanski, J., Ahola, T., Ståhle, M., Piiparinen, S., & Valkokari, P. (2019). Unlocking circular business: A framework of barriers and drivers. *Journal of cleaner production*, 212, 90-98.
- Widyati, S., Meidiana, C., & Sari, K. E. (2022). Efektivitas dan efisiensi bank sampah induk Surabaya. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)*, 11(2), 41-48.
- Yusriana, Y., Jaya, R., & Sembiring, M. T. (2023). Ekonomi sirkular pada manajemen rantai pasok agroindustri: Konseptual dan rancangan implementasi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 33(2), 196-205.