



Usulan Pengelolaan Sampah di Kelurahan Margasari Kota Bandung Menggunakan Pemodelan Dinamika Sistem

Proposed Waste Management in Margasari Village, Bandung City using System Dynamics Modeling

Winna Miftahuljanah¹, Didit Damur Rochman^{2*}

^{1,2} Program Studi Teknik Industri, Universitas Widyatama

Email: ¹winna.miftahuljanah@widyatama.ac.id, ²diditdr@widyatama.ac.id

*Penulis korespondensi: diditdr@widyatama.ac.id

Direview: 12 Agustus 2024

Diterima: 19 Agustus 2024

ABSTRAK

Kelurahan Margasari berlokasi di Jawa Barat, Indonesia yang beralamat di Jalan Cipagalo Girang No. 9. Kelurahan ini memiliki luas 272,18 hektar, Margasari merupakan kelurahan terluas di Kecamatan Buah Batu sebesar 37%. Kelurahan Margasari termasuk salah satu Kelurahan yang menghasilkan banyak timbulan sampah yang berasal dari 2 kegiatan yaitu rumah tangga dan bisnis. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi aliran sampah di Kelurahan Margasari serta merancang usulan pengelolaan sampah untuk mengurangi jumlah timbulan sampah di Kelurahan Margasari berdasarkan hasil simulasi dinamika sistem. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan pendekatan dinamika sistem. Simulasi dilakukan terhadap 3 skenario yaitu skenario 1 yang merupakan skenario baseline atau keadaan nyata di lapangan, lalu skenario 2 yaitu terdapat pemilahan sampah dengan sampah organik 100% didaur ulang dan anorganik berdasarkan proporsi. Selanjutnya skenario 3 terdapat pemilahan sampah namun dengan jumlah sampah organik 100% tidak diolah dan anorganik 100% diolah. Berdasarkan hasil simulasi dilakukan selama 1.000 hari, perbandingan skenario jumlah sampah di TPA yang paling minimum adalah skenario 3 yaitu sebanyak 4.813,28 kg/hari. Jumlah sampah di TPA jauh berkurang karena pemilahan sampah yang dilakukan 100% dalam kategori anorganik. Hal ini menunjukkan bahwa skenario yang paling efektif untuk membuat kurangnya timbulan sampah di TPA yaitu dengan memaksimalkan pemilahan sampah di Kelurahan Margasari. Dari validasi model terbukti bahwa dinamika sistem dapat diaplikasikan untuk menganalisis keterkaitan berbagai macam faktor yang perlu dipertimbangkan dalam proses perencanaan untuk mencapai pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Kata kunci: *Dinamika Sistem, Pengelolaan Sampah, Simulasi, Skenario, Timbulan Sampah*

ABSTRACT

Kelurahan Margasari in Bandung West Java, located at Jalan Cipagalo Girang No. 9. Covering an area of 272.18 hectares, Margasari is the largest kelurahan in the kecamatan Buah Batu, accounting for 37% of its total area. Margasari is among the kelurahan that generate substantial waste, originating from household and business activities. The research aims to identify waste flow in kelurahan Margasari and propose waste management strategies to reduce waste generation based on system dynamics simulation results. A quantitative approach employing system dynamics methodology is utilized. Simulations encompass three scenarios: Scenario 1 represents the baseline, Scenario 2 involves waste sorting with 100% organic waste recycling and proportional distribution of inorganic waste, while Scenario 3 incorporates waste sorting with 100% organic waste remaining untreated and 100% inorganic waste processed. Over a 1,000-day simulation period, Scenario 3 exhibits the lowest waste amount deposited in the landfill, totaling 4,813.28 kg/day. This reduction is attributed to the full segregation of inorganic waste. Thus, maximizing waste sorting in kelurahan Margasari proves to be the most effective approach in minimizing landfill waste. Model validation confirms the applicability of system dynamics in analyzing interrelated factors crucial for sustainable waste management planning.

Keywords: *Scenarios, Simulation, System Dynamics, Waste Generation, Waste Management,*

1. PENDAHULUAN

Penumpukan sampah saat ini masih menjadi masalah besar dalam segi kebersihan salah satunya di Kelurahan Margasari Kota Bandung. Kendala besarnya total sampah yang dihasilkan menyebabkan pengelolaan sampah tidak terorganisasikan dengan baik. Sampah yang seharusnya bisa didaur ulang menjadi tidak berguna karena penerapan pengelolaan sampah yang kurang baik. Keadaan inilah yang menjadikan timbulan sampah yang terus bertambah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Jumlah sampah di Kota Bandung setiap tahunnya mengalami perkembangan. Beberapa tahun yang lalu jumlah sampah di Kota Bandung menurut BPS Kota Bandung mencapai 7.500 ton/harinya. Banyaknya jumlah sampah yang dihasilkan ini menjadi faktor utama timbulan sampah di Tempat Pembuangan Akhir turut bertambah.



Gambar-1. Dinamika Jumlah Sampah Kota Bandung (Open Data Jabar, 2022)

Gambar 1 menunjukkan dinamika jumlah sampah di Kota Bandung selama 6 tahun terakhir. Sampah yang menumpuk berasal dari beberapa sumber aktivitas seperti rumah tangga, bisnis, sarana publik hingga pasar. Tercatat di [Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional \(SIPSN\)](#) sumber sampah di provinsi Jawa Barat lebih tepatnya kota Bandung pada tahun 2021. Penghasil sampah terbesar tidak lain merupakan rumah tangga. Rumah tangga menghasilkan sampah terbanyak 60% dan di peringkat kedua penyumbang terbanyak sampah yaitu fasilitas publik sebanyak 13,3%, selanjutnya pasar sebanyak 10%, perniagaan 6%, kawasan 5%, perkantoran 4%, dan aktivitas lainnya sebanyak 1,7%.

Jumlah penduduk termasuk ke dalam faktor penyebab bertambahnya timbulan sampah, jumlah penduduk yang terus meningkat setiap waktu mengakibatkan naiknya jumlah limbah pembuangan rumah tangga. Selain rumah tangga, sumber sampah lain berasal dari bisnis. Penghasil sampah yang terus menerus bertambah tanpa melakukan pengelolaan yang benar menyebabkan sampah yang seharusnya bisa dimanfaatkan menjadi terbuang.

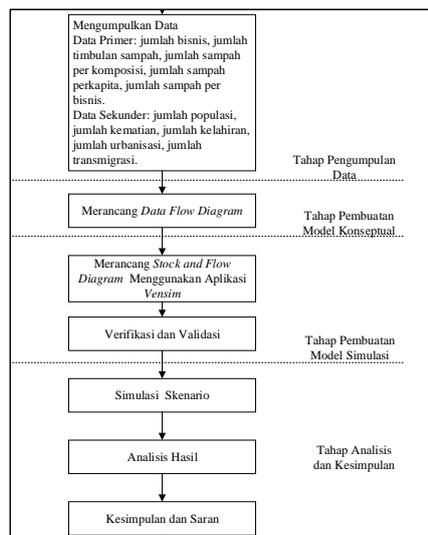
Kelurahan Margasari termasuk salah satu Kelurahan yang menghasilkan banyak timbulan sampah yang berasal dari 2 kegiatan yaitu rumah tangga dan bisnis. [Kantor Kelurahan kelurahan](#) Margasari berlokasi di Jawa Barat, Indonesia yang beralamat di Jalan Cipagalo Girang No. 9. Kelurahan ini memiliki luas 272,18 hektar, Margasari merupakan kelurahan terluas di Kecamatan Buah Batu sebesar 37%. Kelurahan Margasari memiliki 21 RW dan 152 RT dengan total penduduk 39.467 orang dan tercatat memiliki 12.137 Kepala Keluarga (KK) (BPS Kota Bandung, 2019). Kelurahan Margasari, tercatat masih adanya timbulan sampah anorganik sebesar 5.556,5 kg/hari. Keadaan lapangan menunjukkan bahwa sistem pengelolaan sampah di Kelurahan Margasari masih tertinggal. Mayoritas masyarakat di Kelurahan Margasari tidak berpikir untuk mengelola sampah namun hanya menilai sampah merupakan limbah buangan yang tidak bisa didaur ulang atau dimanfaatkan. Kelurahan Margasari sendiri sebenarnya sudah memfasilitasi tempat pengelolaan sampah namun karena terkendala oleh tenaga kerja pengelola maka kegiatan pengelolaan sampah tidak berlanjut (Nainggolan & dkk, 2022).

Pengelolaan sampah yang belum optimal di Kelurahan Margasari menjadi kendala terus bertambahnya jumlah timbulan sampah setiap harinya. Berdasarkan hasil wawancara kepada Kelurahan Margasari, jumlah timbulan sampah yang dihasilkan tahun 2019 sebanyak 24.235,2 kg/hari. Timbulan sampah banyak mengakibatkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan sekitar, hal itu menjadi salah satu aspek yang menunjukkan bahwa betapa pentingnya pengelolaan sampah guna mengurangi timbulan sampah. Berdasarkan kondisi tersebut [penulis-bertujuan-tujuan dari penelitian ini](#) untuk membuat solusi untuk mengurangi jumlah timbulan sampah di Kelurahan Margasari dengan merancang usulan sistem pengelolaan sampah menggunakan pemodelan dinamika sistem.

Tujuan dari penelitian ini sendiri adalah mengidentifikasi aliran sampah di Kelurahan Margasari saat ini dan merancang usulan pengelolaan sampah untuk mengurangi jumlah timbulan sampah di Kelurahan Margasari berdasarkan hasil simulasi dinamika sistem

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dianalisis menggunakan dinamika sistem, dengan alur penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar-2. Alur Penelitian

Pengumpulan data merupakan pengumpulan informasi yang berguna untuk mendukung proses penelitian. Penelitian menggunakan 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data Primer berupa data jumlah bisnis, jumlah timbulan sampah, jumlah sampah per komposisi, jumlah sampah perkapita, jumlah sampah per bisnis. Data tersebut diperoleh dari hasil observasi, wawancara dan dokumentasi di Kelurahan Margasari. Sementara data Sekunder berupa jumlah populasi, jumlah kematian, jumlah kelahiran, jumlah urbanisasi, jumlah transmigrasi. Data tersebut diperoleh dari buku yang berjudul Buah Batu dalam Angka yang dipublikasikan oleh BPS Kota Bandung.

Selanjutnya tahap pembuatan model konseptual yaitu merancang *Data Flow Diagram (DFD)* (Davis, 2019; Rosa & M., 2018) yang bertujuan untuk memberikan gambaran bagaimana konsep sistem pengelolaan sampah di Kelurahan Margasari. Merancang Perancangan DFD menggunakan data yang telah dikumpulkan yang bertujuan untuk mengetahui konsep dari sistem yang akan dibuat.

Tahap selanjutnya pembuatan model simulasi pertama merancang *Stock and Flow Diagram (SFD)* yang bertujuan untuk merepresentasikan sebuah sistem dengan menggunakan dua komponen utama yaitu stok dan aliran yang mempengaruhi stok tersebut. SFD dirancang menggunakan aplikasi *Vensim* dengan beracuan acuan padakepada DFD yang telah dibuat dengan mengubah aliran informasi pada DFD menjadi aliran material pada SFD. Kedua, verifikasi dan validasi dilakukan terhadap 3 modul SFD yaitu modul populasi, modul bisnis, dan modul timbulan sampah. Verifikasi dan validasi bertujuan untuk mengetahui apakah modul yang telah dirancang valid atau sesuai dengan keadaan sebenarnya. Tahap verifikasi dan validasi menggunakan 2 rumus error yaitu *Absolute Mean Error (AME)* dan *Absolute Variance Error (AVE)* (Barlas, 1996; Sterman, 2000; Jones, 2014).

1. Perbandingan rata-rata atau *Absolute Mean Error*

$$AME = \frac{\sum |S - \bar{A}|}{\bar{A}} \dots \dots \dots (i)$$

Dimana:

Field Code Changed



\bar{S} = nilai rata-rata hasil simulasi
 \bar{A} = nilai rata-rata data

Model dianggap valid apabila $AME \leq 5\%$

2. Perbandingan Variasi Amplitudo atau *Absolute Varian Error*

$$AVE = \left| \frac{Ss - Sa}{Sa} \right| \dots\dots\dots(ii)$$

Ss = standard deviasi model
 Sa = standard deviasi data

Model dianggap valid apabila $AVE \leq 30\%$.

Setelah model dikatakan valid selanjutnya masuk ke tahapan analisis dan kesimpulan dengan tahapan diawali simulasi skenario, terdapat tiga skenario yang penulis lakukan yaitu skenario 1 yang merupakan skenario *baseline* atau keadaan nyata di lapangan, lalu skenario 2 yaitu terdapat pemilahan sampah dengan sampah organik 100% didaur ulang dan anorganik dibagi berdasarkan proporsi. Selanjutnya skenario 3 terdapat pemilahan sampah namun dengan jumlah sampah organik 100% tidak diolah dan anorganik 100% diolah.

Alasan dari penggunaan ketiga skenario karena kemungkinan yang paling mendekati dengan keadaan asli adalah ketiga skenario tersebut. Keadaan lapangan yang menjadikan penulis memilih ketiga skenario ini yang paling memungkinkan untuk direalisasikan di Kelurahan Margasari. Alasan ini diperkuat dengan pemaparan dari hasil observasi yaitu proses pemilahan sampah dapat dilakukan karena Kelurahan Margasari sudah memfasilitasi tempat pengelolaan sampah. Tahap selanjutnya adalah analisis yang dilakukan terhadap hasil dari ketiga skenario yang telah dirancang. Dalam analisis ini, akan dibahas permasalahan yang muncul dari setiap skenario serta solusi yang paling optimal bagi masing-masing skenario tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Letak Kondisi Lokasi Penelitian

Kelurahan Margasari, Kecamatan Buah Batu, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia yang beralamat di Jalan Cipagalo Girang No. 9. Kelurahan ini memiliki luas 2,56 hektar, Margasari merupakan kelurahan terluas di Kecamatan Buah Batu sebesar 37%. Kelurahan Margasari memiliki 21 RW dan 152 RT dengan total penduduk 39.467 orang dan tercatat memiliki 11.100 Kepala Keluarga (KK) (BPS Kota Bandung 2020).

Berdasarkan data yang penulis peroleh dari Badan Pusat Statistika (BPS) lebih tepatnya publikasi Kecamatan Buah Batu pada tahun 2019-2020 jumlah penduduk di Kelurahan Margasari mengalami perubahan setiap tahunnya. Berikut data jumlah penduduk di Kelurahan Margasari selama 2 tahun ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel-1. Jumlah Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Jumlah Kelahiran (Jiwa)	Jumlah Kematian (Jiwa)	Jumlah Urbanisasi (Jiwa)	Jumlah Transmigrasi (Jiwa)
2019	39.467	444	210	-	-
2020	39.303	439	194	837	815

Berdasarkan data yang penulis peroleh dari Kelurahan terdapat berbagai bisnis mikro dan makro di wilayah Kelurahan Margasari. Pihak Kelurahan memaparkan jumlah bisnis yang terdapat di Kelurahan Margasari selama 2 tahun. Data jumlah bisnis yang terdapat di Kelurahan Margasari ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel-2. Jumlah Bisnis

Tahun	Jumlah	Tingkat Penambahan	Tingkat Penurunan
2019	37		
2020	40	3	0

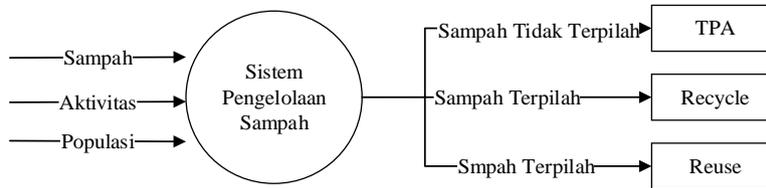
Berdasarkan hasil observasi dan wawancara di lapangan pihak kelurahan memaparkan data sampah yang dihasilkan setiap tahunnya yang bersumber dari bisnis dan rumah tangga disampaikan pada tabel 3. Berikut data sampah di Kelurahan Margasari selama 2 tahun ditunjukkan ditunjukkan pada tabel 3 menunjukkan adanya peningkatan timbulan sampah karena aktivitas bisnis yang meningkat namun terjadi penurunan pada sampah rumah tangga. Hal ini ditengarai oleh peningkatan jumlah bisnis serta penurunan jumlah penduduk di kelurahan Margasari.

Tabel-3. Jumlah Timbulan Sampah

Tahun	Sampah RT (kg/tahun)	Sampah Bisnis (kg/tahun)	Timbulan Sampah (kg/tahun)
2019	8.643.273	202.575	8.845.848
2020	8.607.357	219.000	8.826.357

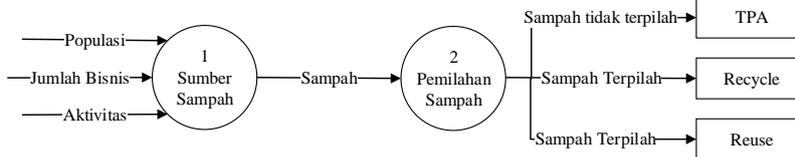
3.2 Pemodelan Sistem Data Flow Diagram

DFD level 0 menggambarkan sistem, berinteraksi dengan entitas eksternal lain. Sistem pengelolaan sampah berinteraksi dengan entitas TPS, Recycle dan Reuse. Gambar 3 merupakan Data Flow Diagram (DFD) level 0.



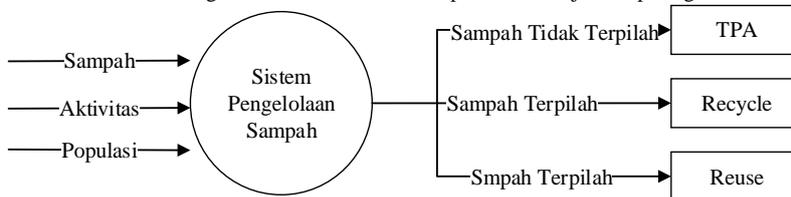
Gambar-3. DFD Level 0

DFD level 1 menggambarkan mengenai modul-modul yang ada dalam sistem pengelolaan sampah. DFD level 1 adalah hasil breakdown dari DFD level 0 yang telah dibuat. DFD level 1 menunjukkan bahwa alur sistem yang dimulai dengan populasi, jumlah bisnis dan aktivitas. Gambar 4 merupakan DFD level 1.



Gambar-4. DFD Level 1

DFD level 2 merupakan hasil breakdown dari level satu. Level 2 proses 1 menggambarkan sumber sampah di Kelurahan Margasari yaitu terdapat 2 sumber dari rumah tangga dan bisnis dengan masing-masing indikator penunjang dalam menghasilkan sampah. Sampah rumah tangga menghasilkan sampah dengan indikator populasi dan jumlah sampah atau luaran/populasi sementara untuk bisnis indikatornya yaitu jumlah bisnis dan luaran/bisnis. Berikut gambaran dari DFD level 2 proses 1 ditunjukkan pada gambar 5



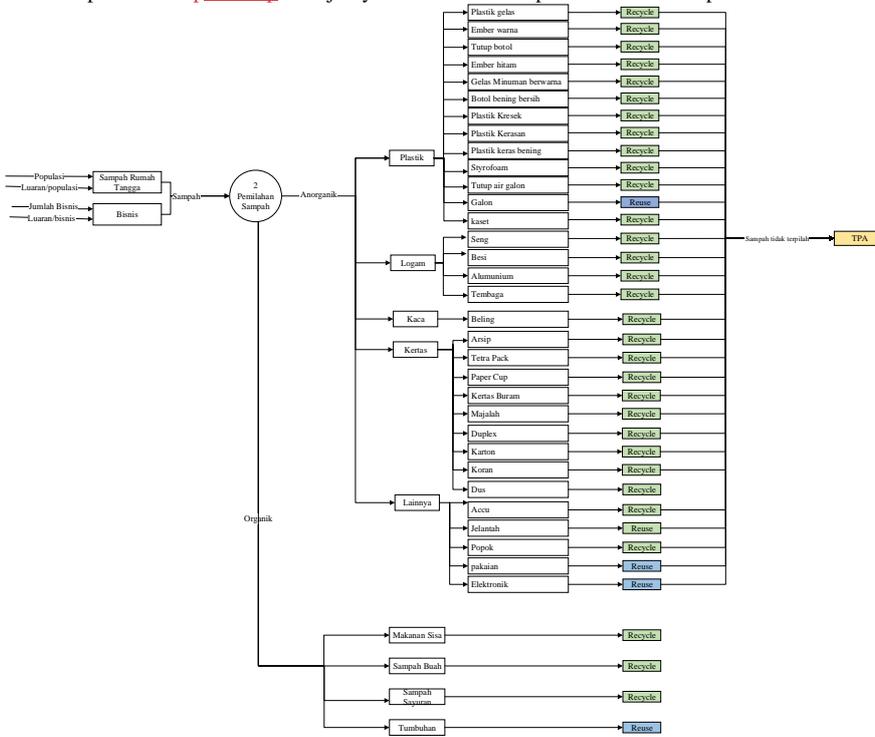
Gambar 5 DFD Level 2 Proses 1

Level 2 proses 2 menggambarkan proses pemilahan sampah. Pemilahan sampah diawali dengan pemisahan antara sampah organik dan sampah anorganik. Lalu, sampah dipilah berdasarkan jenisnya. Jenis sampah anorganik berjumlah 5 jenis sampah dan organik memiliki 4 jenis sampah. Sampah Anorganik

Formatted: Not Highlight

di ~~klasifikasikan~~ ~~klasifikasi~~ kembali berdasarkan karakteristik sampahnya sehingga akan memudahkan ketika akan dipilah ~~ketahap~~ ~~tahap~~ selanjutnya. Gambar 6 merupakan DFD level 2 proses 2:

Formatted: Not Highlight



Gambar-6. DFD Level 2 Proses 2

Stock and Flow Diagram (SFD)

Stock and Flow Diagram (SFD) digunakan untuk menggambarkan hubungan dinamik antar variabel dan menyimulasikan perilaku sistem. Terdapat empat modul yang digunakan yaitu stok (stock), aliran (flows), konverter (converters), dan konektor (connectors). Berikut Stock and Flow Diagram yang telah di buat.

1. Modul Jumlah Penduduk

Sebelum model dijalankan berikut merupakan unsur pembentuk variabel dan sub variabel adalah sebagai berikut:

- a) Laju kematian kasar: 0,0013% per hari yang didapatkan dari perhitungan jumlah kematian berbanding jumlah penduduk
- b) Laju Urbanisasi/urbanisasi: 0,0061% per hari
- c) Jumlah penduduk awal: 39.467 jiwa;
- d) Laju Kelahiran/kelahiran: 0,0023% per hari yang didapatkan dari perhitungan jumlah kelahiran berbanding jumlah penduduk
- e) Laju transmigrasi 0,0058% per hari

Asumsi diatas diperoleh berdasarkan data primer dari buku Buah Batu dalam Angka kemudian disertai dengan data yang diperoleh dari Kelurahan Margasari. Berikut merupakan modul jumlah penduduk yang disajikan pada gambar 7

Formatted: Font: 11 pt, Font color: Black, Lowered by 0.5

Formatted: List Paragraph, Left 0 ch, First line: 0 ch, Add space between paragraphs of the same style, Numbered + Level: 1 + Numbering Style: 1, 2, 3, ... + Start at: 1 + Alignment: Left + Aligned at: 0 cm + Indent at: 0.63 cm

Formatted: Font: 11 pt, Font color: Black, Lowered by 0.5

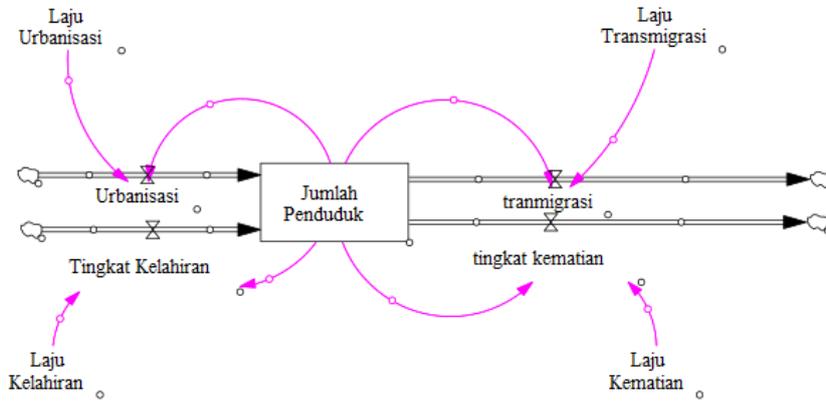
Formatted: List Paragraph, Indent: Left 0 ch, First line: 0 ch, Add space between paragraphs of the same style, Numbered + Level: 1 + Numbering Style: a, b, c, ... + Start at: 1 + Alignment: Left + Aligned at: 0 cm + Indent at:

Formatted: Font: 11 pt, Font color: Black, Lowered by 0.5

Formatted: Not Highlight

Formatted: Font: 11 pt, Font color: Black, Lowered by 0.5 pt, Not Highlight

Formatted: Font: 11 pt, Font color: Black, Lowered by 0.5



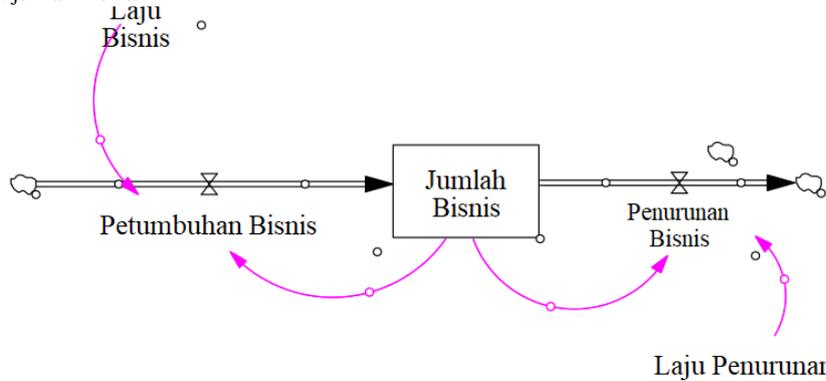
Gambar-7. Modul Jumlah Penduduk

2. 2. Modul Jumlah Bisnis

Modul jumlah bisnis merupakan modul yang dibuat untuk memperhitungkan jumlah bisnis dengan faktor penunjangnya merupakan tingkat pertumbuhan bisnis dan tingkat penurunan bisnis. ~~Sebelum model dijalankan, BE~~berikut ini merupakan unsur pembentuk variabel dan sub variabel adalah ~~sebagai berikut~~:

- a) Laju pertumbuhan bisnis: 0.00022% per hari
- b) Laju penurunan: 0% per hari
- c) Jumlah bisnis awal: 37 bisnis;

Asumsi diatas diperoleh dari buku Kelurahan Margasari. Berikut gambar 8 merupakan *Stock and Flow Diagram* jumlah Bisnis.



Gambar-8. Modul Jumlah Bisnis

3. 3. Modul Timbulan Sampah

Pembuatan modul timbulan sampah bertujuan untuk mengetahui jumlah timbulan sampah yang dihasilkan di Kelurahan Margasari. Sumber penunjang dari timbulan sampah ini adalah jumlah sampah per rumah tangga, jumlah sampah per bisnis. ~~Sebelum model dijalankan, Berikut merupakan u~~Unsur pembentuk variabel dan sub variabel ~~pada modul timbulan sampah~~ adalah sebagai berikut:

- a) Proporsi sampah per rumah tangga: 0.6 kg/hari
- b) Proporsi sampah per bisnis: 15 kg/hari

Formatted: Font: 11 pt, Font color: Black, Lowered by 0.5

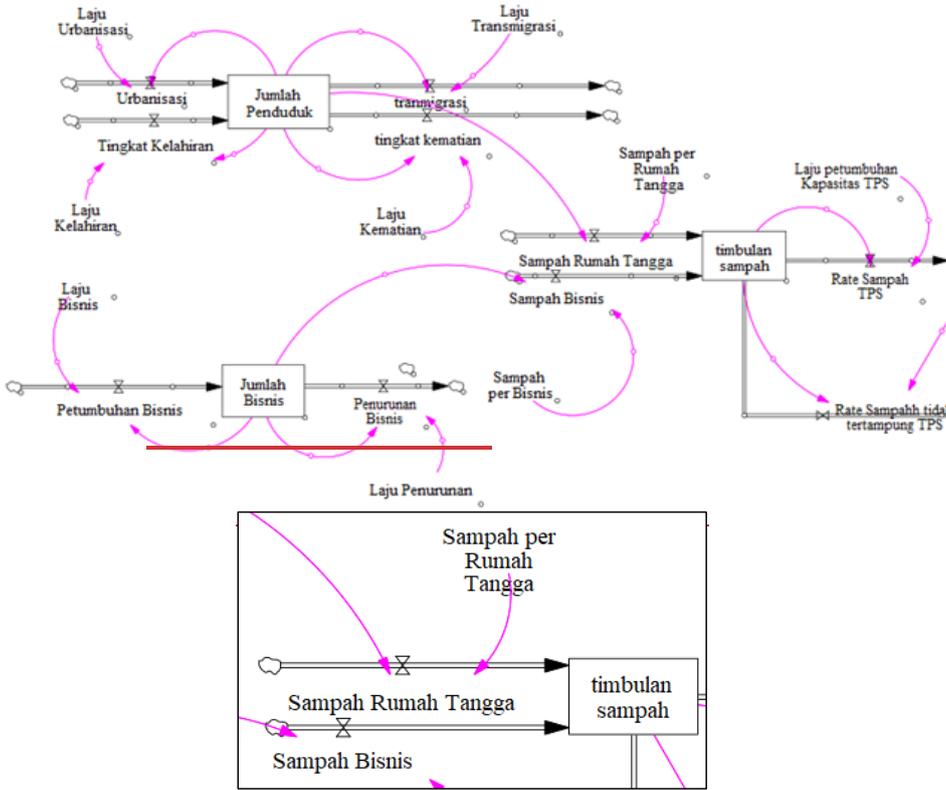
Formatted: Add space between paragraphs of the same style, No bullets or numbering

Formatted: Font: 11 pt, Font color: Black, Lowered by 0.5

Formatted: List Paragraph, Indent: Left 0 ch, First line: 0 ch, Add space between paragraphs of the same style, Numbered + Level: 1 + Numbering Style: a, b, c, ... + Start at: 1 + Alignment: Left + Aligned at: 0 cm + Indent at:

Formatted: No bullets or numbering

Formatted: Indent: Left 0 ch, First line: 0 ch, Numbered + Level: 1 + Numbering Style: a, b, c, ... + Start at: 1 + Alignment: Left + Aligned at: 0 cm + Indent at: 0.63 cm



Gambar-9. Modul Timbulan Sampah

3.3 Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk meyakinkan bahwa model telah memenuhi tujuan pembuatan model secara menyeluruh dan dapat merepresentasikan sistem nyata. Validasi dilakukan terhadap data historis yang ada. Validasi dilakukan terhadap ketiga modul yaitu modul jumlah penduduk, jumlah bisnis dan jumlah timbulan sampah.

Tabel-4. Validasi Modul Jumlah Penduduk

	Data	Simulasi
Rata Rata	1.183.814,55	1.183.786,80
Standar Deviasi	3,955	4,519
AME		0,00234%
AVE		12%

Tabel-5. Validasi Modul Jumlah Bisnis

	Data	Simulasi
Rata Rata	1.113,58	1.113,62
Standar Deviasi	0,0724	0,0692
AME		0,00413%
AVE		4,54%

Tabel-6. Validasi Modul Timbulan Sampah

	Data	Simulasi
Rata Rata	726.992,36	726.980,60

Standar Deviasi	1,2880	1,6124
AME	0,00162%	
AVE	20,12%	

Validasi dilakukan dengan menggunakan uji statistik yang dikembangkan oleh Barlas, Barlas (1996). Model dikatakan valid apabila nilai AME <5% dan AVE <30%. Hasil validasi menunjukkan bahwa seluruh model yang telah dibuat valid. Berdasarkan pada perhitungan validasi terhadap ketiga modul maka, model dikatakan valid.

Formatted: Not Highlight

Formatted: Not Highlight

3.4.3.4 Simulasi Skenario

a) a. Skenario Baseline

Skenario baseline atau skenario 1 ini merupakan simulasi dari keadaan yang sebenarnya di Kelurahan Margasari. Sebelum ke model asumsi yang diperlukan dalam skenario ini sebagai berikut:

Formatted: Font: 11 pt, Bold, Font color: Black, Lowered by 0.5 pt

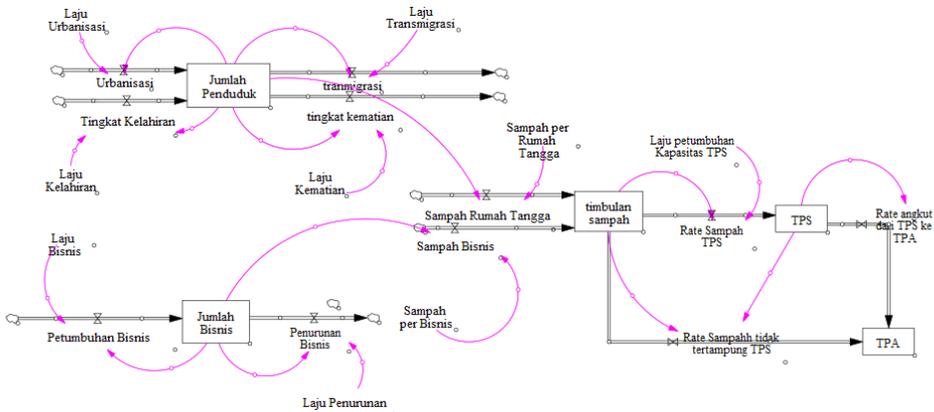
Formatted: List Paragraph, Left 0 ch, First line: 0 ch, Outline numbered + Level: 2 + Numbering Style: 1, 2, 3, ... + Start at: 4 + Alignment: Left + Aligned at: -0 cm + Indent at: 0.63 cm

Formatted: No bullets or numbering

Formatted: Font: Italic

- Laju kematian kasar: 0,0013% per hari
- Laju Urbanisasi: 0,0061% per hari
- Jumlah penduduk awal: 39.467 jiwa;
- Laju Kelahiran: 0,0023% per hari
- Laju transmigrasi 0,0058% per hari
- Laju pertumbuhan bisnis: 0,00022 per hari
- Laju penurunan: 0% per hari
- Jumlah bisnis awal: 37 bisnis;
- Proporsi sampah per rumah tangga: 0.6 kg/hari
- Proporsi sampah per bisnis: 15 kg/hari
- Laju pertumbuhan kapasitas TPS: 0,005% per hari

Berdasarkan asumsi diatas dibuatlah SFD yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar-10. Skenario Baseline

Gambar 10 menunjukkan simulasi skenario baseline, skenario ini merupakan skenario nyata yang ada dilapangan di lapangan atau di Kelurahan Margasari. Pengelolaan sampah yang diterapkan Kelurahan Margasari saat ini langsung menuju TPS dan berakhir di TPA. Kondisi ini mengakibatkan jumlah timbulan sampah menumpuk di TPS sehingga terjadi overload yang diharuskan sehingga dilakukan pengangkutan ke TPA langsung. Setiap hari TPA menerima sampah yang tidak tertampung di TPS barulah setelah TPS menampung beberapa hari kemudian TPS mengirim langsung ke TPA.

Formatted: Not Highlight

Formatted: Not Highlight

Formatted: Font: Italic, Not Highlight

b) b. Skenario 2: organik 100% diolah dan anorganik diolah berdasarkan proporsi

Formatted: No bullets or numbering

Skenario 2 ini merupakan simulasi jika adanya proses pemilahan pada timbulan sampah organik ditunjukkan pada model lampiran 1. Skenario ini memberikan gambaran apabila terdapat proses pemilahan di Kelurahan Margasari dengan pembagian 100% sampah organik diolah atau didaur ulang sementara anorganik dibagi menjadi sampah terpilah dan tidak terpilah sesuai dengan proporsi yang telah diasumsikan. Sebelum ke Parameter model asumsi yang diperlukan dalam skenario ini sebagai berikut:

- a) Laju kematian kasar: 0,0013% per hari
- b) Laju urbanisasi: 0,0061% per hari
- c) Jumlah penduduk awal: 39.467 jiwa;
- d) Laju kelahiran: 0,0023% per hari
- e) Laju transmigrasi 0,0058% per hari
- f) Laju pertumbuhan bisnis: 0,00022 per hari
- g) Laju penurunan: 0% per hari
- h) Jumlah bisnis awal: 37 bisnis;
- i) Proporsi sampah per rumah tangga: 0.6 kg/hari
- j) Proporsi sampah per bisnis: 15 kg/hari
- k) Laju pertumbuhan kapasitas TPS: 0,005% per hari
- l) Proporsi sampah anorganik: 80%
- m) Proporsi sampah organik: 20%

Berdasarkan gambar lampiran 14, alasan mengapa mengalami penurunan setiap harinya karena jumlah timbulan sampah di TPS yang merupakan hasil dari rumah tangga dan bisnis mengalami penurunan sehingga berdampak pada jumlah yang tersedia untuk dipilah. Skenario ini dibuat apabila jumlah sampah organik 100% dipilah dan masuk ke proses daur ulang. Skenario pemilahan sampah memberikan sebuah solusi bagi penumpukan sampah di TPA. Jumlah sampah di TPA akan berkurang dengan adanya skenario pemilahan sampah ini.

e) **c. Skenario 3: organik 100% tidak diolah dan anorganik 100% diolah**

Skenario 3 ini merupakan simulasi bila adanya proses pemilahan pada timbulan sampah anorganik, perbedaannya dengan skenario 1 dan 2 adalah pemilahan lain disini dengan proporsi sampah organik yang diolah sebesar 0% atau seluruh sampah organik dibuang ke TPA sementara sampah anorganik dipilah untuk di recycle atau reuse seperti yang ditunjukkan pada gambar lampiran 2. —Parameter model yang diperlukan dalam skenario ini sebagai berikut:

Sebelum ke model, asumsi yang diperlukan dalam skenario ini sebagai berikut:

Gambar-11. Skenario Organik 100% Diolah dan Anorganik Diolah Berdasarkan Proporsi

- Laju kematian kasar: 0,0013% per hari
- Laju urbanisasi: 0,0061% per hari
- Jumlah penduduk awal: 39.467 jiwa;
- Laju kelahiran: 0,0023% per hari
- Laju transmigrasi 0,0058% per hari
- Laju pertumbuhan bisnis: 0,00022 per hari
- Laju penurunan: 0% per hari
- Jumlah bisnis awal: 37 bisnis;
- Proporsi sampah per rumah tangga: 0.6 kg/hari
- Proporsi sampah per bisnis: 15 kg/hari
- Laju pertumbuhan Kapasitas kapasitas TPS: 0,005% per hari
- Proporsi sampah anorganik: 80%
- Proporsi sampah organik: 20%

Hasil dari skenario 3 pemilahan sampah menunjukkan perbedaan yang signifikan, dalam skenario ini jumlah sampah 100% diolah baik anorganik maupun organik. Hal ini menyebabkan jumlah sampah yang masuk ke TPA menjadi berkurang karena seluruh sampah anorganik telah diolah sehingga TPA hanya menerima sampah organik Hal tersebut menunjukkan bahwa sampah di TPA jauh berkurang jika skenario 3 ini dilakukan.

Analisis

Formatted: No bullets or numbering

Formatted: Not Highlight

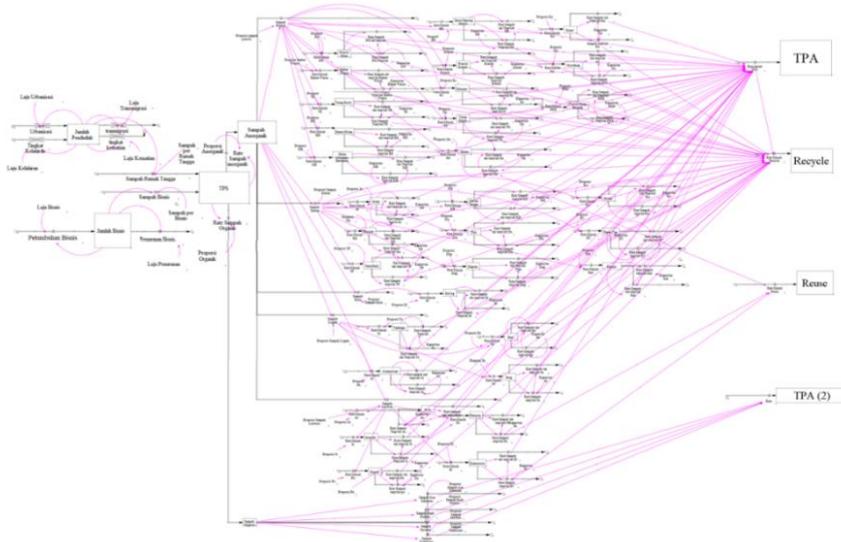
Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Formatted: Not Highlight

Perbandingan dilakukan terhadap jumlah sampah yang dihasilkan dalam setiap skenario. Penelitian ini menggunakan 3 model simulasi skenario yaitu skenario 1 yang merupakan skenario baseline atau keadaan nyata di lapangan, lalu skenario 2 yaitu terdapat pemilahan sampah dengan sampah organik 100% didaur ulang dan anorganik di bagi berdasarkan proporsi.

Lampiran 2: organik 100% tidak diolah dan anorganik 100% diolah



Gambar 12. Skenario organik 100% tidak diolah dan anorganik 100% diolah

Selanjutnya skenario 3 terdapat pemilahan sampah namun dengan jumlah sampah organik 100% tidak diolah dan anorganik 100% diolah. Pemilihan tiga skenario ini merupakan keputusan peneliti karena ketiga skenario ini yang paling memungkinkan terjadi di Kelurahan Margasari. Berikut merupakan hasil perbandingan ketiga skenario yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel-7. Hasil Perbandingan Simulasi Skenario

Parameter	Satuan	Target hari ke-1000		
		Skenario Baseline	Skenario 2	Skenario 3
Timbunan Sampah	kg/hari	24.066,2	24.066,2	24.066,2
Persentase sampah organik	%	20%	20%	20%
Persentase sampah anorganik	%	80%	80%	80%
Proporsi sampah organik terpilah	%	0%	100%	0%
Proporsi sampah Anorganik terpilah	%	0%	48%	100%

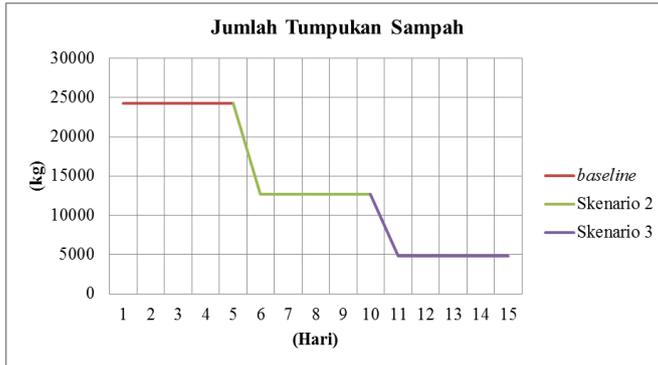
- Formatted Table
- Formatted Table
- Formatted: Not Highlight

Sampah TPA	kg/hari	24.065,00	12.623,4	4.813,28
Sampah <i>Recycle</i>	kg/hari	0	10.611,5	18.421,7
Sampah <i>Reuse</i>	kg/hari	0	831,561	831,561

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Hasil perbandingan selama 5 hari untuk ketiga skenario dalam segi tumpukan sampah digambarkan pada gambar 13.



Gambar-11. Hasil Perbandingan Simulasi Skenario

Hasil perbandingan skenario menunjukkan bahwa jumlah sampah di TPA yang paling minimum adalah skenario 3 yaitu sebanyak 4.813,28 kg/hari. Jumlah sampah di TPA jauh berkurang karena pemilahan sampah yang dilakukan 100% dalam kategori anorganik. Hal ini menunjukkan bahwa skenario yang paling efektif untuk membuat kurangnya timbulan sampah di TPA yaitu dengan memaksimalkan pemilahan sampah di Kelurahan Margasari. Pada tabel 7 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan pendekatan pemilahan sampah-sampah baik dari sampah rumah tangga maupun bisnis jenis anorganik untuk reuse dan recycle akan mengurangi pengiriman sampah ke TPS. Namun kebutuhan lahan untuk melakukan pemilahan dan sosialisasi pengelolaan sampah menjadi faktor penting keberhasilan pemilahan sampah anorganik (Kusuma, Hamida, Widhianta, Setiawan, & Widinugroho, 2024). Sementara itu keberadaan industri dalam melaksanakan proses recycling secara tradisional selama ini yang ada di Kota Bandung atau di Indonesia pada umumnya mempunyai kapasitas terbatas dalam proses recycling sampah anorganik ini, untuk meniru keberhasilan dalam pengelolaan sampah dapat meniru kota Malang dengan melalui proses digitalisasi material sampah sebagai tahap awal pemilahan akan memberikan keberhasilan pemilahan sampai dengan 90% (Kurniawan, Christia, Othman, Goh, & Chew, 2023).

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Walaupun timbulan sampah rumah tangga umumnya didominasi oleh sampah organik, tanpa pengolahan dalam bentuk pemilahan tidak akan membebani kapasitas TPA karena luarannya hanya 20% dan relatif akan terdekomposisi seiring dengan waktu. Hal yang perlu diperhatikan adalah pembentukan gas metana sebagai gas rumah kaca dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalor dalam pembangkitan energi di TPA yang umumnya belum termanfaatkan dengan baik.

4. KESIMPULAN

Aliran sampah diterapkan Kelurahan Margasari saat ini langsung menuju TPS dan berakhir di TPA. Kondisi ini mengakibatkan jumlah timbulan sampah menumpuk di TPS sehingga terjadi overload yang diharuskan dilakukan pengangkutan ke TPA langsung. Setiap hari TPA menerima sampah yang tidak tertampung di TPS barulah setelah TPS menampung beberapa hari kemudian sebelum kapasitasnya habis maka TPS mengirim langsung ke TPA. Berdasarkan hasil simulasi Dinamika Sistem, rancangan untuk mengurangi timbulan sampah di Kelurahan Margasari adalah dengan pengimplementasian skenario 3 karena skenario tersebut lebih optimal dalam mengurangi timbulan sampah yang menumpuk di TPA yaitu sebanyak 4.813,28 kg/hari. Jumlah sampah di TPA jauh berkurang karena pemilahan sampah yang dilakukan 100% dalam kategori anorganik.

Formatted: Normal, Indent: Left: 0 cm, Hanging: 0.75 cm, Line spacing: Multiple 1.15 li, Outline numbered + Level: 1 + Numbering Style: 1, 2, 3, ... + Start at: 1 + Alignment: Left + Aligned at: 0.63 cm + Indent at: 1.27 cm, Don't keep with next, Border: Top: (No border), Bottom: (No border), Left: (No border), Right: (No border), Between: (No border)



Hal ini menunjukkan bahwa skenario yang paling efektif untuk membuat kurangnya timbulan sampah di TPA yaitu dengan memaksimalkan pemilahan sampah anorganik di Kelurahan Margasari.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan meneliti tentang pengelolaan sampah dengan variabel tambahan estimasi biaya dan kapasitas lahan pemilahan di Kelurahan Margasari

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Z. (2017). *Penerapan Model Simulasi Dinamik untuk Mengoptimalkan Profit dalam Jaringan Supply Chain Produk Sayur*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Alfiandra. (2009). *Kajian Partisipasi Masyarakat yang Melakukan Pengelolaan Persampahan 3R di Kelurahan Ngaliyan dan Kalipancur Kota Semarang*. Universitas Diponegoro: Arikunto.
- Artiningsih, N. A. (2008). *Peran Serta Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga (Studi Kasus di Sampangan Jomblang, Kota Semarang)*. Semarang: Tesis Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Baralangi, E. M. (2021). *Model Simulasi Sistem Dinamik untuk Analisis Pengoptimalan Revenue Site Benteng Somba OPU SNS AG MICRO CLUSTER (MC) MAKASSAR KOTA 1*. Gowa.
- Barlas, Y. (1996). Formal aspects of model validity and validation in system dynamics. *System Dynamics Review*, 183–210.
- BPS Kota Bandung. (2019). Bandung. Retrieved from BPS Kota Bandung.
- BPS Kota Bandung. (2020). *Kecamatan Buah Batu dalam Angka 2020*. Bandung: BPS Kota Bandung. Retrieved from Kecamatan Buah Batu Dalam Angka 2018.
- BPS Kota Bandung. (2021). *Kecamatan Buah Batu dalam Angka 2021*. Bandung: BPS Kota Bandung.
- BPS Kota Bandung. (2022). *Kecamatan Buah Batu dalam Angka 2022*. Bandung: BPS Kota Bandung.
- Buntuan, I. F. (2010). *Simulasi Model Dinamik pada Sistem Deteksi Dini untuk Manajemen Krisis Pangan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Chaerul, M., & Artika, I. (2021). Aplikasi Model Sistem Dinamik untuk Evaluasi Skenario Pengelolaan Sampah di Wilayah Pelayanan Tempat Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah (TPPAS) Nambo. *Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2*, 101 – 115.
- Davis, W. S. (2019). *The Information System Consultant's Handbook*. CRC Press.
- Harmita, H. (2004). Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, Vol. 1: No. 3, 117-134.
- Hidayanto, A. (2013). *Berpikir Sistem: Pola Berpikir untuk Pemahaman Masalah yang lebih baik*. Yogyakarta: Leutika Prio.
- Hoover, S. V., & Perry, R. F. (1989). *Simulation: A Problem Solving Approach 1st Edition*. Pearson College Div.
- Jones, L. (2014). Vensim and the development of system dynamics. In L. Jones, *Discrete-Event Simulation and System Dynamics for Management Decision Making* (pp. 215-247). John Wiley & Sons, Ltd. doi:https://doi.org/10.1002/9781118762745.ch11
- Kahfi, A. (2017). Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah. *Jurisprudentie*, 4, 12-25.
- Khotimah, B. K. (2015). *Teori Simulasi dan Pemodelan: Konsep, Aplikasi dan Terapan*. Madura: Wade Group.
- Kurniawan, A. T., Christia, M., Othman, M. D., Goh, H. H., & Chew, K. W. (2023). Strengthening waste recycling industry in Malang (Indonesia): Lessons from waste management in the era of Industry 4.0. *Journal of Cleaner Production*, 382(1).
- Kusuma, E. A., Hamida, N. C., Widhianta, N., Setiawan, Q. S., & Widinugroho, Y. (2024). Analisis Kebijakan Pengelolaan Sampah Level Rumah Tangga di Kalurahan Baciro, Kota Yogyakarta. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 6(1), 17-28.
- Law, A. M., & Kelton, M. D. (1991). *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw-Hill Higher Education.
- Listiani, N. M. (2017). Pengaruh Kreativitas dan Motivasi Terhadap Hasil Belajar Mata Pelajaran Produktif Pemasaran pada Siswa Kelas XI SMK Negeri 2 Tuban. *Jurnal Ekonomi Pendidikan Dan Kewirausahaan*, Vol 2, No 2.
- Mandasari, D., Wirjodirdjo, B., & Anityasari, M. (2020). Peningkatan Fasilitas Bank Sampah sebagai Upaya Pengurangan Timbulan Sampah Perkotaan di TPS Surabaya. *Jurnal Teknik ITS Vol. 9, No. 2*, 2337-3539
- Nainggolan, A. W., & et al.. (2022). Penerapan Sistem Pengelolaan Sampah Anorganik Berbasis Digital (TEMAN UBAH) di Kelurahan Margasari. *Jitter*, 90-97.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1.75 cm

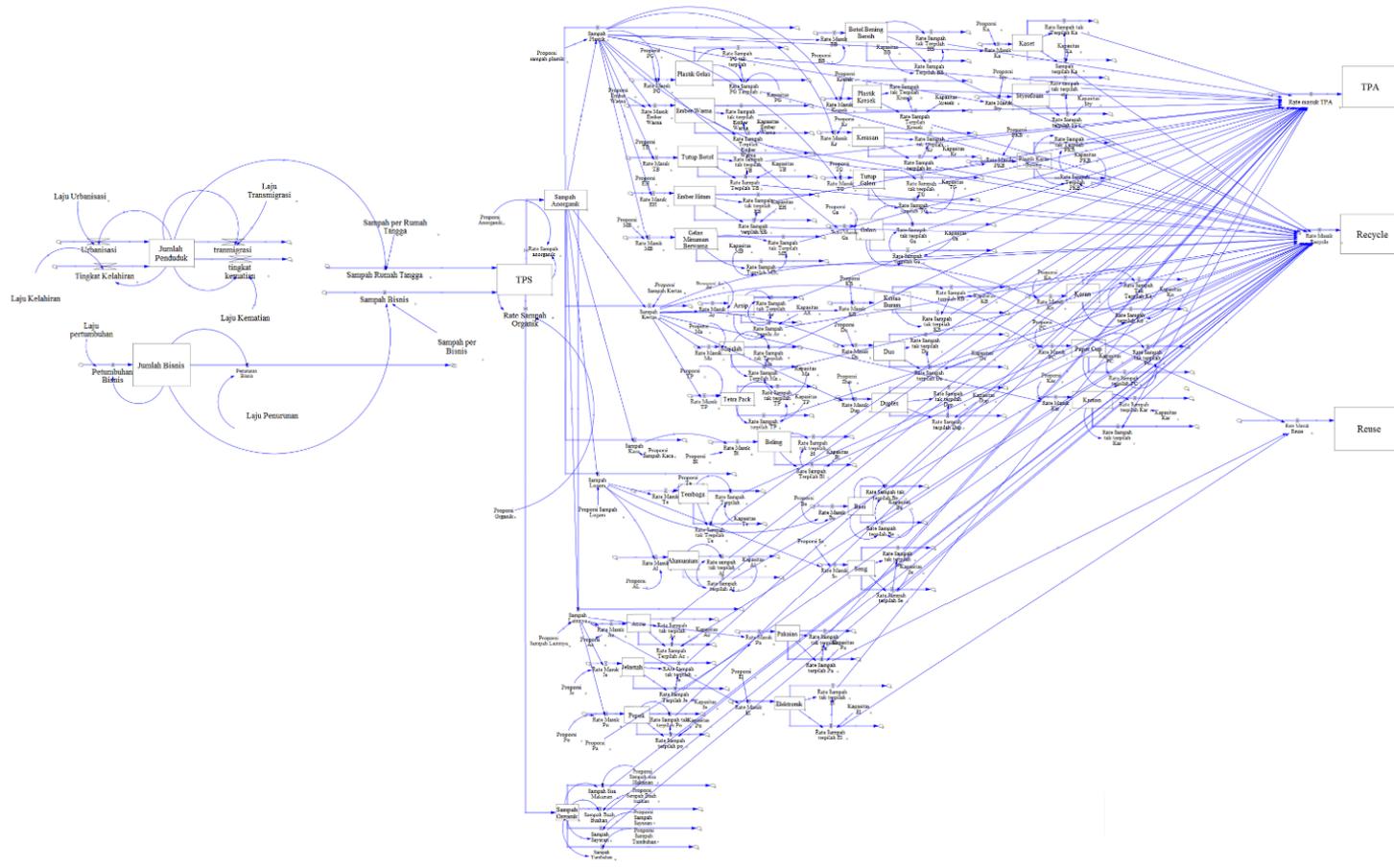


- Nainggolan, A. W., Miftahuljanah, W., Az-Zahra, V. L., & Hartati, V. (2022). Penerapan Sistem Pengelolaan Sampah Anorganik Berbasis Digital (TEMAN UBAH) di Kelurahan Margasari . *JITTER Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 90-97.
- Neely, K., & Walters, J. P. (2016, January 9). Using Causal Loop Diagramming to Explore the Drivers of the Sustained Functionality of Rural Water Services in Timor-Leste. p. *Sustainability* 8(1):57.
- Nugroho, P. (2013). *Panduan Membuat Kompos Cair*. Bandung: Humaniora.
- Open Data Jabar. (2022). *Jumlah Sampah yang ditangani Berdasarkan Kabupaten/Kota di Jawa Barat*. Retrieved Juni 1, 2023, from Open Data Jabar: <https://opendata.jabarprov.go.id/id/dataset/jumlah-sampah-yang-ditangani-berdasarkan-kabupatenkota-di-jawa-barat>
- Pattiaapon, M. L. (2015). Peningkatan Kinerja Perusahaan dengan Menggunakan Metode Supply Chain (Studi kasus : PT Nisso Bahari Surabaya). *ARIKA*, 09(1).
- Richardson, G., & Pugh, A. L. (1981). *Introduction to System Dynamics*. Cambridge, Massachusetts, London: The MIT.
- Rosa, A. S., & M., S. (2018). *Rekayasa Perangkat Lunak: Terstruktur dan Berorientasi Objek*. Bandung: informatika.
- S. Pressman, R. (2012). *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi Buku 1 dan 2*. Yogyakarta: ANDI.
- Salendu, F. N., & Hadi, Y. (2018). Analisis dan Pemodelan Sistem Pengelolaan Sampah yang ada di Universitas Ma Chung. *KURAWAL : Jurnal Teknologi, Informasi, dan Industri*, Vol. 1, No. 2, ISSN 2615-6474.
- Siahaan, T., & et al.. (2013). Analisa Sistem Pengelolaan Sampah dan Perilaku Pedagang di Pasar Horas Kota Pematangsiantar Tahun 2013.
- SIPSN. (2023). *Komposisi Sampah*. Retrieved 2023, from SIPSN: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics; Systems Thinking and Modeling for Complex World*. Jeffrey J. Shelsfud.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian kuantitatif, kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian kuantitatif, kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Taufiq, A., & Maulana, M. F. (2015, Januari). Sosialisasi Sampah Orgnaik dan Non Organik serta Pelatihan Kreasi Sampah. *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan Seri Pengabdian Masyarakat 2015*, 4, 68-73.
- Wirabhuaana, A. (2009). *Diktat Kuliah Pengantar pada Pemodelan Sistem Dinamik*. Yogyakarta: Department of Industrial Engineering The Sunan Kalijaga State Islamic University.
- Yahya, M. I. (2018). *Model Dinamis Pengelolaan Sampah Kota yang Bersumber dari Rumah Tangga di Kota Masamba Kabupaten Luwu Utara*. Makasar.
- Zulfinar, & Sembiring, E. (2015). Dinamika Jumlah Sampah yang dihasilkan di Kota Bandung. *Jurnal Teknik Lingkungan Volume 21 Nomor 1*, Hal 18-28.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 0.75 cm

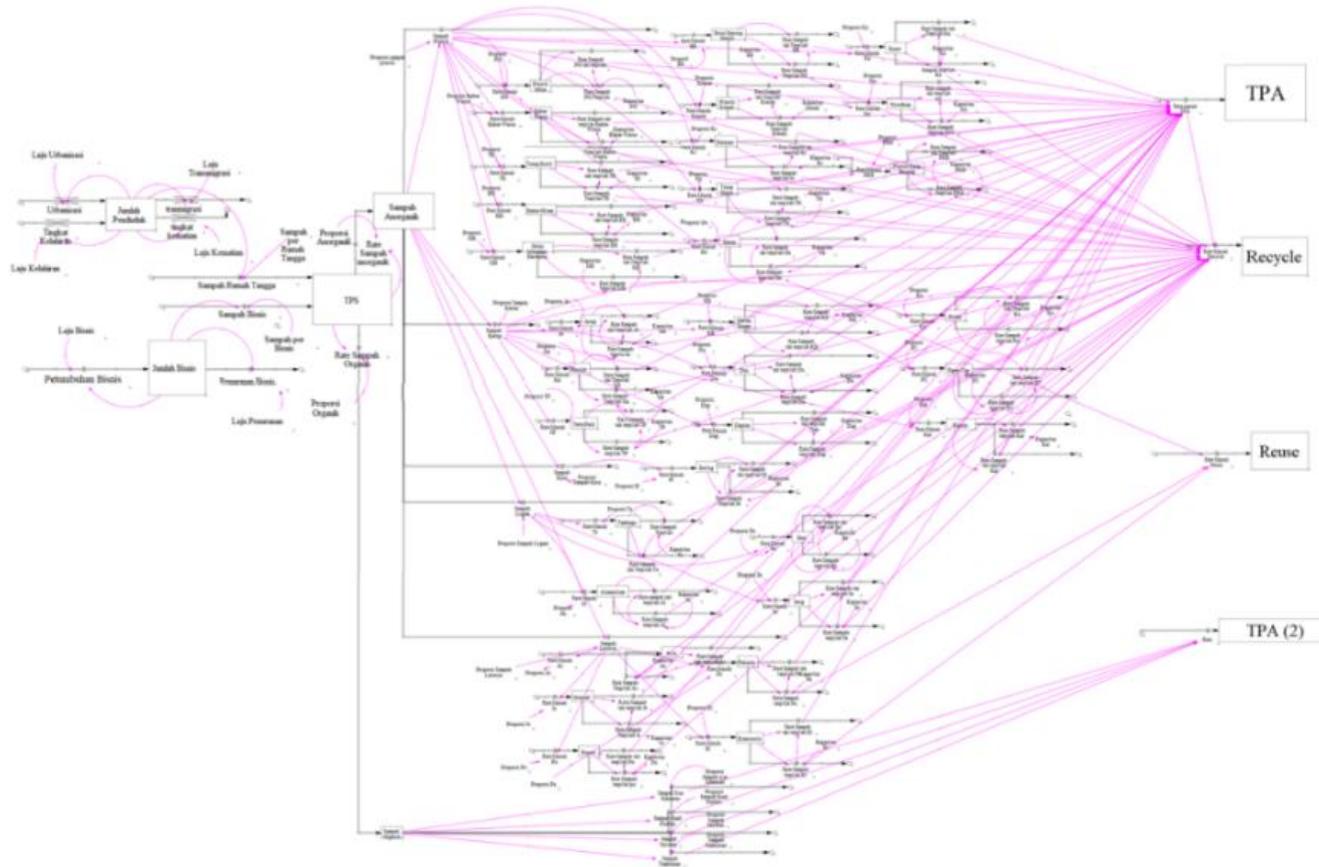
LAMPIRAN

Lampiran 1: Organik 100% diolah dan Anorganik diolah sesuai dengan proporsi



Formatted: Font: Bold, Font color: Auto
Formatted: Keep with next

Lampiran 2: organik 100% tidak diolah dan anorganik 100% diolah



Gambar 12. Skenario organik 100% tidak diolah dan anorganik 100% diolah



Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)
Vol.6 No.2 September 2024
e-ISSN : **2686-6137** ; p-ISSN : **2686-6145**

