



# Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Berbasis *Circular Economy* di Tingkat Desa: Pendekatan Sistem Dinamik

*Circular Economy-based Household Waste Management on Village Level: System Dynamic Approach*

## Kastana Sapanli<sup>1</sup>

Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

## Fikri Aldi Dwi Putro

Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

## Surya Dwi Arifin

Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

## Aditya Handoyo Putra

Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

## Hasna Azizka Andamari

Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

## Ulvia Anggraini

Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

Artikel Masuk : 19 Oktober 2022

Artikel Diterima : 1 Januari 2023

Tersedia Online : 31 Agustus 2023

**Abstrak:** Peningkatan timbulan sampah memerlukan pengelolaan secara komprehensif dan efisien. Akan tetapi, mayoritas pengelolaan sampah di Indonesia masih menggunakan pendekatan akhir (*end-to-pipe*) dan sistem *open dumping* sehingga menimbulkan pencemaran. Konsep *circular economy* dapat menjadi solusi dalam pengelolaan sampah rumah tangga yang sejalan dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin 1.1, 8.1, dan 12.5. Riset ini

<sup>1</sup> Korespondensi Penulis: Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor Indonesia  
Email: [kastana@apps.ipb.ac.id](mailto:kastana@apps.ipb.ac.id)

bertujuan untuk (1) mengidentifikasi bentuk pengelolaan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng; (2) menganalisis skenario pengelolaan sampah rumah tangga berbasis *circular economy* yang optimal di Desa Cibanteng; (3) menyusun rekomendasi kebijakan pengelolaan sampah rumah tangga berbasis *circular economy* yang berkelanjutan di Desa Cibanteng. Analisis deskriptif dan model sistem dinamik digunakan untuk menjawab ketiga tujuan tersebut. Hasil riset mengungkap bahwa mayoritas rumah tangga di Desa Cibanteng belum melakukan kegiatan pengelolaan sampah rumah tangga secara lebih lanjut. Hasil simulasi model sistem dinamik antarskenario menunjukkan bahwa skenario optimis dengan jumlah sampah terkelola mencapai 70 persen dapat menghasilkan rata-rata pertambahan timbulan sampah rumah tangga terendah (653,1 ton/tahun), rata-rata pengurangan beban emisi tertinggi (-39,4 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun), dan rata-rata tambahan pendapatan rumah tangga tertinggi (Rp2.264.031/KK/bulan) selama tahun simulasi 2022-2030. Skenario kebijakan pengelolaan sampah rumah tangga berbasis *circular economy* yang dipilih adalah skenario optimis dengan dua rekomendasi kebijakan agar skenario optimis tersebut dapat tercapai dan berkelanjutan yaitu peningkatan kapasitas masyarakat dan kelembagaan di Desa Cibanteng serta pengembangan pasar terkait kegiatan beserta produk hasil kelola sampah di Desa Cibanteng.

**Kata Kunci:** *circular economy*, sistem dinamik, skenario, timbulan sampah

**Abstract:** *Increased waste generation needs comprehensive and efficient management. However, most waste management in Indonesia still uses the end-to-pipe approach and open dumping system that generates pollution. The circular economy concept can be a solution in household waste management that aligns with Sustainable Development Goals (SDGs) points 1.1, 8.1, and 12.5. This research aims to (1) identify household waste management form in Cibanteng Village; (2) analyze the optimal scenario of circular economy-based household waste management in Cibanteng Village; (3) formulate policy recommendations for sustainable circular economy-based household waste management in Cibanteng Village. Descriptive analysis and system dynamic model were used in answering those objectives. The results show that most of the households in Cibanteng Village have not implemented further household waste management. The dynamic system model simulation result among scenarios showed that the optimist scenario with 70 percent waste being managed can generate the lowest average increase in household waste generation (653,1 ton/year), the highest average decrease in emission load (-39,4 tons CO<sub>2</sub>-eq/year), and the highest average household additional income (Rp2.264.031/ householder/month) during simulation years 2022-2030. The chosen policy scenario on circular economy-based household waste management is the optimist scenario with two policy recommendations so that the optimist scenario can be achieved and sustainable i.e., enhancing the capacity of the community and institutions in Cibanteng Village and promoting the activities and waste-recycled products market in Cibanteng Village.*

**Keywords:** *circular economy, scenario, system dynamic, waste generation*

## Pendahuluan

Rumah tangga menjadi sumber penghasil timbulan sampah terbesar di Indonesia pada tahun 2021 yaitu sebesar 1,6 juta ton (40,8%) (SIPSN, 2021). Besarnya timbulan sampah yang dihasilkan rumah tangga setiap tahunnya menyebabkan kegiatan pengelolaan sampah menjadi penting untuk dilakukan. Meskipun demikian, pengelolaan sampah rumah tangga menjadi kompleks karena dipengaruhi oleh beberapa aspek seperti teknis, kelembagaan, peraturan, pendanaan, hingga partisipasi masyarakat (Damanhuri & Padi, 2019). Selain itu,

pengelolaan sampah juga semakin dinamis karena peningkatan jumlah penduduk yang berkonsekuensi pada bertambahnya jumlah timbulan sampah (Khairunisa & Safitri, 2020).

Tantangan terbesar sistem pengelolaan sampah di Indonesia saat ini yaitu sistem pengelolaan yang masih belum sesuai dengan prinsip *circular economy*. Pengelolaan sampah di Indonesia umumnya menggunakan kerangka pikir lama yaitu metode pendekatan akhir atau *end-to-pipe* (Darmawan et al., 2020; Nurjanah, 2020). Selain itu, sebagian besar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang beroperasi di Indonesia (80,6%) masih menggunakan sistem *open dumping* yang berdampak pada penurunan kualitas air, udara, dan tanah di sekitar TPA (Prajawita et al., 2020).

Konsep *circular economy* dapat menjadi solusi permasalahan sampah dengan menerapkan pola konsumsi bertanggung jawab dan berkelanjutan (Bappenas, 2021). Konsep *circular economy* dapat diterapkan melalui skema 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) dan skema PaaS (*Product as a Service*) yang sesuai dengan capaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin 12.5, *responsible consumption and production* (Dantas et al., 2021). Selain itu, pengelolaan sampah berbasis *circular economy* juga berpotensi menghasilkan tambahan pendapatan bagi rumah tangga sehingga dapat berkontribusi dalam meningkatkan kesejahteraan rumah tangga dan turut mendukung pencapaian SDGs poin 1.1, *no poverty* dan poin 8.1, *decent work and economic growth* (Elsheekh et al., 2021).

Timbulan sampah di Kampung Kebon Kopi, Desa Cibanteng dalam setahun diestimasi sebesar 1.010,2 kg/RT dengan rincian 965,7 kg/RT sampah organik dan 44,5 kg/RT sampah anorganik (Bintoro, 2022; Melati, 2022). Mayoritas masyarakat di Desa Cibanteng mengelola sampah yang dihasilkan dengan cara dibuang ke TPS (50,1%) dan dibakar (40,1%) (LPPM IPB, 2020). Selain itu, berdasarkan hasil tinjauan lapang, inisiasi kegiatan pengelolaan sampah rumah tangga berbasis *circular economy* telah dicoba dengan melibatkan 64 Kepala Keluarga (KK), namun hanya 8 KK saja yang tetap melanjutkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem pengelolaan sampah rumah tangga dengan konsep *circular economy* di Desa Cibanteng masih belum optimal dan berkelanjutan.

Model sistem dinamik dirancang untuk menganalisis faktor yang memengaruhi sistem kelola sampah rumah tangga di Desa Cibanteng secara intertemporal sehingga dapat ditemukan sistem kelola sampah terbaik yang dapat mendukung target nasional pada Peraturan Presiden No. 97 tahun 2017 dan target capaian SDGs di tahun 2030. Oleh karena itu, tujuan dari riset ini, antara lain (1) mengidentifikasi bentuk pengelolaan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng; (2) menganalisis skenario pengelolaan sampah rumah tangga berbasis *circular economy* yang optimal di Desa Cibanteng; (3) menyusun rekomendasi kebijakan pengelolaan sampah rumah tangga berbasis *circular economy* yang berkelanjutan di Desa Cibanteng.

## Metode Penelitian

### *Waktu dan Lokasi Riset*

Kegiatan riset dilaksanakan sejak bulan Juni hingga September 2022. Lokasi riset difokuskan di Desa Cibanteng, Ciampea, Bogor, Jawa Barat dengan peta lokasi riset dapat dilihat pada Gambar 1. Lokasi riset dipilih secara *purposive* dengan pertimbangan bahwa belum terdapat sistem pengelolaan sampah rumah tangga berwawasan lingkungan yang berkelanjutan di Desa Cibanteng (Bintoro, 2022; Melati 2022).



Sumber: LPPM IPB, 2020

**Gambar 1. Peta Lokasi Riset**

### *Metode Pengumpulan Data*

Terdapat dua jenis data yang dipakai dalam riset, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil wawancara mendalam dan pengisian kuesioner secara luring. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari 17 jurnal internasional dan 11 jurnal nasional yang dipublikasikan dalam lima tahun terakhir dengan metode *literature review*.

Teknik penarikan sampel riset memakai metode *purposive sampling*. Terdapat beberapa kriteria responden yang telah ditentukan, yaitu berdomisili di Desa Cibanteng, berusia 20 tahun ke atas, sudah menikah, dan mengetahui perilaku konsumsi rumah tangganya. Perhitungan jumlah sampel diadaptasi dari perhitungan SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan (BSN, 1994) dan didapatkan sampel sebanyak 8 KK dengan pengambilan data selama 8 hari sehingga jumlah sampel pada riset ini sebanyak 64 sampel (Candrianto et al., 2019; Khair et al., 2019; Suciutami et al., 2022). Detail perhitungan jumlah sampel riset dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Perhitungan Jumlah Sampel Riset Adaptasi SNI 19-3964-1994**

Jumlah Sampel (Jiwa)		Jumlah Sampel (KK)	
$S = C_d \sqrt{P_s}$	(1)	$K = \frac{S}{N}$	(4)
Keterangan:		Keterangan:	
S	: Jumlah sampel (jiwa)	K	: Jumlah sampel (KK)
$C_d$	: Koefisien perumahan (1 = metropolitan besar, 0,5 = kota sedang dan kecil)	N	: Jumlah jiwa per keluarga
$P_s$	: Populasi (jiwa)	$K = \frac{42}{5}$	(5)
		$K = 8 \text{ KK}$	(6)
$S = 0.5 \sqrt{7.076}$	(2)	Pengambilan data selama 8 hari sehingga	
$S = 42 \text{ jiwa}$	(3)	jumlah sampel riset sebanyak 64 sampel	

Sumber: BSN, 1994

Selain itu, penentuan informan wawancara mendalam dipilih secara *purposive* yang terdiri atas tiga orang informan kunci, yaitu tokoh masyarakat desa, Ketua Badan Usaha Milik Desa “Barokah” Desa Cibanteng, dan Kepala Desa Cibanteng. Informan kunci dipilih dengan pertimbangan memahami kondisi lapang dan terlibat dalam pengelolaan sampah rumah tangga secara langsung.

### Metode Analisis Data

Kajian model pengelolaan sampah di tingkat rumah tangga dalam lingkup desa belum banyak dilakukan. Keunggulan dalam riset ini adalah ruang lingkup kajian yang lebih mikro sehingga mampu menggambarkan pengelolaan sampah secara lebih terperinci.

### Metode Analisis Deskriptif Kualitatif dan Statistik Deskriptif

Analisis deskriptif kualitatif dan statistik deskriptif dipakai dalam mengidentifikasi model pengelolaan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng saat ini dan menyusun rekomendasi kebijakan pengelolaan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng berbasis *circular economy* berdasarkan hasil simulasi model antar skenario yang optimal serta strategi implementasi yang diajukan. Tujuan riset 1 memiliki tahapan pelaksanaan yaitu mengumpulkan data terkait bentuk kelola sampah rumah tangga di Desa Cibanteng dan mendeskripsikan hasil data. Tujuan riset 3 memiliki tahapan pelaksanaan yaitu memilih skenario optimal dari hasil simulasi model antar skenario, mendeskripsikan skenario sebagai rekomendasi kebijakan yang dipilih, dan menjelaskan strategi implementasi yang diajukan.

### Sistem Dinamik

Sistem dinamik merupakan metode yang digunakan dalam menganalisis struktur dan dinamika kerja suatu sistem serta memprediksi kinerja sistem di masa depan untuk menentukan skenario kebijakan yang efektif (Artika & Chaerul, 2020). Selain itu, sistem dinamik juga dapat diaplikasikan dalam menyusun perencanaan berkelanjutan serta persoalan terkait manfaat dan biaya pengelolaan sumber daya (Hénault-Ethier et al., 2017).

Proses penyusunan model pada sistem dinamik dimulai dengan konseptualisasi sistem kelola sampah rumah tangga di Desa Cibanteng dalam bentuk *causal loop diagram* dengan perangkat lunak Vensim PLE 9 dan menentukan beberapa skenario alternatif kebijakan. Kemudian, menyusun struktur model dalam *stock flow diagram* dan menyimulasikan skenario yang telah ditentukan dengan perangkat lunak Powersim Studio 10 serta melakukan uji validitas hasil simulasi model dengan menghitung nilai *mean comparison* ( $E1$ ) dan *variance comparison* ( $E2$ ) dengan persamaan yang dapat dilihat pada Tabel 2. Lalu, menganalisis hasil simulasi model untuk memilih skenario alternatif kebijakan pengelolaan sampah rumah tangga terbaik sebagai rekomendasi kebijakan.

**Tabel 2. Metode Uji Validitas Hasil Simulasi Model**

<i>Mean Comparison (E1)</i>	<i>Variance Comparison (E2)</i>
$E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$	$E2 = \frac{ S_S - S_A }{S_A}$
Keterangan:	Keterangan:
$\bar{S}$ = Rata-rata data simulasi	$S_S$ = Simpangan baku data simulasi
$\bar{A}$ = Rata-rata data riil	$S_A$ = Simpangan baku data riil
Hasil simulasi model valid jika $E1 < 5\%$	Hasil simulasi model valid jika $E2 < 30\%$

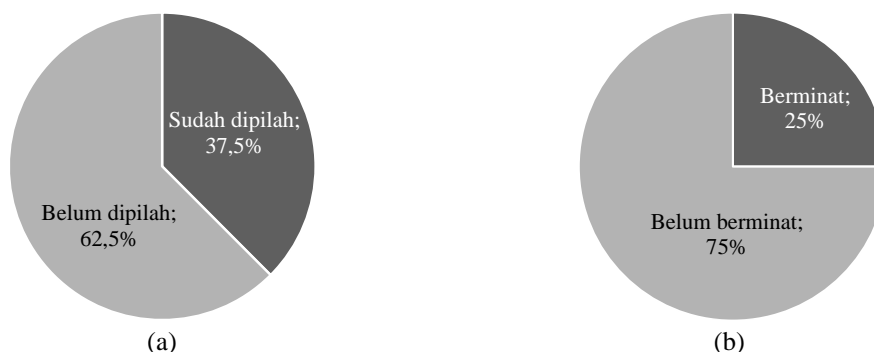
Sumber: Barlas, 1989

Dalam riset ini, terdapat tiga skenario alternatif bentuk pengelolaan sampah rumah tangga yang disusun yaitu (1) skenario *Business as Usual* (BaU) dengan jumlah sampah organik terkelola sebesar 28 persen dan sampah anorganik terkelola sebesar 48 persen; (2) skenario moderat dengan jumlah sampah organik dan anorganik terkelola mencapai 50 persen; (3) skenario optimis dengan jumlah sampah organik dan anorganik terkelola mencapai 70 persen berdasarkan target kelola sampah nasional pada Peraturan Presiden No. 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.

## Hasil dan Pembahasan

### *Bentuk Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Desa Cibanteng*

Berdasarkan hasil data lapang yang diperoleh melalui kuesioner, mayoritas rumah tangga di Desa Cibanteng (62,5%) belum melakukan kegiatan pemilahan sampah (Gambar 2a). Salah satu alasan dominan adalah rumah tangga hanya bersedia untuk melakukan kegiatan kelola sampah ketika ada mahasiswa yang datang untuk membimbing dan ketika program tersebut usai maka kegiatan kelola sampah oleh rumah tangga tersebut berakhir. Selain itu, rumah tangga masih bingung untuk memilah jenis sampah organik dan anorganik yang belum pernah disosialisasikan kepada rumah tangga. Di sisi lain, mayoritas rumah tangga (75%) juga belum berminat mengelola sampah rumah tangga yang dihasilkan karena belum terdapat kebijakan resmi yang dikeluarkan oleh Pemerintah Desa Cibanteng terkait pengelolaan sampah rumah tangga (Gambar 2b).



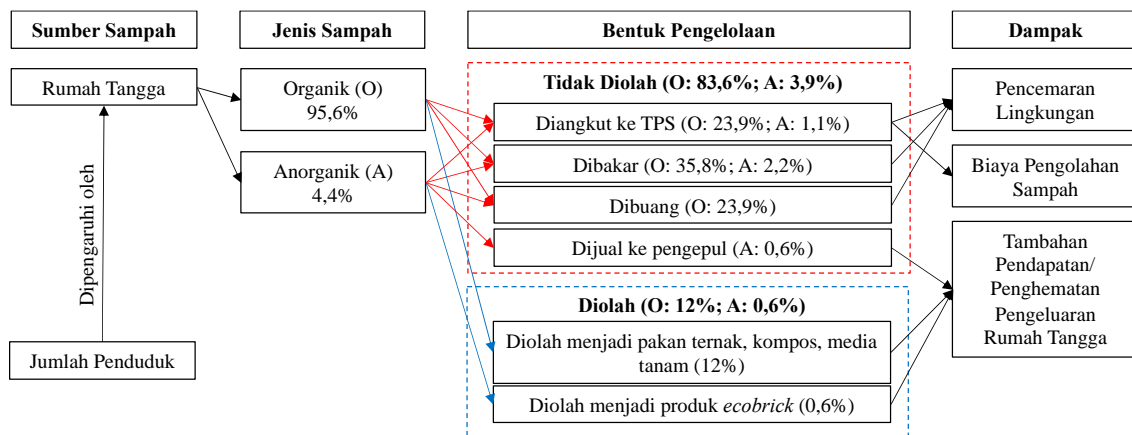
**Gambar 2. Karakteristik Kelola Sampah Rumah Tangga Desa Cibanteng: a) Pemilahan Sampah Rumah Tangga; b) Keberadaan Kebijakan Terkait Kelola Sampah Desa**

Pola pengelolaan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng saat ini (kondisi *Business as Usual*) menunjukkan bahwa mayoritas rumah tangga belum mengolah sampah secara lebih lanjut yang ditunjukkan dengan persentase timbulan sampah rumah tangga tidak diolah yang terdiri atas sampah organik (83,6%) dan sampah anorganik (3,9%). Akan tetapi, terdapat beberapa rumah tangga yang sudah mengolah sampah yang dihasilkan sehingga dapat menambah pendapatan dan/atau menghemat pengeluaran dari rumah tangga (Gambar 3).

Secara umum, rumah tangga di Desa Cibanteng cenderung memilih untuk membakar sampah yang dihasilkan karena sistem pengangkutan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng ke TPS masih mengalami beberapa kendala seperti rumah tangga yang enggan

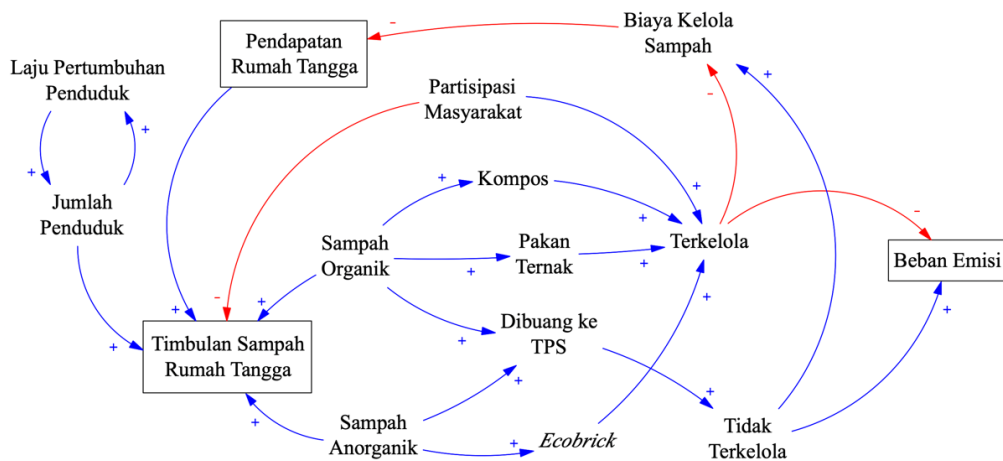
membayar iuran retribusi, ketiadaan kepengurusan yang jelas, dan akses jalan terlalu sempit untuk dilewati truk pengangkut sampah (Bintoro, 2022; Melati, 2022).

Tingginya persentase bentuk kelola sampah yang tidak diolah secara lebih lanjut menunjukkan partisipasi rumah tangga untuk mengelola sampah yang dihasilkan masih rendah. Rendahnya partisipasi masyarakat dalam kelola sampah rumah tangga dapat disebabkan oleh kondisi sosial, ekonomi, dan pengetahuan rumah tangga, pola pikir masyarakat bahwa permasalahan sampah seharusnya ditangani oleh pemerintah, lemahnya koordinasi antarlembaga terkait, rendahnya inisiasi pelibatan rumah tangga secara langsung, dukungan anggota keluarga, dan ketersediaan sarana-prasarana kelola sampah rumah tangga (Solihin et al., 2019; Saptanno et al., 2022).



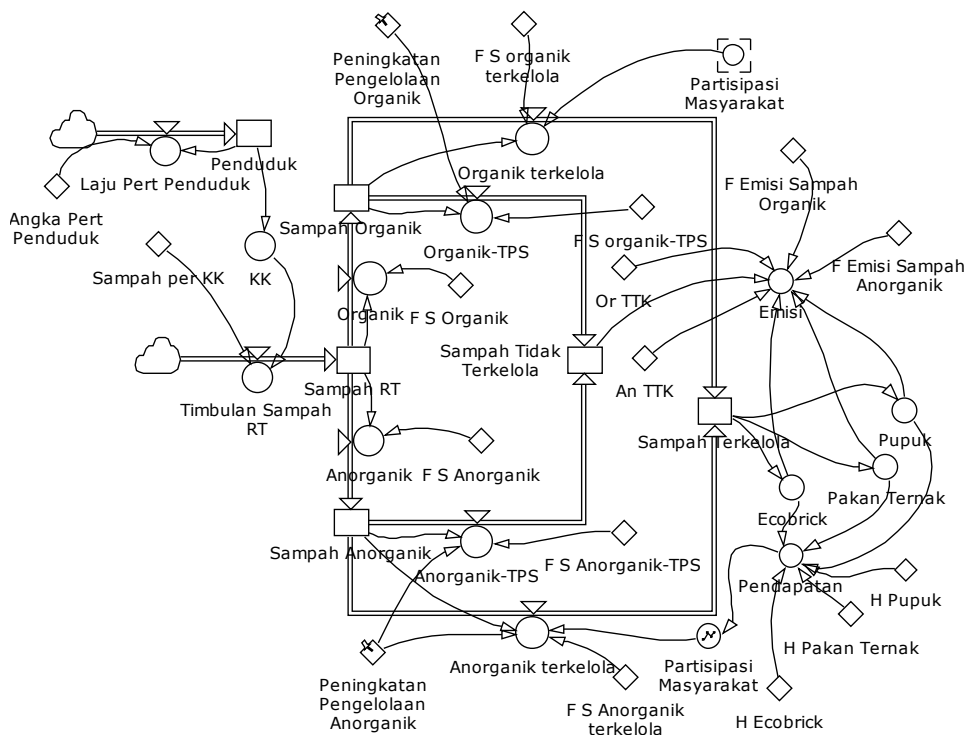
**Gambar 3. Pola Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Desa Cibanteng**

Hubungan antarvariabel penyusun model pengelolaan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng ditunjukkan melalui *causal loop diagram* (Gambar 4). Jumlah timbulan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng dipengaruhi oleh jumlah penduduk Desa Cibanteng, pendapatan rumah tangga, dan jumlah sampah organik serta anorganik. Sampah organik dan anorganik yang tidak terkelola dapat meningkatkan beban emisi gas rumah kaca (GRK) dan biaya pengelolaan sampah sehingga menurunkan pendapatan rumah tangga. Sementara itu, sampah organik dan anorganik yang terkelola dapat menurunkan beban emisi gas rumah kaca (GRK) dan biaya pengelolaan sampah sehingga meningkatkan pendapatan rumah tangga melalui penjualan hasil produk olahan sampah.



**Gambar 4. Causal Loop Diagram Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Desa Cibanteng**

*Stock flow diagram* (Gambar 5) menggambarkan faktor-faktor yang memengaruhi jumlah timbulan sampah. Timbulan sampah dipengaruhi oleh laju timbulan sampah rumah tangga dan pertumbuhan penduduk. Selanjutnya, jenis timbulan sampah rumah tangga dipisahkan menjadi dua jenis sampah yaitu organik dan anorganik, lalu kedua jenis sampah tersebut dipisahkan menjadi terkelola dan tidak terkelola. Hasil yang didapatkan dari *stock flow diagram* adalah jumlah timbulan sampah yang tidak terkelola, beban emisi, dan tambahan pendapatan rumah tangga. Kemudian, pendapatan rumah tangga dikonversi menjadi lapangan pekerjaan yang tercipta dari kegiatan kelola sampah.



**Gambar 5. Stock flow diagram pengelolaan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng**

Sementara itu, uji validitas hasil simulasi model menggunakan data variabel jumlah penduduk Desa Cibanteng tahun 2018 hingga 2021 pada kondisi skenario *Business as Usual*. Tidak semua variabel dilakukan proses uji validitas karena keterbatasan data historis di lapang. Hasil uji validitas menunjukkan bahwa hasil simulasi dari model pengelolaan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng sudah valid ditunjukkan dengan nilai *mean comparison* ( $E1$ ) sebesar 0,1 persen ( $< 5\%$ ) dan *variance comparison* ( $E2$ ) sebesar 23,1 persen ( $< 30\%$ ).

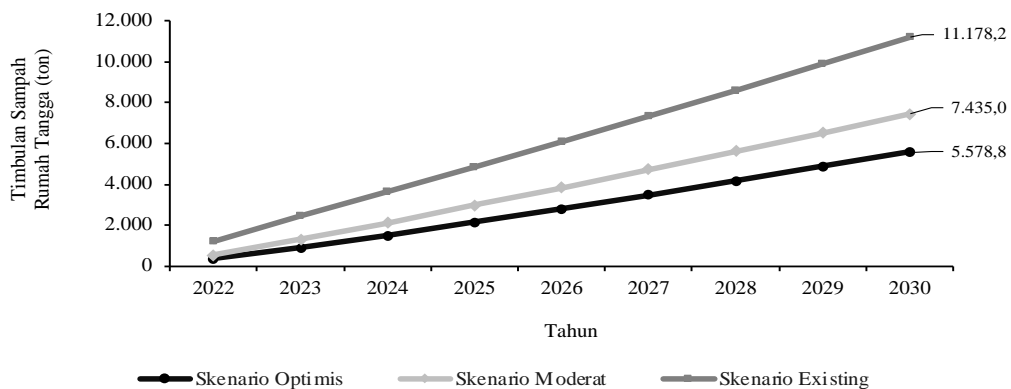
**Skenario Optimal Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Berbasis Circular Economy di Desa Cibanteng**

Hasil perbandingan simulasi antar skenario (Gambar 6) menunjukkan bahwa timbulan sampah yang dihasilkan rumah tangga akan tetap meningkat selama tahun simulasi (2022-2030) pada ketiga skenario pengelolaan sampah rumah tangga. Peningkatan timbulan



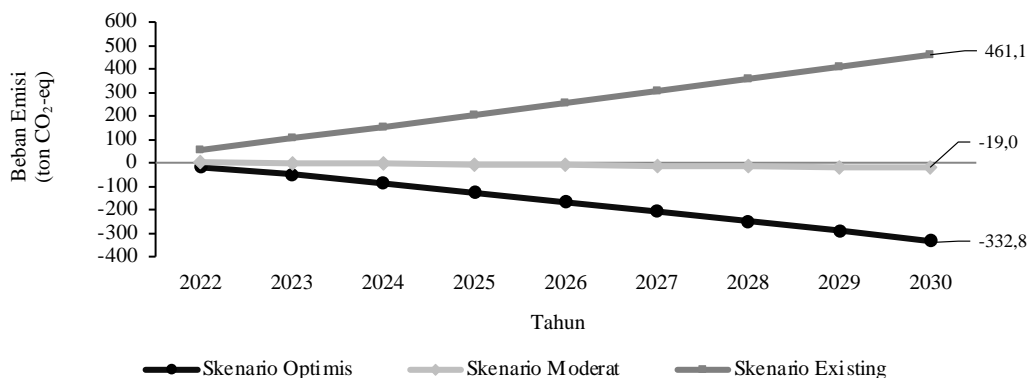
sampah rumah tangga pada hasil simulasi dapat disebabkan akibat peningkatan jumlah penduduk dan pola konsumsi penduduk semakin konsumtif (Artika & Chaerul, 2020).

Meskipun demikian, skenario optimis memiliki rata-rata pertambahan jumlah timbulan sampah rumah tangga terendah yaitu sebesar 653,1 ton/tahun. Hasil estimasi dengan skenario optimis tersebut 48 persen lebih rendah dibandingkan rata-rata pertambahan jumlah timbulan sampah rumah tangga dengan skenario *Business as Usual* (1.249,1 ton/tahun). Selain itu, jumlah timbulan sampah rumah tangga pada tahun akhir simulasi yaitu tahun 2030 sebesar 5.578,8 ton. Hal tersebut sesuai dengan riset Retnowati et al. (2021) bahwa jumlah timbulan sampah rumah tangga menurun secara signifikan ketika dilakukan pengelolaan sampah organik dan sampah anorganik.



**Gambar 6. Perbandingan hasil simulasi timbulan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng**

Hasil perbandingan simulasi antar skenario (Gambar 7) juga menunjukkan bahwa skenario optimis memiliki rata-rata pengurangan jumlah beban emisi dari sampah rumah tangga terbesar yaitu sebesar -39,4 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun. Selain itu, estimasi jumlah beban emisi dari sampah rumah tangga pada tahun akhir simulasi yaitu tahun 2030 sebesar -332,8 ton CO<sub>2</sub>-eq. Hal tersebut sesuai dengan riset terdahulu yaitu pengelolaan sampah rumah tangga, salah satunya menjadi produk kompos, dapat menurunkan emisi karbon dengan cukup signifikan (Yaman et al., 2020; Retnowati et al., 2021). Selain itu, studi di Malaysia menunjukkan bahwa peningkatan kegiatan pengelolaan sampah dalam bentuk pemisahan sampah berdasarkan jenisnya sebesar 30 persen hingga 90 persen dapat menurunkan beban emisi dan biaya pengelolaan sampah rumah tangga (Ooi et al., 2021).

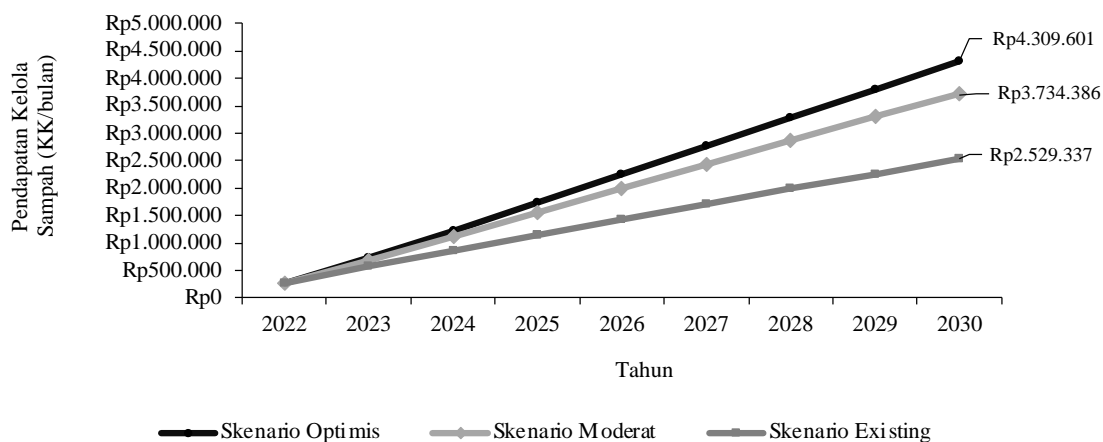


**Gambar 7. Perbandingan Hasil Simulasi Beban Emisi dari Kegiatan Kelola Sampah Rumah Tangga di Desa Cibanteng**

Penurunan beban emisi dari sampah rumah tangga dapat dicapai dengan mengimplementasikan kegiatan manajemen pengelolaan sampah rumah tangga secara ketat (Vázquez-Rowe et al., 2021). Selain itu, pengelolaan sampah rumah tangga tidak hanya dapat mengurangi beban emisi, tetapi juga berpotensi menjadi sumber energi listrik bagi rumah tangga dengan inovasi teknologi dan sekaligus dapat menjadi bentuk penerapan *circular economy* di tingkat rumah tangga (Malinauskaite et al., 2017; Ayodele et al., 2018).

Berdasarkan Undang-Undang No. 7 Tahun 2021 tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan, besaran nilai pajak karbon di Indonesia sebesar Rp30/kg CO<sub>2</sub>-eq. Apabila dikonversikan dalam bentuk moneter berdasarkan pada besaran pajak karbon di Indonesia tersebut, skenario optimis berpotensi memberikan penerimaan bagi Pemerintah Desa Cibanteng melalui kegiatan pengelolaan sampah rumah tangga senilai Rp5.073.000/tahun.

Hasil perbandingan simulasi antar skenario (Gambar 8) juga menunjukkan bahwa skenario optimis dapat menghasilkan rata-rata tambahan pendapatan bagi rumah tangga tertinggi yaitu sebesar Rp2.264.031/KK/bulan. Pendapatan dari kegiatan pengelolaan sampah rumah tangga tersebut dapat menjadi tambahan pendapatan bagi rumah tangga yang setara dengan 53,7 persen dari upah minimum Kabupaten Bogor, yaitu sebesar Rp4.217.206/bulan (Pemerintah Provinsi Jawa Barat, 2021). Tambahan pendapatan dari pengelolaan sampah rumah tangga tersebut dapat menjadi insentif untuk meningkatkan partisipasi rumah tangga dalam mengelola sampah yang dihasilkan sehingga jumlah sampah yang terkelola semakin bertambah (Kurniawan et al., 2021).



**Gambar 8. Perbandingan Hasil Simulasi Pendapatan dari Hasil Kelola Sampah Rumah Tangga di Desa Cibanteng**

Selain itu, kegiatan kelola sampah rumah tangga dengan skenario optimis juga dapat menciptakan lapangan pekerjaan sekitar 134 tenaga kerja ditinjau dari rata-rata hasil simulasi pendapatan dari kegiatan pengelolaan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng. Riset Liu et al. (2020) menunjukkan bahwa setiap peningkatan kelola sampah sebesar satu persen dapat meningkatkan penyerapan tenaga kerja sebanyak 0,4 persen.

#### ***Rekomendasi Kebijakan Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Desa Cibanteng***

Skenario kebijakan pengelolaan sampah rumah tangga secara berkelanjutan berbasis *circular economy* paling optimal berdasarkan hasil simulasi guna mewujudkan *sustainable*

*consumption and production* di Desa Cibanteng adalah skenario optimis (Tabel 3). Terdapat dua rekomendasi kebijakan pengelolaan sampah rumah tangga secara berkelanjutan berbasis *circular economy* sehingga skenario optimis tersebut dapat tercapai yaitu peningkatan kapasitas masyarakat dan kelembagaan di Desa Cibanteng serta pengembangan pasar terkait kegiatan beserta produk hasil kelola sampah rumah tangga di Desa Cibanteng.

**Tabel 3. Perbandingan Hasil Simulasi Antar Skenario Pengelolaan Sampah di Desa Cibanteng**

Variabel	Satuan	Skenario		
		BaU	Moderat	Optimis
Pertumbuhan timbulan sampah	ton/tahun	1.249,1	861,5	653,1
Pertumbuhan beban emisi	ton CO <sub>2</sub> -eq/tahun	50,9	-2,8	-39,4
Pendapatan hasil kelola sampah	Rp/KK/bulan	1.414.558	2.002.858	2.264.031
Proporsi pendapatan kelola sampah terhadap UMK Kab. Bogor	%	33,5	47,5	53,7
Penyerapan tenaga kerja	tenaga kerja/tahun	86	115	134

Kedua alternatif kebijakan tersebut dapat diimplementasikan melalui beberapa strategi berkesinambungan dalam rangka meningkatkan pengetahuan, kesadaran, dan keterampilan masyarakat yang dapat diterima secara sosial, memberikan keuntungan secara ekonomi, serta berdampak positif bagi lingkungan. Kebijakan terkait peningkatan kapasitas masyarakat dan kelembagaan di Desa Cibanteng dapat dilaksanakan melalui tiga strategi, yaitu:

1. Peningkatan sosialisasi dan penyuluhan untuk meningkatkan pemahaman serta kesadaran pengelolaan sampah oleh rumah tangga. Kegiatan edukasi kelola sampah rumah tangga menjadi penting karena tingkat pengetahuan memiliki hubungan positif signifikan dengan tingkat partisipasi kelola sampah rumah tangga (Solihin et al., 2019). Selain itu, edukasi kelola sampah rumah tangga berperan untuk menghapus kesenjangan pengetahuan masyarakat terkait jenis, bentuk, dan cara pengelolaan sampah rumah tangga karena pengetahuan masyarakat dipengaruhi oleh karakteristik budaya setempat (Hossain et al., 2022; Hutabarat et al., 2022).
2. Penguatan kapasitas kelembagaan baik lembaga, maupun regulasi terkait pengelolaan sampah untuk meningkatkan partisipasi aktif masyarakat dalam mengelola sampah rumah tangga secara kuantitas. Regulasi kelola sampah di tingkat mikro berperan penting dalam efektivitas pengelolaan sampah rumah tangga (Xiao et al., 2020). Selain itu, peningkatan partisipasi aktif masyarakat juga dapat membantu dalam pemantauan dan pengawasan kegiatan pengelolaan sampah rumah tangga (Ramachandra et al., 2017; Yuliana & Haswindy, 2017).
3. Pemenuhan sarana dan prasarana dengan penerapan teknologi pengelolaan sampah yang mudah, efektif, dan implementatif. Adopsi teknologi untuk pemenuhan sarana dan prasarana tersebut dapat meningkatkan laju dan efisiensi pengurangan timbulan sampah rumah tangga (Ramachandra et al., 2017).

Sementara itu, kebijakan mengenai pengembangan pasar terkait kegiatan beserta produk hasil kelola sampah rumah tangga di Desa Cibanteng dapat dilaksanakan melalui dua strategi, yaitu:

1. Komersialisasi produk hasil kelola sampah untuk meningkatkan nilai manfaat selain dikonsumsi sendiri serta diversifikasi produk kelola sampah sesuai dengan kebutuhan pasar. Strategi komersialisasi dengan kemasan menarik dan *eco-friendly* serta adanya *eco-label* dapat meningkatkan keinginan membeli konsumen (Hao et al., 2019; Polyportis et al., 2022)
2. Menginisiasi wisata edukasi berbasis kelola sampah untuk meningkatkan antusiasme dan keberlanjutan kegiatan kelola sampah karena terdapat kegiatan wisata yang

dijalankan. Kegiatan wisata edukasi berbasis kelola sampah dapat menghasilkan tambahan pendapatan dan meningkatkan partisipasi rumah tangga dalam kelola sampah (Tamami et al., 2019).

## Kesimpulan

Terdapat tiga kesimpulan riset. Pertama, mayoritas rumah tangga di Desa Cibanteng belum melakukan kegiatan kelola sampah rumah tangga lebih lanjut dengan bentuk kelola yang umum dilakukan yaitu membakar dan membuang sampah ke TPS. Kedua, hasil perbandingan simulasi antarskenario menunjukkan bahwa skenario optimis dengan jumlah sampah organik dan anorganik terkelola mencapai 70 persen dapat menghasilkan rata-rata pertambahan timbulan sampah rumah tangga terendah (653,1 ton/tahun), rata-rata pengurangan beban emisi tertinggi (-39,4 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun), dan rata-rata tambahan pendapatan rumah tangga tertinggi (Rp2.264.031/KK/bulan) selama tahun simulasi (2022-2030). Ketiga, skenario kebijakan pengelolaan sampah rumah tangga secara berkelanjutan berbasis *circular economy* yang dipilih adalah skenario optimis dengan dua rekomendasi kebijakan untuk mencapai skenario optimis tersebut yaitu peningkatan kapasitas masyarakat dan kelembagaan di Desa Cibanteng serta pengembangan pasar terkait kegiatan beserta produk hasil kelola sampah rumah tangga di Desa Cibanteng.

Berdasarkan hasil riset maka perlu adanya kebijakan resmi terkait kelola sampah rumah tangga dengan pengelolaan lebih lanjut hingga 70 persen di tingkat desa yang tersosialisasi dengan baik sehingga dapat meningkatkan kesadaran dan partisipasi aktif masyarakat dalam mengelola sampah rumah tangga. Selain itu, perlu dibentuk kelembagaan pengelolaan sampah rumah tangga di Desa Cibanteng melalui sinergi *pentahelix* antara masyarakat, Pemerintah Desa Cibanteng, Institut Pertanian Bogor, swasta melalui program *corporate social responsibility*, dan media massa seperti IPB TV agar rekomendasi riset dapat diimplementasikan secara efektif dan berkelanjutan. Riset lanjutan diperlukan untuk menganalisis potensi pasar yang dapat menyerap produk hasil olahan sampah rumah tangga dari model pengelolaan sampah rumah tangga berbasis *circular economy* secara riil.

## Ucapan Terima Kasih

Kegiatan riset didanai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia dan difasilitasi oleh Institut Pertanian Bogor.

## Daftar Pustaka

- Abraham, R. (2017). Model simulasi dinamik pengelolaan sampah padat permukiman berbasis program 3R di Kota Bogor. Skripsi. Bogor: Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor.
- Artika, I, & Chaerul, M. (2020). Model sistem dinamik untuk evaluasi skenario pengelolaan sampah di Kota Depok. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 8(3), 261-279. doi: 10.14710/jwl.8.3.261-279.
- Ayodele, T.R., Alao, M.A., & Ogunjuyigbe, A.S.O. (2018). Recyclable resources from municipal solid waste: Assessment of its energy, economic and environmental benefits in Nigeria. *Resources, Conservation and Recycling*, 134, 165-173. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.03.017.
- Badan Perencanaan Nasional (Bappenas). (2021). *Manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan dari ekonomi sirkular di Indonesia*. Jakarta: Badan Perencanaan Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (1994). *SNI 19-3964-1994 Metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Barlas, Y. (1989). Multiple tests for validation of system dynamics type of simulation models. *European Journal of Operational Research*, 42(1), 59-87. doi: 10.1016/0377-2217(89)90059-3.
- Bintoro, F.A. (2022). Analisis alternatif pengelolaan sampah anorganik rumah tangga oleh masyarakat di Kampung Kebon Kopi, Kabupaten Bogor. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor.
- Candrianto, Ningsih, R., & Seprimon. (2019). The study of waste generation and composition in Lubuk Alung Market in Padang Pariaman Regency. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 347, 012108. doi: 10.1088/1755-1315/347/1/012108.
- Damanhuri, E., & Padi, T. (2019). *Pengelolaan sampah terpadu*. Bandung: ITB Press.
- Dantas, T.E.T., de-Souza, E.D., Destro, I.R., Hammes, G., Rodriguez, C.M.T., & Soares, S.R. (2021). How the combination of circular economy and industry 4.0 can contribute towards achieving the sustainable development goals. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 213-227. doi: 10.1016/j.spc.2020.10.005.
- Darmawan, A., Soesilo, T.E.B., & Wahyono, S. (2020). Model optimasi pengelolaan sampah di TPA (Suatu studi di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang). *Jurnal Pendidikan Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan*, 21(02), 13-29. doi: 10.21009/PLPB.212.02.
- Elsheekh, K.M., Kamel, R.R., Elsherif, D.M., & Shalaby, A.M. (2021). Achieving sustainable development goals from the perspective of solid waste management plans. *Journal of Engineering and Applied Science*, 68(9), 1-15. doi: 10.1186/s44147-021-00009-9.
- Hao, Y., Liu, H., Chen, H., Sha, Y., Ji, H., & Fan, J. (2019). What affect consumers' willingness to pay for green packaging? Evidence from China. *Resources, Conservation & Recycling*, 141, 21-29. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.10.001.
- Hénault-Ethier, L, Martin, JP, & Housset, J. (2017). A dynamic model for organic waste management in Quebec (D-MOWIQ) as a tool to review environmental, societal and economic perspectives of a waste management policy. *Waste Management*, 66,196-209. doi: 10.1016/j.wasman.2017.04.021.
- Hossain, R., Islam, M.T., Ghose, A., & Sahajwalla, V. (2022). Full circle: Challenges and prospects for plastic waste management in Australia to achieve circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 368, 133127. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.133127.
- Hutabarat, L.E., & Mulyani, A.S. (2022). Analisis korelasi tingkat pemahaman masyarakat terhadap perilaku pemilahan dan pengolahan sampah di lingkungan masyarakat Sambik Elen Lombok Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 20(3): 646-653. doi: 10.14710/jil.20.3.646-653.
- Khair, H., Mutia, D.D.S., & Matsumoto, T. (2019). Study of household solid waste generation and composition in Medan City, Indonesia; a case study in Medan Labuhan and Medan Tuntungan. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 245, 012021. doi: 10.1088/1755-1315/245/1/012021.
- Khairunisa, N.S., & Safitri, D.R. (2020). Integrasi data sampah sebagai upaya mewujudkan zero waste management: Studi kasus di Kota Bandung. *Jurnal Analisa Sosiologi*, 9,108-123. doi: 10.20961/jas.v9i0.39829.
- Kurniawan, T.A., Avtar, R., Singh, D., Xue, W., Othman, M.H.D., Hwang, G.H., ... Kern, A.O. (2021). Reforming MSWM in Sukunan (Yogyakarta, Indonesia): A case-study of applying a zero-waste approach based on circular economy paradigm. *Journal of Cleaner Production*, 284, 124775. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124775.
- Liu, Y., Park, S., Yi, H., & Feiock, R. (2020). Evaluating the employment impact of recycling performance in Florida. *Waste Management*, 101, 283-290. doi: 10.1016/j.wasman.2019.10.025.
- Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Institut Pertanian Bogor (LPPM IPB). (2020). *Data desa presisi: Monografi Desa Cibanteng*. Bogor: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Institut Pertanian Bogor.
- Malinauskaitė, J., Jouhara, H., Czajczyńska, D., Stanchev, P., Katsou, E., Rostkowski, P., ... Spencer, N. (2017). Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. *Energy*, 141, 2013-2044. doi: 10.1016/j.energy.2017.11.128.
- Melati, A.R. (2022). Analisis pengelolaan food waste rumah tangga di Kampung Kebon Kopi, Desa Cibanteng, Kabupaten Bogor. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor.

- Mulyati, T., Mutawaqqil, M., Ilyas, & Sastra, H.Y. (2019). Planning a village waste management system using system dynamics modelling and simulation: TPS 3R case study in Aceh, Indonesia. IOP Con.Series: Materials Science and Engineering, 536,012072.doi:10.1088/1757-899X/536/1/012072.
- Ooi, J.K., Woon, K.S., & Hashim, H. (2021). A multi-objective model to optimize country-scale municipal solid waste management with economic and environmental objectives: A case study in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128366. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128366.
- Pemerintah Indonesia. (2017). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Lembaran Negara RI Tahun 2017, No. 223*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Pemerintah Indonesia. (2021). *Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2021 tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan. Lembaran Negara RI Tahun 2021, No. 246*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Pemerintah Provinsi Jawa Barat. (2021). *Keputusan Gubernur Jawa Barat Nomor: 561/Kep.732-Kesra/2021 tentang Upah Minimum Kabupaten/Kota di Daerah Provinsi Jawa Barat Tahun 2022*. Bandung: Biro Hukum dan HAM Provinsi Jawa Barat.
- Polyportis, A., Mugge, R., & Magnier, L. (2022). Consumer acceptance of products made from recycled materials: A scoping review. *Resources, Conservation & Recycling*, 186, 106533. doi: 10.1016/j.resconrec.2022.106533.
- Prajnawita, D., Moelyaningrum, A.D., & Ningrum, P.T. (2020). Analisis tingkat kepadatan alat di tempat pembuangan akhir sampah (TPAS) Kabupaten Jember, Indonesia (Studi di TPAS Pakusari dan Ambulu). *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 12(2), 136-143. doi: 10.20473/jkl.v12i2.2020.136-143.
- Ramachandra, T.V., Bharath, H.A., Kulkarni, G. & Han, S.S. (2018). Municipal solid waste: Generation, composition and GHG emissions in Bangalore, India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1122-1136. doi: 10.1016/j.rser.2017.09.085.
- Retnowati, D., Fudhla, A.F., & Yani, A. (2021). Pemodelan systems dynamics pada penanganan sampah di Desa Penambangan Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknik Industri*, 11(3), 243-249. doi: 10.25105/jti.v11i3.13076.
- Saptenno, M.J., Saptenno, L.B.E., & Timisela, N.R. (2022). Faktor yang mempengaruhi tingkat kesadaran masyarakat pesisir terhadap pengelolaan sampah di Perairan Teluk Ambon Kota Ambon. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2), 365-374. doi: 10.14710/jil.20.2.365-374.
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). (2021). *Capaian kinerja pengelolaan sampah*. Retrieved from <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>.
- Solihin, M.M., Muljono, P., & Sadono, D. (2019). Partisipasi ibu rumah tangga dalam pengelolaan sampah melalui bank sampah di Desa Ragajaya, Bojonggede – Bogor Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 388-398. doi: 10.14710/jil.17.3.388-398.
- Suciutami, M.E., Arifin, & Irsan, R. (2022). Evaluasi aspek teknis operasional pengelolaan persampahan di daerah Kecamatan Putussibau Utara Kabupaten Kapuas Hulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 588-599. doi: 10.14710/jil.20.3.588-596.
- Sugiyono. (2017). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan r&d*. Bandung: Alfabeta.
- Tamami, R., Ayu, S.N., Syamsiah, N., & Munadifah, L. (2019). Kondisi ekonomi masyarakat sekitar TPA Wisata Edukasi Talangagung. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial*, 6(1), 22-29. doi: 10.18860/jpips.v6i1.7046.
- Vázquez-Rowe, I., Ziegler-Rodriguez, K., Margallo, M., Kahhat, R., & Aldaco, R. (2021). Climate action and food security: Strategies to reduce GHG emissions from food loss and waste in emerging economies. *Resources, Conservation and Recycling*, 170, 105562. doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105562.
- Xiao, S., Dong, H., Geng, Y., Francisco, M.J., Pan, H., & Wu, F. (2020). An overview of the municipal solid waste management modes and innovations in Shanghai, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 29943–29953. doi: 10.1007/s11356-020-09398-5.

- Yaman, C., Anil, I., & Alagha, O. (2020). Potential for greenhouse gas reduction and energy recovery from MSW through different waste management technologies. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121432. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121432.
- Yuliana, F., & Haswindy, S. (2017). Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah pemukiman pada Kecamatan Tungkil Ilir Kabupaten Tanjung Jabung Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(2), 96-111. doi: 10.14710/jil.15.2.96-111.