

Skenario Pengelolaan Sampah di Kota Pontianak Menggunakan Model Sistem Dinamik

Lita Luki Bressti*, Evi Gusmayanti, dan Akhmad Yani

¹Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia; e-mail: bressty@gmail.com

ABSTRAK

Kota Pontianak saat ini belum mencapai target pengelolaan sampah yang telah ditetapkan khususnya upaya pengurangan sampah. Hal ini disebabkan masih kurangnya partisipasi masyarakat untuk pengelolaan sampah dari sumbernya. Sehingga perlu upaya yang berkelanjutan dalam perbaikan sistem pengelolaan sampah di Kota Pontianak. Tujuan dari penelitian ini untuk membangun model pengelolaan sampah serta dapat mensimulasi skenario terbaik yang dapat diimplementasikan dalam mencapai target pengelolaan sampah di Kota Pontianak. Metode yang dilakukan dimulai dari pengumpulan data dan informasi, pengembangan model melalui *Causal Loop Diagram* (CLD), simulasi model melalui *Stock Flow Diagram* (SFD), Validasi model, Analisa skenario serta pengambilan keputusan. Terdapat 3 (tiga) skenario yang ditawarkan antara lain; skenario Jakstrada (A) yaitu pengelolaan 100 % sampah dengan capaian volume pengurangan sampah 31,54 % dan volume penanganan sampah sebesar 68,64 % dengan sistem *control landfill* di TPA, Skenario Optimalisasi TPA (B) yaitu pengelolaan 100 % sampah dengan capaian volume pengurangan sampah 31,54 % dan volume penanganan sampah sebesar 68,64 % diolah dengan pengomposan dan RDF di TPA dan Skenario Optimalisasi Pengurangan di sumber (C) yaitu pengelolaan 100 % sampah dengan capaian volume pengurangan sampah 41,17 % dan volume penanganan sampah sebesar 58,83 % diolah dengan pengomposan dan RDF di TPA. Periode simulasi dengan rentang waktu 2019-2032 dengan hasil validasi yang diperoleh dari beberapa variabel dengan nilai AME dan AVE < 5% sehingga model ini dapat dikatakan mempunyai kesesuaian yang baik antara data simulasi dan data aktual. Dari ketiga skenario yang ada, skenario B merupakan skenario yang paling mendekati dengan kondisi Kota Pontianak karena dilihat dari keterbatasan lahan dalam pembangunan sarana pengolahan di sumber serta komitmen Pemerintah daerah dalam peningkatan sarana prasarana di TPA menuju Zero Waste. Untuk itu, Dibutuhkan komitmen dari Pemerintah Kota Pontianak dalam pelaksanaan kebijakan pengelolaan sampah serta peran aktif dan kolaborasi dari *stakeholder* terkait dan masyarakat Kota Pontianak sehingga sampah dapat menjadi potensi bukan masalah.

Kata kunci: Sampah, Sistem Dinamik, RDF, TPST, TPS 3R

ABSTRACT

Pontianak City has not yet met its established waste management targets, particularly regarding waste reduction efforts. This is due to insufficient public participation in waste management at the source. Consequently, sustained efforts are required to improve the city's waste management system. This study aims to develop a waste management model and simulate the best implementable scenarios to achieve Pontianak City's waste management targets. The methodology involves data and information collection, model development using Causal Loop Diagrams (CLD), model simulation using Stock-Flow Diagrams (SFD), model validation, scenario analysis, and decision-making. Three scenarios are proposed: Scenario A (Jakstrada), involving 100% waste management with 31,54% reduction and 68,64% handling (via controlled landfilling); Scenario B (Landfill Optimization), involving 100% waste management with 31,54% reduction and 68,64% handling (via composting and RDF at the landfill); and Scenario C (Source Reduction Optimization), involving 100% waste management with 41,17% reduction and 58,83% handling (via composting and RDF at the landfill). The simulation covers the 2019–2032 period; validation results for several variables show AME and AVE values below 5%, indicating a strong fit between simulated and actual data. Among the three options, Scenario B best aligns with Pontianak City's conditions, considering land constraints for constructing source-based processing facilities and the local government's commitment to upgrading landfill infrastructure toward a "Zero Waste" goal. Therefore, the Pontianak City Government must demonstrate commitment to implementing waste management policies, while relevant stakeholders and the public must play an active, collaborative role to transform waste from a problem into a potential resource.

Keywords: Waste, Dynamical System, RDF, TPST, TPS 3R

Citation: Bressti, L. L., Gusmayanti, E., dan Yani, A. (2026). Skenario Pengelolaan Sampah di Kota Pontianak Menggunakan Model Sistem Dinamik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(4), 831-841, doi:10.14710/jil.24.4.831-841

1. PENDAHULUAN

Hasil penelitian Jambeck, Indonesia sebagai negara terbesar kedua dalam menyumbang sampah plastik ke laut di dunia setelah negara china (Jambeck et al. 2015). Untuk itu, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia membuat target pengelolaan sampah sampai tahun 2025 yaitu 70% penanganan dan 30% pengurangan. Hal tersebut mengharuskan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota/Provinsi menetapkan Kebijakan dan Strategi Daerah dalam pengelolaan sampah (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia 2018).

Timbulan sampah Kota Pontianak sebesar 400 ton/hari dengan komposisi sampah organik sebesar 70%, sisanya merupakan sampah anorganik dan hampir keseluruhannya menjadi beban TPA Batu Layang dalam mengelola sampah tersebut (Qadri, Wahyuni, and Listiyawati 2020). Beban pengelolaan sampah di TPA yang tinggi menunjukkan masih rendahnya peran serta masyarakat dalam melakukan pengelolaan sampah dari sumber sampah (Akliyah, Lely Syiddatul 2018).

Target pengelolaan sampah di Kota Pontianak yang tertuang pada Peraturan Walikota Pontianak Nomor 68 Tahun 2019 tentang Kebijakan dan Strategi Daerah dalam Pengelolaan Sampah di Kota Pontianak tahun 2023 yaitu penanganan sampah sebesar 73 % dan pengurangan sampah sebesar 27 %. Berdasarkan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2023, jumlah timbulan sampah sebesar 161.286,82 ton/tahun dengan upaya pengurangan sampah Kota Pontianak sebesar 24,35 % atau sebesar 39.278,95 ton/tahun dan belum mencapai target yang ditetapkan. Partisipasi masyarakat dan penetapan kebijakan menjadi penyebab belum tercapainya target pengelolaan sampah di Kota Pontianak. Untuk itu, perlu upaya yang berkelanjutan jika dilihat dari kapasitas daya tampung TPA Batu Layang yang sudah terbatas saat ini yaitu dengan melakukan skenario pengelolaan sampah menggunakan metode Analisa sistem dinamik.

Permodelan sistem dinamik merupakan sebuah sistem yang mempelajari struktur dan dinamika yang kompleks dan dapat merancang kinerja kedepan dari sistem yang ada dengan kondisi sistem yang diharapkan, mengevaluasi skenario kebijakan dan intervensi untuk mempercepat keberhasilan sistem (Artika and Chaerul 2020). Sistem Dinamik digunakan untuk memperkirakan kapasitas pengelolaan sampah perkotaan baik yang di Kelola, didaur ulang, di olah serta biaya operasional yang dibutuhkan dalam pengelolaan sampah (Ahmad 2012). Dari kedua penelitian diatas, permodelan sistem dinamik pengelolaan sampah berfokus pada evaluasi pengelolaan sampah secara umum, biaya operasional serta optimalisasi kapasitas pengolahan sampah tanpa mempertimbangkan kondisi spesifik Kota yang diteliti seperti karakteristik timbulan sampah, kombinasi intervensi pengelolaan sampah dari sumber dan Optimalisasi TPA serta keterbatasan

lahan. Permodelan ini dibuat berdasarkan kondisi umum pengelolaan sampah yang diharapkan dapat menggambarkan secara keseluruhan pengelolaan sampah dari hulu ke hilir dengan menghasilkan simulasi yang akurat sehingga dapat diaplikasikan di Kota/Kabupaten lainnya. Tujuan dari penelitian ini untuk Membangun model pengelolaan sampah serta dapat mensimulasi skenario terbaik yang dapat diimplementasikan dalam mencapai target pengelolaan sampah di Kota Pontianak dengan harapan dan memberikan rekomendasi dalam pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Pontianak. Kota Pontianak adalah ibu kota Provinsi Kalimantan Barat dengan luas wilayah sebesar 107,82 km² yang terdiri oleh 6 (enam) Kecamatan dan 29 (dua puluh Sembilan) Kelurahan dan berbatasan dengan 2 (dua) Kabupaten yaitu di sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Mempawah dan di sebelah selatan, barat, dan timur berbatasan dengan Kabupaten Kubu Raya.

Tahapan proses pada penelitian yaitu:

1) Pengumpulan data dan informasi

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer meliputi hasil wawancara pada instansi yang membidangi Pengelolaan Sampah Kota Pontianak yaitu Kepala Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah B3, Staf Bidang Perencanaan Dinas Lingkungan Hidup Kota Pontianak dan Bagian Manajemen Pengelolaan Sampah Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Pontianak, serta hasil data analisa lapangan berupa jumlah sampah masuk TPA Batu Layang. Sedangkan data sekunder menggunakan data neraca Jakstrada Kota Pontianak Tahun 2019-2023 yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Pontianak dan diverifikasi menggunakan data sistem pengelolaan sampah nasional (SIPSN) yang meliputi jumlah penduduk Kota Pontianak, volume sampah Kota Pontianak, data sampah terangkut ke TPA, data sampah terkelola, data sektor informal (jumlah pengepul/pengumpul), dan fasilitas pengelolaan sampah di Kota Pontianak seperti Jumlah dan kapasitas TPST, PDU, TPS 3R, dan Rumah Kompos. Data tambahan lainnya meliputi data komposisi sampah dan biaya pengelolaan sampah per tahun yang berasal dari dokumen perencanaan Dinas Lingkungan Hidup Kota Pontianak.

2) Pengembangan Model (*Causal Loop Diagram*)

Analisa yang digunakan untuk menentukan skenario pengelolaan sampah di Kota Pontianak yaitu menggunakan model sistem dinamik. Langkah pertama dalam pengembangan model yaitu perlunya penyusunan konsep sistem pengelolaan sampah dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang disajikan dalam bentuk *Causal Loop Diagram* (CLD) menggunakan perangkat

lunak VENSIM. Batasan sistem dari model sistem dinamik ini yaitu pada pengelolaan sampah rumah tangga dan sejenis sampah rumah tangga di kota Pontianak yang terdiri dari data timbunan sampah, pengurangan sampah disumber dan penanganan sampah di TPA.

Beberapa asumsi yang digunakan pada pengembangan model ini yaitu timbunan sampah per kapita dan komposisi sampah relatif konstan selama periode simulasi, laju pertumbuhan penduduk mengikuti tren data 2019-2023, dan tidak terjadi perubahan kebijakan yang signifikan selama periode simulasi.

3) Simulasi Model

Pemetaan hubungan sebab akibat antar variabel dalam bentuk umpan balik yang disajikan dari CLD dilanjutkan dengan simulasi model pengelolaan sampah dengan membuat struktur model dalam bentuk *Stock Flow Diagram* (SFD) menggunakan perangkat lunak POWERSIM. Bentuk SFD ini merupakan input dari kumpulan data-data yang telah diperoleh sehingga didapat hasil simulasi. Pada tahap ini dilakukan simulasi kondisi yang ada (*existing*) dari model yang telah dibuat guna memberikan gambaran bagaimana perilaku variabel model terhadap waktu dan sebagai metode untuk menganalisa dan memahami hubungan sebab akibat dalam suatu sistem yang kompleks. Data yang ditampilkan harus mempunyai satuan waktu yang sama dengan data utama model.

4) Validasi Model

Setelah simulasi model dilakukan, hasil simulasi akan diuji validitas serta dievaluasi dengan perbandingan data yang diperoleh (data awal) dan hasil simulasi sistem dinamik yang dibuat. Validasi model menggunakan uji AME (*Absolute Means Error*) dan AVE (*Absolute Variance Error*) dengan batas penyimpangan yang dapat diterima sebesar 5-10%

5) Uji Sensitifitas

Uji sensitifitas ini digunakan pada saat pengujian skenario yang dibuat untuk melihat suatu perubahan perilaku atau kondisi. Masalah yang akan dipecahkan pada penelitian ini adalah meningkatkan kinerja pengelolaan sampah di Kota Pontianak. variabel yang digunakan dalam uji sensitifitas yaitu penambahan sarana prasarana pengelolaan sampah.

6) Analisa Skenario

Skenario yang akan diambil dalam penelitian ini adalah variabel yang dianggap kritis yang berpengaruh pada pencapaian target pengurangan dan penanganan sampah di Kota Pontianak. Terdapat 3 (tiga) skenario yang ditawarkan pada penelitian ini yaitu skenario Jakstrada (A), Skenario Optimalisasi TPA (B) dan Skenario Optimalisasi Pengurangan di sumber (C). dari ketiga skenario ini akan dilihat mana skenario

yang lebih baik dan ideal dilakukan di Kota Pontianak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Pengelolaan Sampah Kota Pontianak

Kota Pontianak dengan jumlah penduduk sebesar 669,227 jiwa dengan potensi timbunan sampah sebesar 401,54 Ton/hari pada tahun 2022. Dari data tersebut, Dinas Lingkungan Hidup harus memiliki strategi dalam menekan jumlah produksi sampah atau dalam melakukan penanganan sampah yang baik dan berkelanjutan. Sementara dari sisi sarana dan prasarana yang ada di Dinas Lingkungan Hidup sendiri belum optimal. Beberapa sarana pengolahan sampah yang dimiliki oleh Pemerintah Kota Pontianak maupun yang dikelola masyarakat seperti Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST), Tempat Pengolahan Sampah (TPS) dengan konsep 3R, Pusat Daur Ulang (PDU), Rumah Kompos, Bank Sampah Induk (BSI), Bank Sampah Unit (BSU), dan Pusat Olah Organik (POO). Pengolahan sampah di lokasi TPST Kota Pontianak meliputi pengolahan sampah organik untuk pembuatan kompos atau pupuk organik, biogas sebagai pengganti elpiji dan listrik serta budidaya maggot sebagai pakan ternak atau kompos yang memiliki protein yang tinggi. Selain itu, terdapat pengolahan sampah anorganik seperti plastik kresek, *styrofoam* dan plastik bening untuk diolah menjadi produk Bahan Bakar Minyak (BBM) setara dengan *pertalite*, solar dan minyak tanah. Dalam pengelolaan sampah anorganik yang bernilai jual seperti gelas atau botol plastik, jenis aluminium, jenis *duplex*, kertas, kardus dan sejenisnya dikelola oleh bank sampah di Kota Pontianak melalui pemilahan dari masyarakat yang dilakukan sejak dari sumbernya.

3.2. Causal Loop Diagram (CLD)

Gambar 1 menunjukkan bahwa volume sampah di Kota Pontianak dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan jumlah rata-rata timbunan sampah oleh masyarakat dalam 1 (satu) hari dengan satuan kg/orang/hari. Pengelolaan sampah di Kota Pontianak dipengaruhi oleh kemampuan Pemerintah dalam melakukan penanganan sampah dan kemampuan masyarakat dalam melakukan pengurangan sampah. Penanganan sampah yang dimaksud yaitu upaya Pemerintah dalam penanganan sampah pada fasilitas yang disediakan oleh Pemerintah melalui TPS 3R, TPST, PDU serta penanganan masuk ke TPA Batu Layang. Sedangkan pengurangan sampah yaitu upaya yang dilakukan masyarakat dalam pengelolaan sampah dari sumbernya melalui Bank Sampah Unit, Bank Sampah Induk, TPS 3R yang dikelola masyarakat, Pengumpul sampah maupun pengomposan. Keberhasilan pengelolaan sampah ditunjang dengan sarana maupun prasarana antara lain; sarana angkutan sampah, fasilitas pengolahan sampah, kebutuhan lahan, jalan operasional, jembatan timbang dan sarana puncucian kendaraan angkutan sampah. Untuk itu, biaya pengelolaan sampah di Kota Pontianak

dapat diperhitungkan dengan mekanisme pengelolaan sampah yang efektif dan efisien. Pengelolaan sampah di TPA yang dilakukan tanpa pengolahan akan membutuhkan lahan yang luas untuk landfill sampah. Sebaliknya untuk menambah luasan TPA akan meningkatkan biaya kebutuhan lahan dan biaya operasional pengelolaan sampah serta beban pencemaran lingkungan akibat pengelolaan sampah di TPA.

3.3. Stock Flow Diagram (SFD)

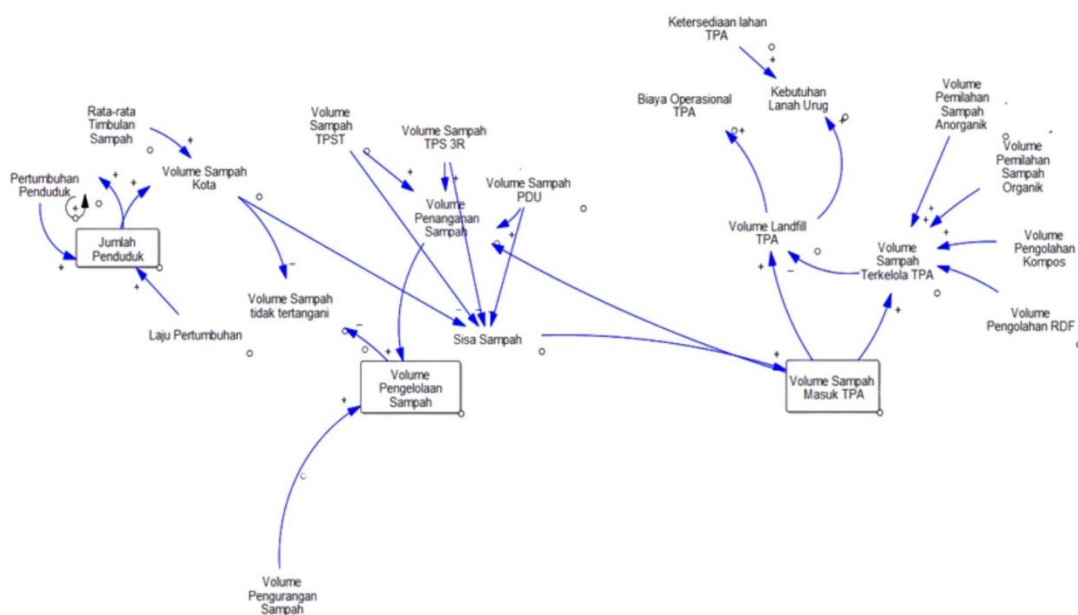
SFD ini dibangun untuk melihat pengaruh waktu terhadap keterkaitan variabel. Jumlah penduduk merupakan akumulasi dari pertumbuhan penduduk. Pengurangan sampah berdasarkan masing-masing fasilitas pengolahan sehingga volume sampah masuk TPA merupakan selisih dari timbunan sampah dan total pengurangan sampah. Model yang dibangun ini bertujuan untuk mengetahui kinerja pengelolaan sampah di Kota Pontianak sampai dengan Tahun 2032. Variabel utama yang dibangun dari sistem ini yaitu volume pengurangan sampah dan volume penanganan sampah. Variabel yang dibangun menggunakan satuan Tahun.

3.4. Simulasi Model

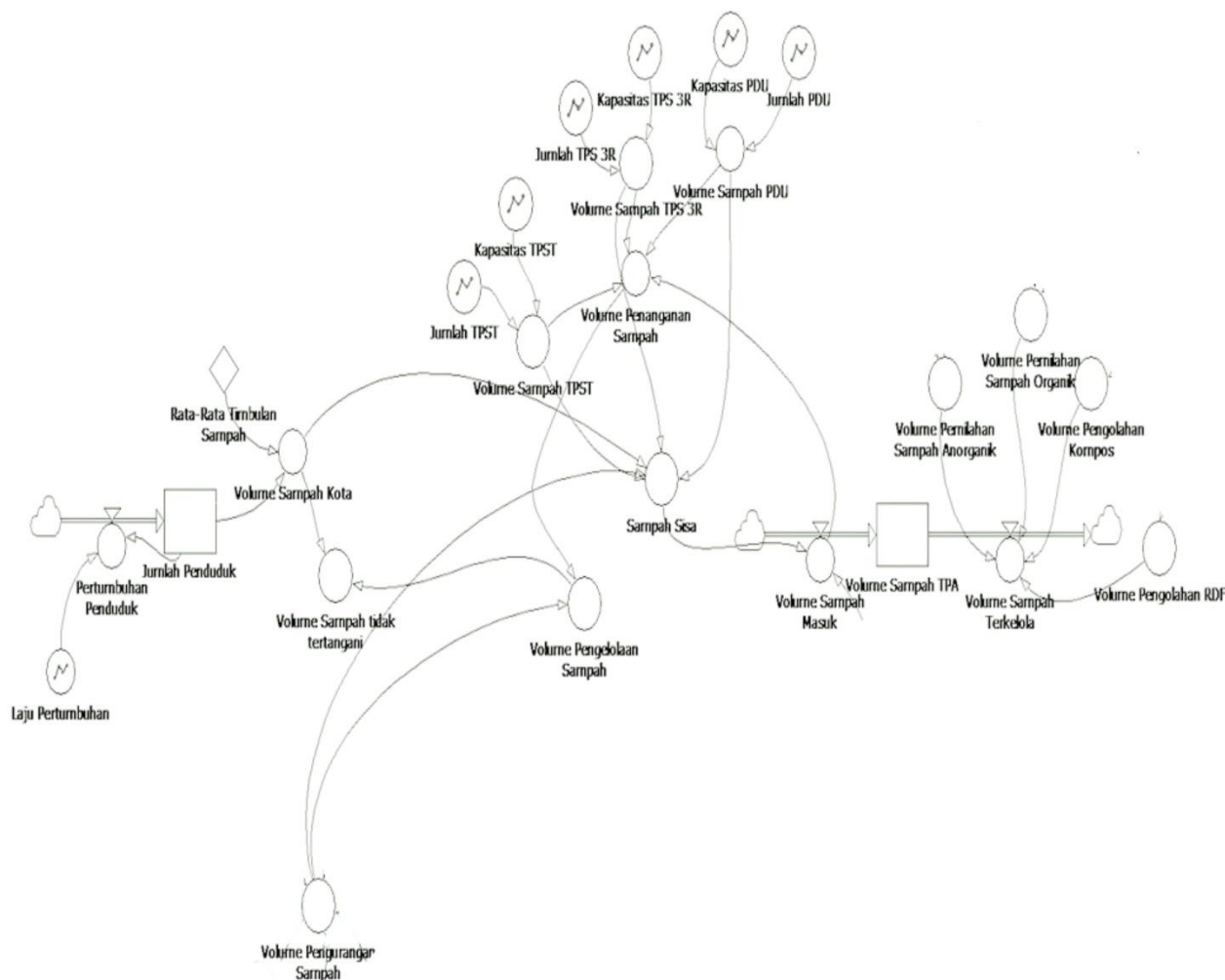
Simulasi model dilakukan pada variabel Jumlah Penduduk, Volume Sampah Kota, Volume Pengelolaan Sampah, Volume Pengurangan Sampah dan Volume Penanganan Sampah. Data yang digunakan bersumber dari Data Dinas Lingkungan Hidup Kota Pontianak dengan menggunakan data Tahun 2019 – 2023 dan disimulasi hingga 13 (tiga belas tahun) kedepan yaitu rentang waktu 2019-2032. Berikut data hasil simulasi model ada pada Gambar 3.

Dari hasil simulasi pada Gambar 3, volume sampah Kota Pontianak semakin meningkat sejalan dengan

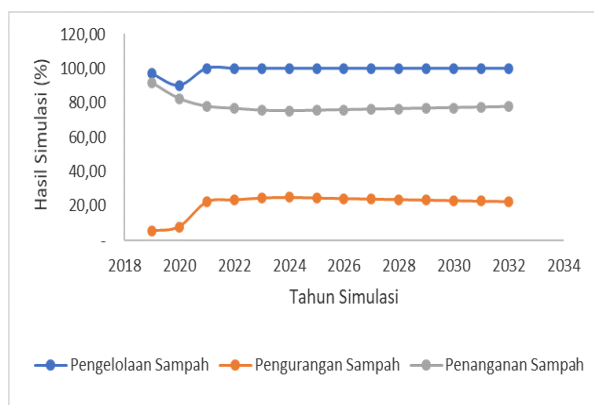
jumlah penduduk. Volume sampah meningkat beban pengelolaan sampah juga ikut meningkat yang sebanding dengan peningkatan kebutuhan akan upaya pengurangan dan penanganan sampah. Volume pengurangan sampah pada Tahun 2023 mencapai 24,86 % dan volume penanganan sampah sebesar 75,11 %. Artinya, Kota Pontianak belum dapat mencapai target pengurangan sampah yaitu sebesar 27% pada Tahun 2023. Sehingga variabel volume pengurangan sampah harus diintervensi dalam mencapai target sebesar 30% pada Tahun 2025. Jika tidak ada penambahan fasilitas pengolahan sampah dan upaya pengolahan sampah dari sumber maka target pengurangan sampah pada tahun 2025 tidak akan tercapai. Pada variabel volume pengurangan sampah dipengaruhi oleh jumlah sarana serta kapasitas pengurangan sampah. Pengurangan sampah ini merupakan aktivitas masyarakat secara mandiri dan sukarela dalam membantu Pemerintah untuk melakukan pengelolaan sampah sejak dari sumbernya. Sarana tersebut antara lain Bank Sampah Unit (BSU), TPS 3R, Bank Sampah Induk (BSI), Pusat Olah Organik (POO) serta Pengepul Sampah. Hal ini dapat mengurangi beban Pemerintah Kota Pontianak dalam melakukan penanganan sampah. Selain itu, dengan melakukan pengurangan sampah dari sumbernya, masyarakat dapat menciptakan lingkungan yang bersih, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan akibat sampah yang tidak terkelola serta mencegah timbulnya penyakit akibat sampah. Dengan upaya pengurangan sampah, beban penanganan akan berkurang sehingga dapat mengurangi biaya operasional pengelolaan sampah Kota Pontianak seperti berkurangnya penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) dan biaya pemeliharaan armada angkutan sampah.



Gambar 1. Causal Loop Diagram (CLD) Pengelolaan Sampah Kota Pontianak



Gambar 2. Stock Flow Diagram (SFD) Pengelolaan Sampah Kota Pontianak



Gambar 3. Hasil Simulas Model Pengelolaan Sampah

Uji sensitivitas dilakukan untuk mengetahui respon model terhadap perubahan yang dapat berpengaruh terhadap kinerja pengelolaan sampah. Pada model pengelolaan sampah di Kota Pontianak ini dilakukan pada upaya penambahan sarana dan kapasitas pengolahan sampah. Jika dilakukan penambahan sarana dan kapasitas pengolahan sampah maka terjadi peningkatan volume sampah

yang dikelola. Hasil dari uji sensitivitas model ini dapat dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas fasilitas pengelolaan sampah merupakan intervensi yang responsif terhadap peningkatan volume sampah terkelola dalam struktur model. Penambahan fasilitas dan kapasitas pengelolaan sampah akan meningkatkan jumlah sampah terkelola. Penambahan fasilitas ini berada pada masing-masing kelurahan di Kota Pontianak sehingga pengelolaan dapat dilakukan dari sumber sampah dengan menumbuhkan partisipasi dari pemangku kepentingan dalam hal ini Lurah setempat dan masyarakat dalam pengelolaan sampah. Fasilitas yang dimaksud yaitu Bank Sampah Unit (BSU), Pusat Olah Organik (POO) dan TPS 3R yang dikelola oleh masyarakat. Dari ketiga fasilitas tersebut, variabel yang paling responsif pada penambahan fasilitas dan kapasitas adalah TPS 3R karena fasilitas ini merupakan fasilitas pengelolaan sampah secara komunal dimasyarakat sehingga mampu lebih banyak mengelola sampah.

Tabel 1. Uji Sensifitas Model Pengelolaan Sampah Kota Pontianak

Variabel	Sebelum Penambahan			Setelah Penambahan		
	Jumlah (unit)	Kapasitas (ton/tahun)	Sampah Terkelola (ton/tahun)	Jumlah (unit)	Kapasitas (ton/tahun)	Sampah Terkelola (ton/tahun)
BSU	22	24	528	29	360	10440
POO	24	36	864	29	720	20880
TPS 3R	1	180	180	29	900	26100

3.5. Validasi Model

Validasi model penting untuk memastikan bahwa model yang dikembangkan dapat diterapkan untuk memprediksi data yang baru. Validasi ini diperuntukan terhadap data pengelolaan sampah di Kota Pontianak dari tahun 2019 – 2023 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Validasi Data Pengelolaan Sampah

Variabel	AME (%)	AVE (%)	R-squared	Ket
Jumlah Penduduk	0,04	3,09	1	Valid
Volume Timbunan Sampah	0,59	0,22	0,99	Valid
Volume Pengelolaan Sampah	2,31	1,07	0,95	Valid
Volume Pengurangan Sampah	2,33	0,21	0,99	Valid
Volume Penanganan Sampah	3,06	1,14	0,88	Valid
Volume Sampah Masuk TPA	4,63	0,41	0,47	Valid

Dari Tabel 2 menunjukkan Hasil uji validasi pada variabel jumlah penduduk, volume timbunan sampah, volume pengelolaan sampah, volume penanganan sampah dan volume pengurangan sampah dengan nilai R-squared mendekati 1 (satu) artinya model yang dibuat mampu menjelaskan variasi data empiris dengan baik dan memiliki tingkat kecocokan data dengan baik yang dapat dijelaskan dengan model. Sedangkan pada variabel volume sampah masuk nilai R-squared sebesar 0,4664 ini mampu menjelaskan sekitar 46,64 % lebih rendah dari variabel lainnya yang mengindikasikan bahwa model ini masih memiliki keterbatasan dalam menjelaskan dinamika volume masuk TPA secara utuh yang dapat disebabkan oleh data fluktuatif pengangkutan sampah dan perubahan mekanisme pencatatan sampah masuk dilapangan sehingga interpretasi hasil simulasi pada variabel ini perlu dilakukan secara lebih berhati-hati.

3.6. Skenario Kebijakan

Skenario kebijakan yang ditawarkan dalam peningkatan kinerja pengelolaan sampah di Kota Pontianak yaitu target pengurangan sampah sesuai Jakstrada, Optimalisasi Pengurangan sampah dari sumber dan penanganan sampah di TPA Batu Layang.

a. Skenario Jakstrada (A)

Target pengelolaan sampah Kota Pontianak yang dituangkan dalam Kebijakan dan strategi pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis rumah tangga yaitu 100% pengelolaan sampah pada tahun

2025 dengan 70 % penanganan sampah dan 30% pengurangan sampah. Pada skenario ini dilakukan peningkatan pada data pengurangan sampah dan penanganan sampah sebelum masuk ke TPA. Peningkatan data tersebut disertai dengan penambahan fasilitas atau kapasitas pengelolaan sampah. Fasilitas pengurangan sampah yang dilakukan penambahan antara lain Bank Sampah Unit (BSU), Tempat Pengelolaan Sampah (TPS) 3R, dan Pusat Olah Organik (POO). Dari hasil permodelan, pada skenario ini harus memperhatikan kebutuhan pengadaan tanah atau media lainnya di sel aktif TPA karena 70 % penanganan sampah masih dikelola di TPA dengan sistem *control landfill*. Selain itu, upaya *control landfill* jika tidak konsisten dengan penanganan lindi dan gas methana juga belum dapat mencerminkan perbaikan kualitas pengelolaan TPA. Pada skenario ini diwajibkan Pemerintah Daerah mencapai target pengurangan sampah sebesar 30 %. Dalam mencapai target tersebut, Upaya yang harus dilakukan Pemerintah Kota Pontianak yaitu dengan menjalankan program pengelolaan sampah secara mandiri di tingkat Kelurahan. Adapun upaya yang dilakukan sebagai berikut:

- 1) Peningkatan kapasitas Sumber Daya Manusia (SDM) dalam pengelolaan sampah secara mandiri melalui program sosialisasi dan bimbingan teknis. Tingkat pemahaman pemilahan sampah dimasyarakat sangat penting untuk mewujudkan perubahan perilaku dimasyarakat. Perubahan perilaku masyarakat dengan tingkat pemahaman dipengaruhi oleh pengetahuan pengelolaan sampah, sarana prasarana pengelolaan sampah dan budaya masyarakat setempat (Hutabarat and Mulyani 2022). Tingkat pengetahuan dan partisipasi masyarakat memiliki hubungan yang positif dan signifikan dalam pengelolaan sampah (Solihin, and 2019); permasalahan dalam pengelolaan sampah di Kota Pontianak dapat diatasi melalui sosialisasi/penyuluhan serta pelatihan bagi warga untuk meningkatkan pemahaman tentang pengelolaan sampah (Youlla, Ellyta, and Widarti 2020).
- 2) Penambahan sarana dan prasarana pengelolaan sampah atau penambahan kapasitas olah sampah ditingkat Kelurahan. Sarana yang dilakukan penambahan sampai dengan Tahun 2032 yaitu bank sampah unit, pusat olah organik dan TPS 3R yang dikelola masyarakat masing-masing sebanyak 29 (dua puluh Sembilan) unit dengan kapasitas masing-masing 500 kilo per hari. Peningkatan sarana dan prasaran dengan menggunakan teknologi dapat memperlancar dan meningkatkan

efisiensi sistem pengelolaan sampah (Ramachandra et al. 2018).

b. Skenario Optimalisasi Pengolahan di TPA (B)

Pada skenario ini sampah yang masuk di TPA sebesar 70% dan dioptimalkan untuk diolah menjadi barang yang bernilai guna. Para pemilah sampah (sektor informal) masih diperbolehkan untuk mencari sampah yang masih bernilai ekonomis tetapi dengan mekanisme yang diatur dan lebih aman. Keterlibatan sektor informal dalam pengelolaan sampah kota akan memberikan manfaat dari aspek sosial, ekonomi dan lingkungan (Vélez and Mora 2016). Adapun penambahan fasilitas pengolahan di TPA Batu Layang sebagai berikut:

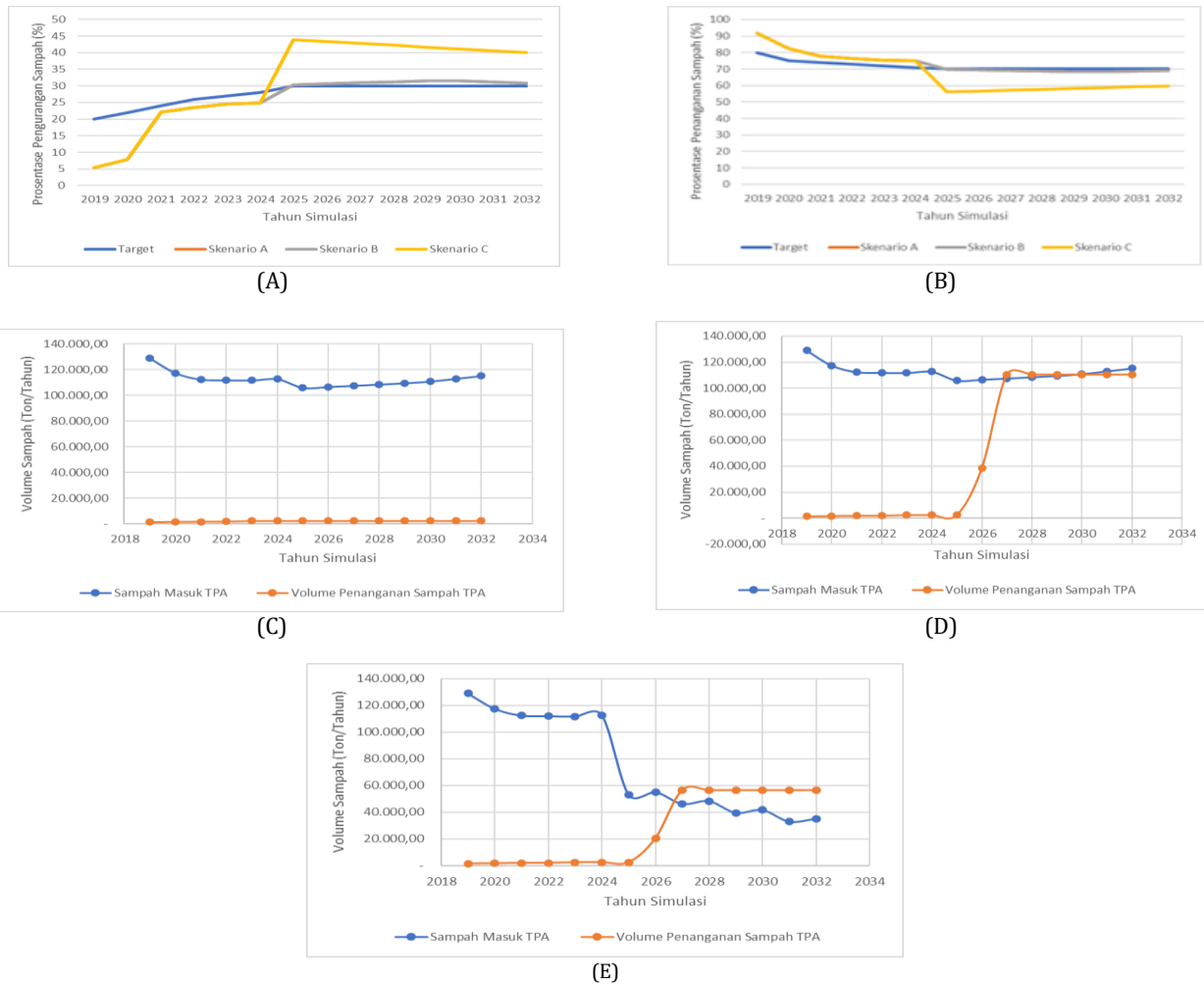
- 1) Penambahan fasilitas dan kapasitas olah kompos menjadi 100 ton/hari. Mekanisme pengolahan kompos menggunakan tenaga mesin baik dari pemilahan hingga pengayakan kompos. Fasilitas pengomposan dengan *Material Recovery Facility* (MRF) atau pemulihan bahan yang terintegrasi dengan pemilah sampah berfungsi sebagai pusat pemilahan sampah untuk pengurangan sampah sebelum di olah menjadi kompos dan produk lainnya (Darmawan, Soesilo, and Wahyono 2020). Selain itu, fasilitas kompos ini juga digunakan sebagai sarana untuk penambangan sampah (*landfill Mining*) pada sel non aktif di TPA yang telah mencapai usia landfill selama 10 (sepuluh) tahun. Dalam operasi Landfill Mining memerlukan perencanaan yang matang meliputi survey lokasi, rencana Kesehatan dan keselamatan kerja dan pengelolaan sampah material yang akan didaur ulang (Dhar 2017).
- 2) Fasilitas *Refuse Derived Fuel* (RDF) yang mengolah sampah menjadi energi. Produk RDF ini nantinya akan digunakan untuk mensuplay bahan bakar yang dibutuhkan oleh PLTU yang ada di Kalimantan Barat sebagai pengganti Batu Bara. Kapasitas yang direncanakan untuk fasilitas RDF ini sebesar 200 ton/hari. Dengan pengolahan RDF ini dapat menyelesaikan masalah sampah kota dan kebutuhan energi dari sampah (Imam Gunadi et al. 2023). Proses RDF diperlukan *preventive maintenance* agar proses dapat terus berjalan dan menghasilkan bahan bakar dengan kualitas yang tinggi (Mujayyin, Gunarso, and Mukhsinin 2020). Proses RDF dimulai melalui tahapan; penimbangan sampah, pembongkaran sampah, pemilahan sampah, pencacahan sampah, pengeringan, pengayakan dan produk RDF sebagai bahan bakar. Pemanfaatan RDF sendiri bergantung pada karakteristik parameter bahan bakar seperti kandungan logam berat dan ukuran butir nilai kalor yang dihasilkan (Sarc and Lorber 2013) serta mempertimbangkan karakteristik lokal dan kapasitas olah (Luqman, Madenda, and Prihandoko 2023).

c. Skenario Optimalisasi Pengurangan di Sumber (C)

Optimalisasi pengurangan sampah di sumber merupakan skenario ketiga yang ditawarkan. Skenario ini bertujuan untuk mengurangi beban pengolahan sampah di TPA. skema pengurangan sampah tentunya akan meningkatkan kegiatan pemilahan sampah di masyarakat yang akan berdampak positif dengan menurunnya Gas Efek Rumah Kaca ke lingkungan, penghematan sumber daya lahan dan manfaat sosial seperti terciptanya lapangan pekerjaan, meningkatnya kesadaran lingkungan di masyarakat serta pengurangan beban TPA (Wang and You 2021). Peran aktif masyarakat sangat diperlukan dalam penentuan keberhasilan skenario ini. Untuk itu, rencana program yang ditawarkan selain penambahan fasilitas pengelolaan sampah dimasyarakat juga dibutuhkan peningkatan sumber daya manusia bagi masyarakat melalui sosialisasi dan kaderisasi dalam upaya pengelolaan sampah. Pada penelitian sebelumnya, penambahan sarana dan persentasi jumlah warga yang terlibat dalam pengelolaan sampah merupakan kunci keberhasilan suatu program (Mulyati et al. 2019).

Skenario C yang ditawarkan ini menitik beratkan peran aktif dan kolaborasi Pemerintah, masyarakat serta pelaku usaha untuk menjadikan sampah sebagai potensi pengembangan ekonomi sirkular. Ekonomi sirkular ini mempunyai variabel yang saling bergantung yaitu kapasitas pemanfaatan dan pemilahan sampah (Ibarra Vega and Bautista-Rodriguez 2024). Kebijakan yang dikeluarkan Pemerintah dalam pengelolaan sampah mulai dari sumber sampah harus dilaksanakan dan dievaluasi secara kontinu. Pada skenario ini intervensi yang diambil oleh peneliti meliputi beberapa program yaitu Pengelolaan Sampah secara mandiri di tingkat Kelurahan. Setiap Kelurahan wajib mengelola sampah dengan membentuk komunitas Bank Sampah dan Pusat Olah Organik serta TPS 3R. Kota Pontianak memiliki 29 Kelurahan, maka tahun 2025 Pemerintah Kota mewajibkan 1 (satu) Kelurahan minimal 1 (satu) Bank Sampah, POO serta TPS 3R. Bank sampah dengan kapasitas olah sebesar 1 (satu) ton per hari. POO dengan kapasitas 2 (dua) ton per hari dan TPS 3R dengan kapasitas 3 (tiga) ton per hari. TPS 3R dimasyarakat yang telah dibentuk dilakukan pendampingan agar TPS 3R ini dapat membina Bank Sampah dan POO yang dilakukan baik dari segi dampingan pengolahan produk hingga pemasaran produk. Selain itu, dilakukan penambahan fasilitas dan kapasitas olah TPST dan PDU. Penambahan fasilitas TPST sampai dengan 2032 sebanyak 5 (lima) unit yang berada di masing-masing Kecamatan di Kota Pontianak.

Model yang dihasilkan pada skenario ini yaitu beban pengelolaan sampah di TPA berkurang maka kebutuhan lahan *control landfill* juga berkurang. Sehingga memperpanjang umur lahan TPA Batu Layang dan mengurangi resiko pencemaran lingkungan di sekitar TPA.



Gambar 4. Grafik Pengurangan Sampah Kota Pontianak (A), Grafik Penanganan Sampah Kota Pontianak (B), Grafik Volume Penanganan Sampah TPA Skenario A (C), Grafik Penanganan Sampah TPA Skenario B (D) dan Grafik Penanganan Sampah TPA Skenario C (E)

Tabel 4. Skenario Pengelolaan Sampah Kota Pontianak

Variabel	BAU (2023)	Hasil Simulasi 2025			Hasil Simulasi 2032		
		Skenario A	Skenario B	Skenario C	Skenario A	Skenario B	Skenario C
Pengelolaan Sampah	99,97 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Pengurangan Sampah	24,86 %	30,22 %	30,22 %	43,92 %	31,54 %	31,54 %	41,17 %
Penanganan Sampah	75,11 %	69,78 %	69,78 %	56,08 %	68,64 %	68,64 %	58,83 %
Sampah tidak tertangani	0,03 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Volume <i>landfill</i>	98 %	97,74 %	97,74 %	95,95 %	97,85 %	0 %	0 %

Berdasarkan skenario yang telah disusun, dapat dilihat beberapa parameter dan nilai dari skenario pengelolaan sampah di Kota Pontianak sampai dengan 2032 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 menggunakan asumsi bahwa persentase pengelolaan sampah mencapai 100 % yang berdasarkan pada jumlah, rata-rata volume angkutan sampah dan ritase armada dengan menggunakan kondisi dasar (2019 – 2023). Artinya, jumlah kendaraan yang berada di Dinas Lingkungan Hidup sudah mencukupi dari jumlah timbulan sampah di Kota Pontianak. Hal tersebut dikarenakan terjadi pada kondisi sebagai berikut:

1. Jenis sampah yang diangkut oleh kendaraan angkutan sampah. Jenis sampah yang ditimbulkan dari kegiatan pelaku usaha seperti ritel, hotel dan rumah sakit sebagian besar sampah yang

ditimbulkan merupakan sampah anorganik seperti kertas, bungkus makanan serta jenis plastik lainnya sehingga mempengaruhi kapasitas angkut sampah yang tidak sesuai dengan kapasitas armada sampah. Dalam hal ini, Pemerintah Kota Pontianak dapat mengganti beberapa angkutan sampah yang melayani ritase pada kegiatan pelaku usaha menjadi armada sampah jenis truk *compactor*. Truk *compactor* ini selain untuk memadatkan sampah juga untuk mengatasi polusi bau karena bentuk kendaraan yang tertutup. Selain itu dapat menerapkan model *vehicle Routing Problem* (VRP) yang difungsikan sebagai model untuk mengoptimalkan rute pengangkutan sampah yang tersebar di lokasi Tempat

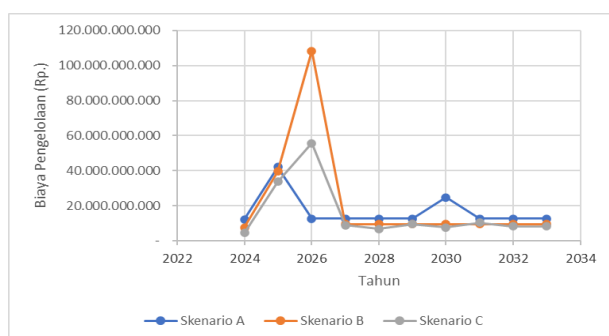
Penampungan Sementara (TPS) (Jamaludin, Mulyati, and Setiawan Slamet 2022).

2. Penambahan volume sampah dari penduduk Kabupaten lain seperti Kabupaten Kubu Raya. Karena Kota Pontianak secara administrasi dikelilingi oleh Kabupaten Kubu Raya, sampah yang dihasilkan oleh masyarakat yang berdomisili di Kubu Raya membuang sampah pada TPS terdekat yang ada di Kota Pontianak.

Pada skenario B dan C, sampah yang masuk ke TPA semua diproses menjadi kompos dan RDF sehingga tidak lagi menggunakan sistem *control landfill*. Sampah yang masuk ke TPA Batu Layang dikelola dengan konsep yang ramah lingkungan. Hal ini memperkecil resiko pencemaran lingkungan akibat sampah. Dari penelitian sebelumnya mengatakan bahwa teknologi RDF lebih ramah lingkungan dibanding dengan *open dumping* dan insenerator (Anasstasia et al. 2020). Implementasi RDF program *co-firing* pada PLTU PLN menunjukkan hasil yang positif. Seperti di beberapa daerah antara lain; PLTU Jeranjang kapasitas 100 MW, PLTU Angrek kapasitas 56 MW dan PLTU Barru kapasitas 100 MW dengan bahan bakar campuran RDF dan Batu Bara (Jamilatun et al. 2025). Proses produksi RDF dengan metode *mechanical Biological Treatment* (MBT) dapat menurunkan kadar air dan meningkatkan nilai kalori sampah (Maulidayanti et al. 2024).

3.7. Kebutuhan Anggaran

Kebutuhan anggaran dalam pengelolaan sampah antara lain; biaya pengadaan dan pemeliharaan sarana angkutan sampah serta sarana pengolahan sampah. Dalam menjalankan skenario yang ditawarkan, dibutuhkan anggaran biaya yang digambarkan pada grafik Gambar 5.



Gambar 5. Kebutuhan Anggaran Berdasarkan Skenario Pengelolaan Sampah Kota Pontianak

Gambar 5 menunjukkan kebutuhan anggaran untuk penambahan sarana dan prasarana pengolahan sampah pada skenario-skenario yang ditawarkan. Kebutuhan anggaran bergantung dengan teknologi yang digunakan. Semakin tinggi teknologi yang digunakan maka semakin tinggi kebutuhan biaya pengelolaan sampah di Pemerintah Daerah. Dalam mengakomodir kebutuhan biaya pembangunan dan penambahan sarana dan prasarana pengelolaan sampah dapat menggunakan Dana Hibah yang berasal

dari beberapa Kementerian yang mengampu bidang persampahan yaitu Kementerian Pekerjaan Umum dan penataan Ruang (PUPR), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) serta Kementerian Dalam Negeri yang bekerjasama dengan Bank Dunia.

Pada skenario B, anggaran yang dibutuhkan lebih tinggi dibanding dengan skenario A dan C. Hal tersebut dikarenakan tingginya beban pengelolaan di TPA Batu Layang. Sekitar 70% timbulan sampah yang dihasilkan diangkut menuju TPA sehingga biaya operasional pengangkutan sampah juga lebih tinggi. Jika dibandingkan dengan skenario A dengan anggaran yang paling rendah, dapat menimbulkan pencemaran lingkungan akibat pengelolaan sampah yang tidak ramah lingkungan. Pada skenario A hampir Sebagian besar sampah yang masuk TPA dilakukan penumpukan dan penutupan secara berkala sehingga kebutuhan lahan untuk TPA akan meningkat. Sedangkan pada skenario C, kebutuhan anggaran yang diperlukan berada pada urutan kedua terbesar. Dikarenakan skenario C mengoptimalkan pengelolaan sampah dari sumber, maka terjadi efisiensi pengangkutan sampah ke TPA sehingga operasional pengangkutan sampah untuk tahun berikutnya berkurang. Dari ketiga skenario diatas, skenario B merupakan skenario yang paling mendekati dengan kondisi di Kota Pontianak dikarenakan kebutuhan lahan untuk pengelolaan sampah di Kota Pontianak yang semakin terbatas dengan pesatnya kemajuan pembangunan dan kepadatan penduduk serta budaya pemilahan sampah yang masih minim yang akan berdampak pada timbulnya konflik sosial dimasyarakat. Untuk itu, diperlukan konsep pengelolaan sampah yang menggunakan teknologi modern dalam mengatasi permasalahan sampah di Kota Pontianak. Budaya pemilahan sampah masih menjadi kunci utama dalam rencana pembangunan sistem pengelolaan sampah sehingga memerlukan panduan yang rinci untuk membantu warga beradaptasi dengan kebijakan yang dibuat (Xiao et al. 2020).

4. KESIMPULAN

Target pengelolaan sampah di Kota Pontianak pada tahun 2025 yaitu penanganan sampah sebesar 70% dan Pengurangan sampah sebesar 30%. Dalam mencapai target tersebut, Pemerintah Kota Pontianak harus menentukan strategi yaitu dengan membangun model pengelolaan sampah Kota Pontianak. Variabel penentu dalam mencapai target pengelolaan sampah tersebut adalah penambahan sarana pengolahan sampah. Terdapat 3 (tiga) skenario yang ditawarkan antara lain; skenario Jakstrada (A), Skenario Optimalisasi TPA (B) dan Skenario Optimalisasi Pengurangan di sumber (C). perbedaan dari skenario A dan B adalah pada pengelolaan sampah di TPA, skenario A menggunakan sistem yang ada sekarang yaitu dengan sistem *control landfill*, sedangkan skenario B menggunakan sarana pengolahan seperti pengomposan dan RDF. Sehingga sampah yang masuk di TPA dapat terkelola dan tidak berpotensi

mencemari lingkungan. Pada skenario C, dibutuhkan penambahan sarana pengelolaan sampah di masyarakat sehingga perlu komitmen yang kuat dari Pemerintah dalam penyiapan lahan dan kebijakan pengelolaan sampah dari sumber.

Dari ketiga skenario yang ditawarkan, skenario B merupakan skenario yang paling mendekati dengan kondisi pengelolaan sampah di Kota Pontianak. karena dilihat dari keterbatasan lahan dalam pembangunan sarana pengolahan di sumber serta komitmen Pemerintah daerah dalam peningkatan sarana prasarana di TPA menuju Zero Waste. Untuk itu, Dibutuhkan komitmen dari Pemerintah Kota Pontianak dalam pelaksanaan kebijakan pengelolaan sampah serta peran aktif dan kolaborasi dari stakeholder terkait dan masyarakat Kota Pontianak sehingga sampah dapat menjadi potensi bukan masalah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Kafeel. 2012. "A System Dynamics Modeling of Municipal Solid Waste Management Systems in Delhi." *International Journal of Research in Engineering and Technology* 01 (04): 628-41. <https://doi.org/10.15623/ijret.2012.0104014>.
- Akliyah, Lely Syiddatul, Hidayatullah. 2018. "Identifikasi Peran Serta Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah Di Kota Pontianak." *Prosiding Perencanaan Wilayah Dan Kota* 4: 49-55.
- Anasstasia, T. T., E. Lestianingrum, R. B. Cahyono, and M. M. Azis. 2020. "Life Cycle Assessment of Refuse Derived Fuel (RDF) for Municipal Solid Waste (MSW) Management: Case Study Area Around Cement Industry, Cirebon, Indonesia." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 778 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/778/1/012146>.
- Artika, Ika, and Mochammad Chaerul. 2020. "Model Sistem Dinamik Untuk Evaluasi Skenario Pengelolaan Sampah Di Kota Depok." *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan* 8 (3): 261-79. <https://doi.org/10.14710/jwl.8.3.261-279>.
- Darmawan, Adi, Tri Edhi Budhi Soesilo, and Sri Wahyono. 2020. "Model Optimasi Pengelolaan Sampah Di Tpa." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Lingkungan Dan Pembangunan* 21 (02): 13-29. <https://doi.org/10.21009/plpb.212.02>.
- Dhar, Arindam. 2017. "Landfill Mining - A Comprehensive Literature Review LANDFILL MINING - A COMPREHENSIVE REVIEW A REPORT BY - ENHANCED GRADUATE TEACHING ASSISTANT UNIVERSITY OF TEXAS AT ARLINGTON," no. June. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31092.55687>.
- Hutabarat, Lolom, and Agnes Mulyani. 2022. "Analisis Korelasi Tingkat Pemahaman Masyarakat Terhadap Perilaku Pemilahan Dan Pengolahan Sampah Di Dusun Pade Mare Lombok Utara." *Jurnal Ilmu Lingkungan* 20 (3): 646-53. <https://doi.org/10.14710/jil.20.3.646-653>.
- Ibarra Vega, Danny, and Sandra Bautista-Rodriguez. 2024. "The Impact of Circular Economy Strategies on Municipal Waste Management: A System Dynamics Approach." *Cleaner Engineering and Technology* 21 (June 2023): 100761. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100761>.
- Imam Gunadi, Gathut, Taufik Nur Isman, Ridwan Alawi, Alvian Hadinata Tambunan, Prawoto, and Eka Maulana. 2023. "Study of the Potential of Refuse Derived Fuel (RDF) at the Cipayung Final Disposal Site (TPA) to Meet Industrial Quality Standards and Environmentally Friendly." *Jurnal Inotera* 8 (1): 73-81. <https://doi.org/10.31572/inotera.vol8.iss1.2023.id.217>.
- Jamaludin, Didin, Heti Mulyati, and Alim Setiawan Slamet. 2022. "Strategi Optimasi Jaringan Distribusi Sampah Organik Di Tangerang Selatan." *Jurnal Manajemen Dan Organisasi* 13 (4): 371-83. <https://doi.org/10.29244/jmo.v13i4.33208>.
- Jambeck, Jenna R., Roland Geyer, Chris Wilcox, Theodore R. Siegler, Miriam Perryman, Anthony Andrady, Ramani Narayan, and Kara Lavender Law. 2015. "Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean." *Science* 347 (6223): 768-71. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>.
- Jamilatun, Siti, Universitas Ahmad Dahlan, Universitas Ahmad Dahlan, M Idris, Universitas Ahmad Dahlan, Martomo Setyawan, and Universitas Ahmad Dahlan. 2025. "Potensi Dan Tantangan Pemanfaatan Refuse Derived Fuel Dalam Co-Firing PLTU Di Indonesia : A Review Potensi Dan Tantangan Pemanfaatan Refuse Derived Fuel Dalam Co-Firing PLTU Di," no. February.
- Luqman, Luqman, Sarifuddin Madenda, and Prihandoko Prihandoko. 2023. "Polynomial Regression Model Utilization to Determine Potential Refuse-Derived Fuel (RDF) Calories in Indonesia." *Energies* 16: 7200. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en16207200>.
- Maulidayanti, Esti Mega, Manis Yuliani, Muhammad Haqqiyuddin Robbani, Erliza Hambali, and D W I Setyaningsih. 2024. "Evaluasi Produksi Refuse-Derived Fuel (RDF) Dari Sampah Perkotaan (Studi Kasus : RDF Plant Di Kabupaten Cilacap) Evaluating Refuse-Derived Fuel (RDF) Production from Municipal Solid Waste (Case Study : Cilacap Regency RD." *Jurnal Teknologi Lingkungan* 25 (2). <https://doi.org/https://doi.org/10.55981/jt.2024.1008>.
- Mujayyin, Farid, Dea Argita Gunarso, and Nugrahadji Djazaul Mukhsinin. 2020. "Analisis Keandalan Teknologi Pengolah Sampah TPA Menjadi Bahan Bakar Refuse Derived Fuels (RDF) Dengan Pendekatan Six Sigma DMAIC." *Jurnal Mekanik Terapan* 1 (2): 133-41. <https://doi.org/10.32722/jmt.v1i2.3360>.
- Mulyati, T., M. Mutawaqqil, Ilyas, and H. Y. Sastra. 2019. "Planning A Village Waste Management System Using System Dynamics Modelling and Simulation: TPS 3R Case Study in Aceh, Indonesia." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 536 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012072>.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. 2018. "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.10/MENLHK/SETJEN/PLB.0/4/2018 Tentang Pedoman Penyusunan Kebijakan Dan Strategi Daerah Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga."
- Qadri, Ul, Riska Wahyuni, and Lilis Listiyawati. 2020.

- Bressti, L. L., Gusmayanti, E., dan Yani, A. (2026). Skenario Pengelolaan Sampah di Kota Pontianak Menggunakan Model Sistem Dinamik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(4), 831-841, doi:10.14710/jil.24.4.831-841
- "Inovasi Manajemen Pengelolaan Sampah Yang Berwawasan Lingkungan Di Kota Pontianak Berbasis Aplikasi." *Jurnal Eksos*, no. 2.
- Ramachandra, T. V., H. A. Bharath, Gouri Kulkarni, and Sun Sheng Han. 2018. "Municipal Solid Waste: Generation, Composition and GHG Emissions in Bangalore, India." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82 (June 2017): 1122-36. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.085>.
- Sarc, R., and K. E. Lorber. 2013. "Production, Quality and Quality Assurance of Refuse Derived Fuels (RDFs)." *Waste Management* 33 (9): 1825-34. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.05.004>.
- Solihin, Muhtar Mochamad, Pudji Muljono -, and Dwi Sadono -. 2019. "Partisipasi Ibu Rumah Tangga Dalam Pengelolaan Sampah Melalui Bank Sampah Di Desa Ragajaya, Bojonggede-Bogor Jawa Barat." *Jurnal Ilmu Lingkungan* 17 (3): 388. <https://doi.org/10.14710/jil.17.3.388-398>.
- Vélez, Sandra Liliana Palacio, and Nicolás Escalante Mora. 2016. "System Dynamics Model for the Municipal Solid Waste Management System in the Metropolitan Area of Medellín, Colombia." *International Journal of Environment and Waste Management* 18 (2): 161-80. <https://doi.org/10.1504/IJEW.2016.080404>.
- Wang, Wen jing, and Xue yi You. 2021. "Benefits Analysis of Classification of Municipal Solid Waste Based on System Dynamics." *Journal of Cleaner Production* 279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123686>.
- Xiao, Shijiang, Huijuan Dong, Yong Geng, Medel Jimenez Francisco, Hengyu Pan, and Fei Wu. 2020. "An Overview of the Municipal Solid Waste Management Modes and Innovations in Shanghai, China." *Environmental Science and Pollution Research* 27 (24): 29943-53. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09398-5>.
- Youlla, Donna, Ellyta Ellyta, and Sri Widarti. 2020. "Mengatasi Problematika Sampah Rumah Tangga Di Kota Pontianak." *Jurnal Pengabdian Al-Ikhlas* 6 (1): 1-9. <https://doi.org/10.31602/jpaiuniska.v6i1.3355>.