



Optimalisasi pengolahan limbah diapers bayi berbasis ekonomi sirkular berkelanjutan dengan pemodelan sistem dinamis di Kota Surabaya

Yuni Krida Sakti¹✉

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas WR Supratman⁽¹⁾

DOI: 10.31004/jutin.v8i1.40999

✉ Corresponding author:

[kridasakti81@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Reduksi sampah;

Bank sampah;

Swadaya masyarakat;

Laju efektifitas;

Laju pertumbuhan

nasabah

Permasalahan sampah diapers saat ini menjadi isu lingkungan secara global. Terutama di kota-kota besar salah satunya kota Surabaya. Oleh karena limbah diapers sulit terurai secara alami, sehingga membutuhkan optimalisasi pengelolaan secara inovatif dan keberlanjutan. Dengan mengimplementasi program ekonomi sirkular melalui Bank Sampah Diapers dan swadaya Masyarakat diharapkan mampu mereduksi timbunan sampah diapers serta meningkatkan kesejahteraan ekonomi Masyarakat setempat. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi reduksi timbunan sampah diapers dan nilai ekonomi sampah diapers dalam kurun waktu 13 tahun, Data mulai tahun 2020 sampai 2033 dengan mengoptimalkan efektifitas Bank Sampah serta melibatkan partisipasi Masyarakat dalam program daur ulang serta sebagai nasabah. Dengan pendekatan pemodelan sistem dinamis diketahui peningkatan reduksi sampah diapers pada tahun 2033 mampu mencapai 1.2085.68 ton dengan nilai awal 64.98 ton dengan laju efektifitas 57% dan laju pertumbuhan nasabah 45% serta nilai ekonomi kisaran 10 miliar rupiah. Jika pengoptimalan sampai 80% maka dapat mencapai target zero waste.

Abstract

Keywords:

Waste reduction;

Waste banks;

Non-governmental organizations;

Rate of effectiveness;

Customer growth rate

The problem of baby diapers waste is currently an environmental issue globally. Especially in big cities, one of which is the city of Surabaya. Because diapers waste is difficult to decompose naturally, it requires innovative and sustainable management optimization. By implementing circular economy programs through the Diapers Waste Bank and non-governmental organizations, it is hoped that it will be able to reduce the pile of diapers waste and improve the economic welfare of the local community. This study aims to predict the reduction of diapers waste piles and the economic value of diapers waste within a period of 13 years, Data from 2020 to 2033 by optimizing the effectiveness of

the Waste Bank and involving community participation in recycling programs and as customers. With a dynamic system modeling approach, it is known that the increase in diapers waste reduction in 2033 will be able to reach 1,2085.68 tons with an initial value of 64.98 tons with an effectiveness rate of 57% and a customer growth rate of 45% and an economic value of around 10 billion rupiah. If the optimization reaches 80%, it can achieve the zero waste target.

1. INTRODUCTION

Kota Surabaya saat ini menghadapi masalah serius terkait timbunan sampah diapers yang mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal ini terbukti dengan ditemukan sekitar 37% sampah diapers bayi mencemari Kali Surabaya (Nurul Aini, 2017). Kondisi tersebut terjadi seiring dengan semakin meningkatnya populasi penduduk di perkotaan disertai kenaikan tingkat angka kelahiran per tahun di Kota Surabaya. Penggunaan diapers bayi sekali pakai merupakan kebutuhan pokok oleh sebagian besar ibu yang memiliki anak usia dini 0 sampai 4 tahun, dengan penggunaan popok rata-rata 5 kali sehari (Novi astuti Indra Paranita, 2023). Di tengah gaya hidup penduduk perkotaan yang menuntut efisiensi dan kenyamanan serta praktis dalam pemakaian, maka rata-rata pertumbuhan penjualan diapers mencapai 20% per tahun (Lukman Hakim, 2018). Namun, di balik manfaat praktisnya, limbah diapers dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem lingkungan dikarenakan material penyusunnya yang terdiri dari plastik dan gel penyerap, yang dirancang tahan lama sehingga sangat sulit terurai secara alami di dalam tanah, butuh waktu sekitar 250-500 tahun (Purwati et al., 2023). Menyadari ancaman serius tersebut, Pemerintah Kota Surabaya mengupayakan berkoordinasi dengan instansi lintas daerah baik pemerintahan maupun swasta serta melibatkan partisipasi masyarakat untuk mereduksi timbunan sampah yang semakin bertambah setiap tahun di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan kali Surabaya (Riski, 2017). Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah ekonomi sirkular, yang mengedepankan prinsip pengurangan, penggunaan kembali, dan daur ulang sumber daya. Dalam konteks ini, program Bank Sampah Diapers yang melibatkan partisipasi aktif masyarakat dapat menjadi salah satu solusi untuk mengurangi volume sampah diapers serta memberikan nilai ekonomi yang bermanfaat bagi masyarakat sekitar (liputan 6.com, 2021). Dalam program ini, masyarakat tidak hanya berperan sebagai penyetor sampah, tetapi juga sebagai agen perubahan yang aktif dalam mendukung pengelolaan limbah yang lebih efektif. Bank Sampah Diapers memberikan insentif berupa uang tunai atau poin ekonomi untuk setiap diapers yang dikumpulkan, sehingga mendorong partisipasi masyarakat sekaligus meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga lingkungan secara keberlanjutan (Widianto, 2020). Rata-rata Bank Sampah yang telah bekerja sama dengan instansi tertentu yang telah membantu fasilitas daur ulang, sehingga mampu menerima sampah daur ulang pempers 9,5 ton per bulan (liputan6.com, 2021) atau 114 ton per tahun. Berdasarkan hasil survei rata-rata Sampah Sampah tiap minggunya menerima 4000 diapers namun hanya mampu mengolah 300 diapers per harinya (Widianto, 2020) atau dapat dikatakan laju efektifitas reduksi masih mencapai 57%. Melalui program ekonomi sirkular diharapkan mampu mendorong kegiatan swadaya Masyarakat untuk turut berpartisipasi aktif mengurangi timbunan sampah diapers secara mandiri dalam mengolah limbah diapers menjadi produk daur ulang yang bermanfaat serta memiliki nilai jual tinggi. Sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat secara keberlanjutan. Hal ini terbukti dari seorang siswa SD yang telah mengolah 1 ton 77 kg limbah diapers menjadi produk daur ulang dengan hasil penjualan sebesar Rp. 7.156.000 (Mochamad Zamroni, 2023). Semakin gencarnya program penyuluhan terkait bank sampah dan manfaat berpartisipasi sebagai nasabahnya, serta pelatihan mengolah sampah diapers secara mandiri yang diselenggarakan oleh mahasiswa dan ibu-ibu PKK serta instansi produsen diapers. Berdasarkan survei rata-rata tanggapan positif Masyarakat terhadap pengelolaan sampah diapers setelah dilakukan penyuluhan terkait peranan bank sampah diapers sebesar 45% (Pengetahuan et al., 2023), sehingga dapat diasumsikan pertumbuhan nasabah Bank diapers berkisar 45%. Hal ini bertujuan agar Masyarakat semakin peduli akan pentingnya menjaga kelestarian lingkungan yang aman dan sehat, disamping itu jika berperan aktif sebagai nasabah bank sampah, akan berdampak pada perekonomian Masyarakat secara keberlanjutan (Mayangsari et al., 2022). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memprediksi bagaimana optimalisasi pengelolaan sampah diapers bayi mampu mereduksi timbunan sampah sampai mencapai target zero waste, serta pencapaian target 80% pada pertumbuhan kesadaran Masyarakat (Nurnaningsih et al., 2024) yang berbanding lurus dengan pertumbuhan nasabah bank sampah serta efektifitas reduksi sampah diapers dalam kurun waktu 13 tahun kedepan terhitung mulai tahun 2020

sampai tahun 2033. Serta menghitung perkiraan nilai ekonomi yang didapatkan oleh nasabah bank sampah diapers bayi selama kurun waktu tersebut dapat meningkatkan taraf hidup Masyarakat setempat.

2. METHODS

Pada penelitian ini terdapat 3 (tiga) tahapan yaitu; Tahap Pertama studi literatur untuk mendapatkan data-data sekunder yang merupakan variabel penting dalam sistem pengelolaan timbunan sampah diapers. Tahap Kedua yaitu dengan perancangan model simulasi sistem dinamis, yaitu mengidentifikasi variabel kunci yang dinilai berpengaruh pada sistem yang dirancang, dalam hal ini sistem reduksi timbunan sampah diapers bayi. Selanjutnya merancang Causal Loop Diagram (CLD) dengan menentukan variabel mana yang termasuk kategori pola positif (*reinforcement*) dan variabel dalam pola negatif (*Balancing*). Setelah di ketahui model CLD, maka dilakukan perancangan Flow Stock Diagram (FSD) untuk mengetahui model aliran masuk dan keluar serta keterhubungan interaksi yang terjadi antar variabel yang mampu menginterpretasikan sistem pengolahan sampah diapers sampai pada nilai *stock* yang bersifat independent pada sistem yang telah di rancang (Forrester, 1994)(Sakti & Andi, 2024). Selanjutnya menjalankan pemodelan sistem tersebut setelah menginput nilai variabel tertentu dan menentukan jangka waktu peramalan dengan bantuan Software Stella 9.0.2 dan Vensim. Langkah terakhir yaitu Analisis Sensitivitas, dengan menganalisa data dari model simulasi dengan memprediksi jumlah timbunan sampah dan menganalisa perubahan hasil reduksi yang dihasilkan sampai mencapai zeo waste dengan memproyeksikan laju efektifitas 57% dan 80% dan laju pertumbuhan nasabah 45% dan 80%.

3. RESULT AND DISCUSSION

Penentuan Nilai Variabel

Perancangan skenario model simulasi pada sistem pengelolaan sampah diapers dibutuhkan variabel kunci yang saling mempengaruhi antara satu variabel dengan yang lainnya. Pada penelitian ini terdapat 8 (Delapan) variabel penting yang digunakan dalam perancangan *Flow Stock Diagram* (FSD) sehingga diketahui model interaksi antara variabel penting tersebut, yang sebelumnya telah ditentukan Gambaran siklus causal loop dari sistem pengelolaan sampah diapers bayi. Berdasarkan data Dispendukcapil Kota Surabaya tahun 2020, bahwa jumlah anak usia dini 0 sampai 4 tahun sebanyak 196.911 (*Profil Perkembangan Kependudukan Kota Surabaya 2020 I*, 2020). Maka dapat diketahui Timbunan sampah diapers bayi sebesar 71.872 ton pada tahun 2020, sehingga nilai tersebut sebagai nilai variabel awal pada stok timbunan sampah diapers bayi. Dimana rata-rata penggunaan diapers bayi 5 kali sehari tiap bayi (Novi astuti Indra Paranita, 2023).

Perhitungan Stok Timbunan Sampah Diapers Bayi Tahun 2020

$$\frac{196.911 \times 5 \times 365}{5000} = 71.872 \text{ ton}$$

Keterangan:

1 Ton = 5000 lembar diapers

1 Tahun = 365 hari

Perhitungan Harga nominal sampah daur ulang per Ton pada Bank Sampah Diapers Bayi

$$\text{Rp. } 200 \times 5000 = \text{Rp. } 1000.000$$

Keterangan:

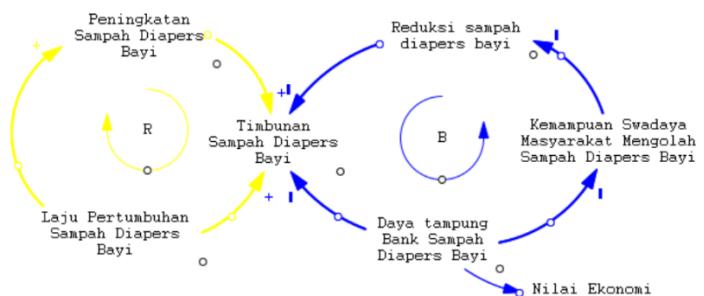
1 lembar diapers daur ulang dihargai Rp.200

Untuk jumlah individu swadaya daur ulang sampah diapers pada penelitian ini diasumsikan 7 (tujuh) orang berdasarkan hasil sampling penelitian yang terdahulu yang menggunakan purpose sampling 7 orang selaku pengelola limbah diapers (Mayangsari et al., 2022). Untuk nilai harga rata-rata per ton sampah diapers pada bank sampah senilai 1 juta rupiah dengan mengambil harga Rp.200 per lembar diapers daur ulang berdasarkan beberapa referensi sebelumnya (Widianto, 2020). Berikut daftar variabel pada sistem reduksi sampah diapers yang disertai nilai besarnya sesuai pada bab pendahuluan telah dibahas sebelumnya.

Daftar variabel pada pemodelan sistem reduksi sampah diapers;

1. Timbunan sampah diapers bayi = 71.872 ton (tahun 2020)
2. Reduksi sampah diapers bayi
3. Peningkatan sampah diapers bayi
4. Laju efektifitas proses reduksi sampah diapers bayi = 57%
5. Laju Pertumbuhan sampah diapers bayi = 20%
6. Jumlah sampah diapers terolah = 114 ton (Tahun 2020)
7. Jumlah sampah diapers terolah swadaya = 1 ton 77 kg
8. Jumlah sampah hasil swadaya mandiri per orang
9. Jumlah individu swadaya daur ulang sampah = 7 orang
10. Laju Pertumbuhan nasabah bank sampah diapers = 45%
11. Daya tampung Bank Sampah Diapers
12. Harga Rata-rata per ton sampah diapers bayi = Rp.1000.000
13. Nilai Ekonomi

Berdasarkan pada gambar 1. Dapat diketahui model causal-loop diagram dari pemodelan sistem reduksi sampah diapers bayi dengan bantuan software Stella 9.0.2 dan Vensim.

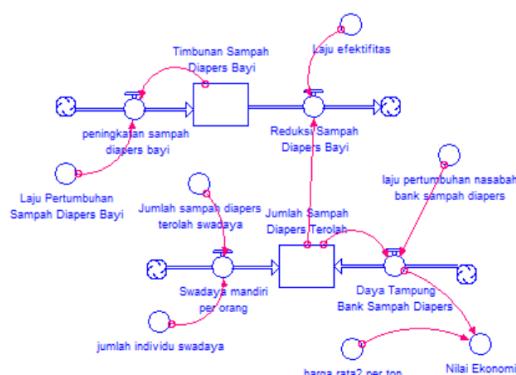


Gambar. 1. Model Causal-Loop Diagram Timbunan Sampah Diapers Bayi.

Berdasarkan Gambar 1. Dapat diketahui mana saja variabel-variabel yang masuk klasifikasi kelompok variabel yang termasuk pola positif, dimana pada model diagram sebab-akibat (CLD) mengalami peningkatan nilai jumlah timbunan sampah diapers dan di notasikan positif dengan arah loop searah dengan jarum jam dengan notasikan huruf "R" (*Reinforcement*). Namun sebaliknya variabel yang termasuk klasifikasi pola negatif yang memiliki pengaruh terhadap penurunan jumlah timbunan sampah, maka dinotasikan negatif dengan arah loop berlawanan arah jarum jam atau biasa di notasikan dengan huruf "B" (*Balancing*).

Stock Flow Diagram (SFD)

Berdasarkan Gambar 1. dapat dijadikan acuan dalam perancangan *Stock Flow Diagram* (SFD) pada pemodelan simulasi sistem timbunan sampah diapers bayi, dalam menentukan komponen – komponen stok (stock), aliran (Flow) serta konverter (Converter). Hasil perancangan model *Stock Flow Diagram* (SFD) pada sistem timbunan sampah diapers bayi yang menggambarkan hubungan kausalitas antara komponen utama variabel-variabel dengan sub -sub komponen variabel lainnya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar. 2. Model Stock Flow Diagram (SFD) Timbunan Sampah Diapers Bayi.**Penafsiran Hasil Simulasi**

Skenario pemodelan sistem dinamis pada timbunan sampah diapers bayi ini ditentukan dalam kurun waktu 13 tahun yaitu mulai tahun 2020 sampai pada tahun 2033.

1. Jumlah timbunan sampah diapers bayi :

- Jika efektifitas proses reduksi sampah meningkat, maka terjadi penurunan stok timbunan sampah diapers secara bertahap mulai dari tahun 2020 sampai pada tahun 2033.
- Faktor kesadaran masyarakat sangat memengaruhi tingkat reduksi sampah karena merupakan faktor penting terhadap laju pertumbuhan nasabah bank sampah.

2. Nilai Ekonomi:

- Peningkatan stok sampah diapers pada bank sampah memberikan dampak signifikan terhadap nilai ekonomi dalam hal ini masyarakat yang aktif sebagai nasabah bank sampah diapers bayi.
- Pendapatan akan meningkat tajam selama kurun waktu 13 tahun (tahun 2020-2033) jika daya tampung bank sampah semakin meningkat dan harga diapers daur ulang stabil.

Analisis Simulasi Skenario

Berdasarkan hasil Flow Stock Diagram sesuai pada gambar.2 maka dapat diketahui rumusan hitungan dari Stock Utama dan Sub Stock serta inflows dan outflows. Dalam penelitian ini simulasi skenario menggunakan 2 parameter perubahan yaitu pada laju efektifitas dan laju pertumbuhan nasabah bank sampah adalah sebagai berikut;

Rumus perhitungan Stock Timbunan Sampah

$$\text{Timbunan_Sampah_Diapers_Bayi}(t) = \text{Timbunan_Sampah_Diapers_Bayi}(t - dt) + (\text{peningkatan_sampah_diapers_bayi} - \text{Reduksi_Sampah_Diapers_Bayi}) * dt\text{INIT}$$

$$\text{Timbunan_Sampah_Diapers_Bayi} = 71.872$$

Rumus perhitungan Stock Jumlah Sampah Diapers Terolah

$$\text{Jumlah_Sampah_Diapers_Terolah}(t) = \text{Jumlah_Sampah_Diapers_Terolah}(t - dt) + (\text{Swadaya_mandiri_per_orang} + \text{Daya_Tampung_Bank_Sampah_Diapers}) * dt\text{INIT}$$

$$\text{Jumlah_Sampah_Diapers_Terolah} = 114$$

Inflows 1:

$$\text{peningkatan_sampah_diapers_bayi} =$$

$$\text{Timbunan_Sampah_Diapers_Bayi} * \text{Laju_Pertumbuhan_Sampah_Diapers_Bayi}$$

Inflows 2:

$$\text{Swadaya_mandiri_per_orang} = \text{jumlah_individu_swadaya} * \text{Jumlah_sampah_diapers_terolah_swadaya}$$

$$\text{Daya_Tampung_Bank_Sampah_Diapers} =$$

$$\text{Jumlah_Sampah_Diapers_Terolah} * \text{laju_pertumbuhan_nasabah_bank_sampah_diapers}$$

Outflows:

$$\text{Reduksi_Sampah_Diapers_Bayi} = \text{Jumlah_Sampah_Diapers_Terolah} * \text{Laju_efektifitas}$$

Converter

$$\text{harga_rata2_per_ton} = 1000000$$

$$\text{jumlah_individu_swadaya} = 7$$

$$\text{Jumlah_sampah_diapers_terolah_swadaya} = 1.77$$

$$\text{Laju_Pertumbuhan_Sampah_Diapers_Bayi} = 0.2$$

$$\text{Nilai_Ekonomi} = \text{Daya_Tampung_Bank_Sampah_Diapers} * \text{harga_rata2_per_ton}$$

- **Simulasi Skenario 1; laju efektifitas 57% dan laju pertumbuhan nasabah 45%**

Converter

$$\text{Laju_efektifitas} = 0.57$$

$$\text{laju_pertumbuhan_nasabah_bank_sampah_diapers} = 0.45$$

Pemodelan simulasi yang telah dijalankan dengan skenario 1, dengan nilai laju efektifitas 57% dan laju pertumbuhan nasabah 45%, menghasilkan gambaran visual yang menunjukkan pengaruh nilai laju efektifitas dan

pertumbuhan nasabah bank sampah terhadap timbunan sampah diapers, sesuai pada gambar 3. Hasil perhitungan perubahan nilai timbunan sampah tersebut dapat dianalisa sesuai pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Simulasi Skenario 1

Tahun	Timbunan Sampah Diapers(Ton)	Reduksi Sampah Diapers(Ton)	Laju Efektifitas	Laju Pertumbuhan Nasabah	Jumlah Individu swadaya	Nilai Ekonomi
2020	71.872	64.98	57%	45%	7 orang	51.300.000
2021	87.276	107.88	57%	45%	7 orang	85.169.895
2023	105.945	173.60	57%	45%	7 orang	137.051.564
2024	128.554	274.26	57%	45%	7 orang	216.523.541
2025	155.908	428.46	57%	45%	7 orang	338.258.159
2026	188.962	664.66	57%	45%	7 orang	524.730.393
2027	228.841	1.026.47	57%	45%	7 orang	810.367.255
2028	276.856	1.580.58	57%	45%	7 orang	1.247.903.798
2029	334.517	2.429.62	57%	45%	7 orang	1.918.119.209
2030	403.531	3.730.20	57%	45%	7 orang	2.944.750.480
2031	485.773	5.721.96	57%	45%	7 orang	4.517.337.067
2032	583.218	8.773.20	57%	45%	7 orang	6.926.214.183
2033	697.803	1.2085.68	57%	45%	7 orang	10.616.115.270



Gambar. 3. Grafik Simulasi Skenario 1

- Simulasi Skenario 2; laju efektifitas dan laju pertumbuhan nasabah 80%

Converter

Laju_efektifitas = 0.80

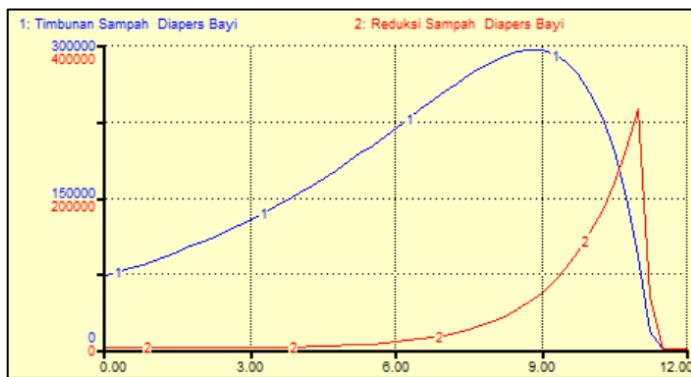
laju_pertumbuhan_nasabah_bank_sampah_diapers = 0.80

Pada pemodelan simulasi yang telah dijalankan dengan skenario 2, ditentukan nilai laju efektifitas dan laju pertumbuhan nasabah sesuai dengan target 80% atau 0.8, menghasilkan gambaran visual yang menunjukkan pengaruh yang signifikan dari perubahan kenaikan yang drastis pada nilai laju efektifitas dan pertumbuhan nasabah bank sampah terhadap timbunan sampah diapers pada kurun waktu 13 tahun (tahun 2020 sampai 2033), sehingga diketahui adanya pencapaian target zero waste pada tahun 2033. Hal ini dapat dilihat pada pola gradik sesuai pada gambar 4. Sedangkan hasil perhitungan terhadap perubahan nilai timbunan sampah tersebut dapat dianalisa sesuai pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Simulasi Skenario 2

Tahun	Timbunan Sampah Diapers	Reduksi Sampah Diapers	Laju Efektifit as	Laju Pertumbuhan Nasabah	Jumlah Individu swadaya	Nilai Ekonomi
2020	71.872.00	91.20	80%	80%	7 orang	91.200.000
2021	91.536.77	245.38	80%	80%	7 orang	202.414.224
2023	116.323.10	629.01	80%	80%	7 orang	433.028.038

Tahun	Timbunan Sampah Diapers	Reduksi Sampah Diapers	Laju Efektifit as	Laju Pertumbuhan Nasabah	Jumlah Individu swadaya	Nilai Ekonomi
2024	147.182.47	1.583.62	80%	80%	7 orang	911.228.845
2025	184.639.34	3.959	80%	80%	7 orang	1.902.826.037
2026	227.646.43	9.869.70	80%	80%	7 orang	3.959.001.976
2027	270.595.60	24.577.42	80%	80%	7 orang	8.222.688.401
2028	295.700.29	61.174.93	80%	80%	7 orang	17.063.868.573
2029	253.811.64	152.241.25	80%	80%	7 orang	35.396.939.778
2030	194.191.01	219.232.85	80%	80%	7 orang	73.412.396.229
2031	90.776.49	315.700.75	80%	80%	7 orang	315.700.751.114
2032	16.390.13	68.838.55	80%	80%	7 orang	454.614.533.205
2033	0.00	0.00	80%	80%	7 orang	654.650.379.415



Gambar. 4. Grafik Simulasi Skenario 2

Analisis Sensitivitas

Pada tahap analisis sensitivitas pada penelitian ini, bertujuan untuk mengukur sejauh mana perubahan parameter utama dalam hal ini timbunan sampah diapers bayi dan jumlah reduksi sampah diapers terolah memengaruhi hasil simulasi jika merubah persentase nilai pada laju efektivitas dan laju pertumbuhan nasabah bank sampah. Terdapat 2 (dua) skenario dalam simulasi pemodelan timbunan sampah yang di analisa sensitivitasnya adalah sebagai berikut;

1. Dampak Skenario 1; laju efektifitas 57% dan laju pertumbuhan nasabah 45%

Pada skenario ini, efektivitas pengelolaan sampah berada pada tingkat sedang, dengan pertumbuhan nasabah yang relatif masih tergolong rendah, maka perkiraan dampaknya adalah:

- Penurunan Timbunan Sampah Terbatas:** Dengan menggunakan jumlah individu swadaya Masyarakat secara konstan hanya sebanyak 7 (tujuh) orang dengan tiap orang hanya mampu mengolah sampah diaper 1,77 kg, maka Tingkat penurunan jumlah timbunan sampah diapers secara signifikan sulit tercapai, terutama jika pertumbuhan jumlah nasabah yang turut berkontribusi dalam sistem masih di bawah 50%. Berdasarkan tabel 1, diprediksi pada tahun 2033 masih relatif tingginya timbunan sampah diapers sebanyak 697.803 ton dengan timbunan awal di tahun 2020 sebanyak 71.872 ton. Dan reduksi sampah terolah hanya mencapai 1.2085.68 ton. Sedangkan dari nilai ekonomi yang dicapai relatif tinggi hingga meraih Rp.10.616.115.270.
- Peningkatan Timbunan dalam Jangka Panjang:** Dengan laju pertumbuhan nasabah lebih lambat dibandingkan peningkatan jumlah timbunan sampah yang dihasilkan, sistem pengelolaan sampah berisiko tidak mampu mengimbangi pertumbuhan timbunan sampah, sesuai pada pola grafik simulasi scenario 1 pada Gambar 3.

2. Dampak Skenario 2; laju efektifitas 80% dan laju pertumbuhan nasabah 80%

Pada skenario ini, efektivitas pengelolaan sampah dan pertumbuhan nasabah berada pada tingkat tinggi. Dampaknya adalah:

- **Penurunan Timbunan Sampah yang Lebih Signifikan:** Dengan laju efektivitas pengelolaan hingga mencapai 80%, di prediksi lebih banyak sampah dapat diolah, didaur ulang, atau dimanfaatkan ulang secara maksimal, sehingga jumlah timbunan sampah diapers berkurang drastik dari tahun ke tahun, dimana pada simulasi ini selama kurun waktu 13 tahun (2020-2033). Sehingga laju pertumbuhannya kalah cepat dengan laju pertumbuhan reduksi sampah diapers, terbukti dengan pola grafik yang dihasilkan dapat diamati pada Gambar 2. Berdasarkan data pada tabel 2, diprediksi pada tahun 2033 timbunan sampah mencapai *zero waste*.
- **Skalabilitas Pengelolaan yang Meningkat:** Laju pertumbuhan nasabah sebesar 80% menunjukkan keberhasilan dalam menarik lebih banyak partisipasi masyarakat ke dalam sistem pengelolaan sampah. Partisipasi yang tinggi berkontribusi langsung terhadap pengurangan sampah yang tidak terkelola dengan baik. Sesuai pada tabel 2 dapat diprediksi jumlah reduksi tertinggi hingga mencapai 219.232.85 di tahun 2030 dari jumlah awal yang hanya 91.20 ton di tahun 2020 sampai pada tahun 2033 berhasil mencapai *zero waste* oleh karena percepatan proses reduksi sampah diapers yang lebih cepat melampaui pertumbuhan timbunan sampah diapers.
- **Dampak Positif terhadap Nilai Ekonomi Dan Lingkungan:** Berkurangnya timbunan sampah diapers sampai pada level *zero waste* mampu mengurangi beban sampah pada tempat pembuangan akhir (TPA) secara signifikan serta diharapkan berkurangnya pencemaran lingkungan seperti emisi gas metana, pencemaran air tanah secara signifikan. Sedangkan dari sisi nilai ekonomi yang dicapai relatif sangat tinggi hingga 654 miliar Rupiah.

4. CONCLUSION

Perbandingan kedua skenario menunjukkan bahwa tingkat efektivitas pengelolaan dan pertumbuhan nasabah memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah timbunan sampah diapers bayi. Simulasi Skenario 2 memberikan dampak yang lebih besar dalam menekan jumlah timbunan sampah secara keseluruhan. Hal ini menegaskan pentingnya peningkatan efektivitas pengelolaan serta perluasan partisipasi masyarakat dalam sistem pengelolaan sampah dan nilai ekonomi untuk mencapai hasil yang optimal dan berkelanjutan. Dengan terus menggencarkan program ekonomi sirkular pada seluruh lapisan Masyarakat.

5. REFERENCES

- Forrester, J. W. (1994). System dynamics, systems thinking, and soft OR. *System Dynamics Review*, 10(2–3), 245–256. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100211>
- Lukman Hakim. (2018). *Tiap Tahun Penjualan Popok Bayi Tumbuh 20 Persen*. <Https://Daerah.Sindonews.Com/>.
- Mayangsari, W., Dyah Gianawati, N., Prasetyo, F. A., & Rahmawati, A. (2022). *e-Prosiding Kolokium Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Periode 1 Tahun 2022 PARTISIPASI MASYARAKAT DALAM PENGELOLAAN LIMBAH DIAPERS COMMUNITY PARTICIPATION IN DIAPERS WASTE MANAGEMENT*.
- Mochamad Zamroni. (2023, December 5). *Bayu Panji, Bocah Pengolah Limbah Popok*. Tunas Hijau.
- Novi astuti Indra Paranita. (2023). Pengenalan Pengolahan Sampah Popok menjadi Media Tanaman Hias dalam Pemberdayaan Masyarakat untuk Pengelolaan Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Pengabdian, Riset, Kreativitas, Inovasi, Dan Teknologi Tepat Guna*, 1(2), 46–54. <https://doi.org/10.22146/parikesit.v1i2.9613>
- Nurnaningsih, *, Ulfah, H., Rahmawati, I. T., Sulistyorini, A., Aishwara Binandya, H., Kusumadewi, N., Dini, M., & Gunawan, Y. N. (2024). Peningkatan Kesadaran Masyarakat dalam Pengelolaan Limbah Diapers Bekas: Implikasi terhadap Kesehatan Lingkungan dan Potensi Ekonomi Lokal. *Journal of Community Service*, 6(4). <https://doi.org/10.36312/sasambo.v6i4.2240>
- Nurul Aini. (2017). *Ada Sampah Popok Bayi di Sungai Surabaya, Ini 4 Langkah yang Bisa Dilakukan*. <Tribunnews.Com>. <Https://jatim.tribunnews.com/>
- Pengetahuan, A., Dan Sikap Manajemen Popok Sekali Pakai, P., Eka Pratiwi, W., Lusida, N., Mallongi, A., Kesehatan Masyarakat, F., Muhammadiyah Jakarta, U., Hasanuddin Jl Ahmad Dahlan, U. K., & Tangerang Selatan, K. (2023). Environmental Occupational Health and Safety Journal Pages: 75-83. *Environmental Occupational*

- Health and Safety Journal* •, 4(1), 75.
- Profil Perkembangan Kependudukan Kota Surabaya 2020* i. (2020).
- Purwati, S., Oktyajati, N., Ica, D., & Bila, S. (2023). Potensi Implementasi Ekonomi Sirkular dalam Pengolahan Limbah Popok Bayi. *Unistek*, 10, 144–152. <http://ejournal.unis.ac.id/index.php/UNISTEK>
- Riski, P. (2017). *Sampah Popok Bayi Cemari Sungai Surabaya*. Voaindonesia. <https://www.voaindonesia.com/>
- Sakti, Y. K., & Andi, D. (2024). Pemodelan Sistem Dinamis Analisis Ketercapaian Reduksi Sampah Plastik Pada TPA Kota Surabaya. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 7(3), 1874–1881. <https://doi.org/10.31004/jutin.v7i3.32112>
- Widianto, E. (2020). *Yunita Lestari Jadikan Popok Bekas Beragam Kerajinan*. Mongabay Situs Berita Lingkungan.