

Identifikasi dan Proyeksi Timbulan Sampah Mengandung B3 Rumah Tangga di DKI Jakarta

Wahyu Dewi Yantini¹, I Made Wahyu Widyarsana²

¹Program Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

²Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

*Koresponden email: why.dewiyantini@gmail.com

Diterima: 4 Desember 2024

Disetujui: 11 Desember 2024

Abstract

The growing population and increased community activities in DKI Jakarta have resulted in higher waste generation, averaging 0.7 kg per person per day, or 7,800 tonnes, which is primarily disposed of at the Bantargebang TPST. Although dominated by organic and inorganic waste, household hazardous waste (HHW) is also found at the community level. This is attributed to the use of chemical products in household activities, such as cleaning and personal care products, paints, pesticides and electronics. A study of 150 households of different income levels found an average generation of HHW of 0.0097 kg per person per day, with specific averages of 0.0098 kg, 0.009 kg and 0.01 kg for low, middle and high income levels respectively. HHW consists mainly of packaging waste from personal care and beauty products (28.62%), cleaning and household products (26.34%) and leftover medicine/medical waste (23.17%). HHW with infectious (39.32%) and toxic (35.63%) properties are more common than other properties. Waste generation projections, modelled using a simple dynamic system simulation, estimate that waste generation will reach 106,688.02 tonnes per year over the next 20 years.

Keywords: *household hazardous waste, household, generation, dynamic system, simulation*

Abstrak

Peningkatan penduduk dan keanekaragaman aktivitas masyarakat menyebabkan peningkatan timbulan sampah yang dihasilkan. DKI Jakarta menghasilkan sampah rata-rata 0,7 kg/orang/hari atau 7.800 ton/hari dan berakhir di TPST Bantargebang. Walau di dominasi oleh sampah jenis organik dan anorganik, pada tingkat masyarakat juga ditemukan adanya sampah mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3). Hal ini tidak lepas dari penggunaan produk mengandung bahan kimiawi untuk aktivitas rumah tangga seperti produk pembersih, produk perawatan pribadi, produk cat, produk pestisida, hingga produk elektronik. Penelitian dilakukan terhadap 150 rumah tangga yang terbagi menjadi 3 tingkat ekonomi (tinggi, menengah, dan rendah) untuk mengidentifikasi jenis sampah B3 yang dihasilkan. Hasil pengukuran menunjukkan timbulan sampah B3 rata-rata sektor rumah tangga sebesar 0,0097 kg/orang/hari dengan rincian timbulan berdasarkan tingkat ekonomi bawah ke atas adalah 0,0098; 0,009; 0,01 kg/orang/hari. Sampah B3 rumah tangga didominasi oleh sampah kemasan produk perawatan diri dan kecantikan (28,62%), sampah kemasan produk pembersih dan pemeliharaan rumah (26,34%), sampah kemasan dan sisa obat-obatan/medis (23,17%). Karakteristik sampah mengandung B3 dengan sifat infeksius (39,32%) dan beracun (35,63%) lebih banyak ditemukan dibandingkan karakteristik yang lain. Proyeksi timbulan sampah didekati dengan sistem dinamik sederhana dan untuk 20 tahun ke depan diperoleh timbulan sampah mengandung B3 mencapai 106.688,02 ton/tahun.

Kata Kunci: *sampah B3, rumah tangga, timbulan, sistem dinamik, simulasi*

1. Pendahuluan

Seiring dengan pertumbuhan penduduk, peningkatan aktivitas dan tingkat sosial ekonomi masyarakat telah menyebabkan peningkatan timbulan sampah yang dihasilkan. Pengelolaan sampah yang masing-masing mengandalkan pengangkutan sampah ke tempat pemrosesan akhir menyebabkan peningkatan potensi pencemaran lingkungan. Selain sampah jenis organik dan anorganik yang terlingkup dalam sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga terdapat pula sampah spesifik. Hal ini sesuai dengan ketentuan dalam Undang-Undang No 18 Tahun 2008. Salah satu jenis sampah spesifik yang menjadi perhatian adalah sampah mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2020 tentang Sampah Spesifik, sampah mengandung B3 dapat berupa produk rumah tangga yang mengandung B3 dan tidak digunakan lagi, bekas kemasan produk yang mengandung B3, barang elektronik yang tidak lagi digunakan, dan produk dan/atau kemasan lainnya yang mengandung B3

yang tidak digunakan lagi. Salah satu sumber sampah mengandung B3 yang banyak ditemukan berasal dari rumah tangga. Sampah mengandung B3 yang ditemukan di rumah tangga tidak lepas dari penggunaan produk mengandung bahan kimiawi untuk aktivitas rumah tangga seperti produk pembersih, produk perawatan pribadi, produk cat, pestisida, produk elektronik dan produk lain yang mengandung bahan kimia.

DKI Jakarta sebagai kota metropolitan menghasilkan 7.800-ton sampah per hari atau 0,7 kg/orang/hari. Sampah tersebut, 60% diantaranya berasal dari daerah permukiman penduduk. Tahun 2022 terdapat 31,68-ton sampah B3 yang di hasilkan dari keseluruhan DKI Jakarta. Walau secara kuantitas sampah B3 rumah tangga tidak banyak, namun pengelolannya perlu diperhatikan karena karakteristik berbahaya dalam sampah jenis ini. Produk B3 rumah tangga atau *Household Hazardous Product* (HHP) berpotensi untuk menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia dan juga kesehatan lingkungan melalui penggunaan dan penyimpanan, transportasi, dan pembuangan produk B3 di kawasan rumah tangga. Sampah B3 rumah tangga jumlahnya cukup kecil, sekitar 0,3%-0,5% dari total sampah yang dihasilkan di masing-masing rumah tangga. Namun, sampah jenis ini tetap perlu dilakukan pengelolaan dengan baik dan menyeluruh [1], [2]. Efek yang merugikan terhadap kesehatan kemungkinan besar disebabkan oleh penggunaan pestisida, cat berbasis dasar minyak, pelarut, perekat, produk otomotif, bahan kimia untuk kolam, obat-obatan, dan pembersih yang bersifat korosif [3] [4].

. Mengacu pada tingkat bahaya dari sampah B3 serta kondisi penanganan saat ini belum memiliki alur realisasi pengelolaan khusus yang terlengkap dalam pengelolaan sampah spesifik maka diperlukan adanya pengembangan pengelolaan sampah mengandung B3 di DKI Jakarta. Pengembangan pengelolaan membutuhkan data dasar sampah mengandung B3 yakni timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah. Perkiraan besaran sampah mengandung B3 di masa mendatang juga diperlukan untuk mengetahui dan menentukan arah kebijakan pengelolaan sampah seiring dengan pertumbuhan penduduk dan jumlah sampah yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah mengandung B3 yang akan menjadi dasar dalam rencana pengelolaan sampah selanjutnya. Proyeksi timbulan sampah dilakukan menggunakan simulasi untuk mengetahui potensi timbulan sampah mengandung B3 di masa mendatang. Sehingga identifikasi dan proyeksi dari sampah mengandung B3 dapat dijadikan sebagai dasar oleh pemangku kepentingan dalam perencanaan dan pengembangan pengelolaan sampah mengandung B3 di DKI Jakarta. Khususnya dalam penyiapan kebijakan dan program pengelolaan sampah mengandung B3 sebagaimana diamanatkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 9 Tahun 2024

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pengambilan data lapangan dan pengembangan proyeksi menggunakan simulasi. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur mengenai teknologi pengolahan sampah yang ada saat ini dan pengukuran sampah mengandung B3 di lapangan. Selain itu, dilakukan pula observasi penanganan sampah mengandung B3 di lapangan sebagai tambahan, dengan tujuan untuk mengetahui kondisi eksisting yang ada di lapangan, sehingga dapat dievaluasi kelemahan atau kekurangan-kekurangan yang terjadi. Variabel yang digunakan pada model penelitian ini yaitu, pertama subsistem populasi DKI Jakarta yang terdiri dari tingkat imigrasi, imigrasi, tingkat emigrasi, emigrasi, tingkat kelahiran, kelahiran, tingkat kematian, dan kematian. Kedua, subsistem jumlah sampah, yang terdiri dari rata-rata timbulan sampah per individu setiap harinya dan timbulan sampah DKI Jakarta dalam setahun. Hasil dari pengukuran tersebut menjadi dasar penentuan simulasi dan analisis karakteristik sampah mengandung B3 rumah tangga.

Penentuan Jumlah Sampel

Penentuan rata-rata timbulan sampah per individu diperoleh berdasarkan hasil pengukuran timbulan sampah mengandung B3 dari sumber rumah tangga. Pengukuran dilakukan dengan metode *proportional stratified sampling*. Penentuan jumlah sampel menggunakan persamaan Yamane (1967) yang ditunjukkan pada **Persamaan 1**, dengan *error* 10%. Diperoleh target sampel sebanyak 100 orang per masing-masing daerah administrasi dan kabupaten. Jika diasumsikan dalam satu rumah tangga atau KK terdapat 4 jiwa, maka jumlah sampel yang dibutuhkan untuk sampling adalah 25 KK per lokasi daerah administrasi/kabupaten.

$$n = \frac{N}{(1 + Ne^2)} \quad (1)$$

Keterangan:

- n = Jumlah sampel minimal
- N = Jumlah populasi
- e = Persentase kelonggaran ketelitian

Berdasarkan jumlah sampel per lokasi daerah administrasi/kabupaten, selanjutnya masing-masing jumlah sampel/lokasi dibagi menjadi 3 (tiga) tingkat ekonomi, yakni ekonomi tinggi (20%), ekonomi menengah (40%), dan ekonomi rendah (40%). Sehingga jumlah sampel per lokasi untuk masing-masing tingkat ekonomi adalah 5 sampel untuk ekonomi tinggi, 10 sampel untuk ekonomi menengah, dan 10 sampel untuk ekonomi rendah.

Metode Sampling

Pada tahap ini sampling sampah mengandung B3 dilakukan bertujuan untuk mengetahui jumlah sampah mengandung B3 yang dihasilkan DKI Jakarta. Metode sampling menggunakan metode SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan. Pengukuran timbulan sampah mengandung B3 dilakukan menggunakan box dengan volume 40 L dan dimensi (20 x 20 x 100) cm. Klasifikasi sampah mengandung B3 yang berasal dari rumah tangga beserta karakteristiknya berdasarkan SNI 19-2454-2002 yang terbagi menjadi 6 jenis produk, yakni produk pembersih, produk perawatan pribadi, produk otomotif, produk cat, produk elektronik, dan pestisida.

Metode Sampling

Timbulan sampah mengandung B3 menjadi dasar dalam perhitungan proyeksi timbulan sampah di tahun mendatang. Timbulan sampah mengandung B3 dihitung dengan **Persamaan 2**.

$$Qb = \frac{Bs}{KK \times n} \tag{2}$$

Keterangan:

- Qb = timbulan sampah dalam satuan berat (kg/orang/hari)
- Bs = berat sampah mengandung B3 (kg/hari)
- KK = jumlah kepala keluarga/jumlah rumah
- n = jumlah rata-rata orang per rumah (orang)

Perhitungan Komposisi Sampah Mengandung B3

Komposisi sampah dihitung berdasarkan berat masing-masing jenis sampah terhadap berat total sampah yang diukur. Penentuan komposisi sampah mengandung B3 untuk masing-masing jenis ditentukan berdasarkan **Persamaan 3**.

$$\%B3 = \frac{B3}{Bs} \times 100\% \tag{3}$$

Keterangan:

- B3 = berat sampah masing-masing jenis sampah mengandung B3 (kg/hari)
- Bs = berat sampah mengandung B3 (kg/hari)

Proyeksi Timbulan Sampah Mengandung B3

Pendekatan untuk simulasi proyeksi timbulan sampah mengandung B3 dilakukan dengan sistem dinamik sederhana, yang merupakan salah satu metode dalam pemodelan kebijakan. Pemilihan metodologi sistem dinamik didasarkan pada kemampuannya untuk menggambarkan keterkaitan dan ketergantungan antar variabel yang dikaji, serta untuk memvisualisasikan interaksi setiap bagian dari sistem dan mensimulasikan perilaku sistem jika dilakukan intervensi. Simulasi merupakan prosedur kuantitatif yang menggambarkan proses dengan mengembangkan model dan melakukan serangkaian uji coba terencana untuk memperkirakan perilaku proses dari waktu ke waktu. Hal ini memungkinkan analisis terhadap sistem baru tanpa perlu membangunnya atau mengubah sistem yang sudah ada, serta tanpa mengganggu operasi sistem tersebut. Biasanya, simulasi diterapkan pada model dinamis yang melibatkan beberapa periode waktu. Pada penelitian ini, simulasi terbatas pada proyeksi timbulan sampah mengandung B3 dan prediksi timbulan sampah untuk 20 tahun ke depan. Langkah pertama dalam membuat diagram sebab-akibat adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi sistem [5]. Diagram ini berfungsi sebagai representasi visual dari berbagai sistem yang berkontribusi terhadap timbulan sampah mengandung B3 di DKI Jakarta. Penyusunan diagram sebab-akibat difokuskan pada dua subsistem utama, yaitu subsistem kependudukan

DKI Jakarta dan subsistem timbulan sampah mengandung B3. **Gambar 1** adalah diagram sebab-akibat untuk proyeksi timbulan sampah mengandung B3 di rumah tangga di DKI Jakarta.



Gambar 1. Diagram *causal loop* proyeksi timbulan sampah mengandung B3
Sumber: Analisis, 2024

Diagram di atas, yang dikenal sebagai diagram Causal Loop, menjelaskan bagaimana variabel-variabel saling berinteraksi dengan menggunakan tiga simbol yang berbeda. Pertama, panah menunjukkan arah hubungan sebab akibat. Kedua, tanda positif di sisi panah menunjukkan bahwa peningkatan variabel penyebab akan meningkatkan variabel efek. Sebaliknya, tanda negatif di sisi panah menunjukkan bahwa penurunan variabel penyebab akan mengurangi variabel efek [6].

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengukuran Timbulan

Hasil perhitungan timbulan sampah mengandung B3 rumah tangga memperlihatkan rekapitulasi timbulan sampah mengandung B3 berdasarkan tiga tingkatan ekonomi yang tercantum dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Timbulan sampah mengandung B3 hasil pengukuran

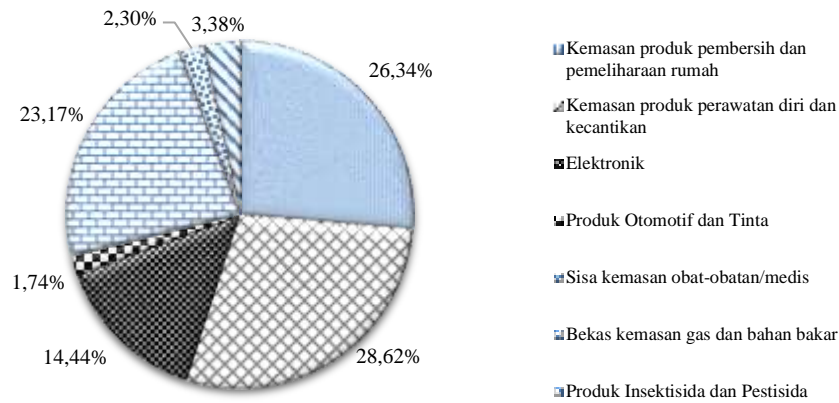
No.	Wilayah Administrasi	Timbulan (kg/orang/hari)		
		Ekonomi Tinggi	Ekonomi Menengah	Ekonomi Rendah
1	Jakarta Pusat	0,0065	0,0191	0,0096
2	Jakarta Selatan	0,0106	0,0063	0,0087
3	Jakarta Utara	0,0199	0,0097	0,0160
4	Jakarta Barat	0,0095	0,0064	0,0081
5	Jakarta Timur	0,0038	0,0059	0,0078
6	Kepulauan Seribu	0,0036	0,0146	0,0090
Rata-Rata (kg/orang/hari)		0,009	0,0103	0,0098

Sumber: Analisis, 2024

Diperoleh rata-rata timbulan sampah mengandung B3 rumah tangga di DKI Jakarta sebesar 0,0097 kg/orang/hari. Jika diketahui jumlah penduduk DKI Jakarta pada tahun 2023 adalah 10.672.100 jiwa, sehingga diperoleh timbulan sampah mengandung B3 rumah tangga DKI Jakarta sebesar 103,52 ton/hari atau 37.785 ton/tahun. Nilai ini cukup tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata timbulan sampah B3 rumah tangga di Provinsi Nakhon Nayak, Thailand yang tercatat sebesar 0,007 kg/orang/hari [7].

Analisis Komposisi

Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan, secara umum sampah mengandung B3 rumah tangga DKI Jakarta ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Komposisi sampah mengandung B3 rumah tangga DKI Jakarta
Sumber: Analisis, 2024

Komposisi sampah mengandung B3 rumah tangga di DKI Jakarta didominasi oleh sampah jenis kemasan produk perawatan diri dan kecantikan (28,62% w/w), kemasan produk pembersih dan pemeliharaan rumah (26,34% w/w), dan sisa kemasan obat-obatan/medis (23,17% w/w). Dominasi produk-produk tersebut tidak lepas dari kebiasaan masyarakat dalam konsumsi atau penggunaan produk dalam kehidupan sehari-hari. Terlebih dengan berkembangnya produk-produk dengan kemasan sachet sekali pakai yang praktis meningkatkan besaran timbulan sampah mengandung B3 dari rumah tangga. Sampah jenis produk otomotif dan tinta (1,74% w/w), produk bekas kemasan gas dan bahan bakar (2,3% w/w), dan produk insektisida dan pestisida (3,34% w/w) diketahui menjadi jenis sampah mengandung B3 rumah tangga yang paling sedikit dihasilkan. Hal ini dikarenakan produk-produk tersebut bukan menjadi produk harian yang digunakan secara rutin. Penggunaan produk sesuai dengan kondisi dan kebutuhan menyebabkan timbulan sampah yang dihasilkan juga tidak besar.

Analisis Karakteristik

Karakteristik sampah mengandung B3 rumah tangga pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan pencocokan suatu produk terhadap karakteristiknya dalam literatur. Secara umum, analisis karakteristik sampah mengandung B3 rumah tangga yang ditemukan di DKI Jakarta disesuaikan dengan karakteristik limbah B3 yang tercantum dalam PP No. 22 Tahun 2021. Hal ini dilakukan karena secara umum sampah mengandung B3 memiliki karakteristik yang sama dengan limbah B3.

Berdasarkan **Tabel 2**, diperoleh bahwa dengan sampah dengan karakteristik infeksius (39,32% w/w) dan beracun (35,63%) mendominasi jenis sampah mengandung B3 rumah tangga di DKI Jakarta. Hal ini tidak lepas dari jenis produk dengan karakteristik tersebut yang juga mendominasi dalam kehidupan rumah tangga. Sampah jenis pembalut setiap hari ditemukan ketika proses pengukuran sampah mengandung B3 rumah tangga di setiap wilayah di DKI Jakarta. Untuk karakteristik sampah beracun, terdapat sampah jenis kemasan deterjen, sampo, kosmetik bekas, dan kemasan obat-obatan yang juga banyak ditemukan di lapangan setiap harinya. Kemasan bekas obat berupa botol kaca juga menambah berat dari sampah dengan karakteristik beracun.

Tabel 2. Karakteristik sampah mengandung B3 rumah tangga

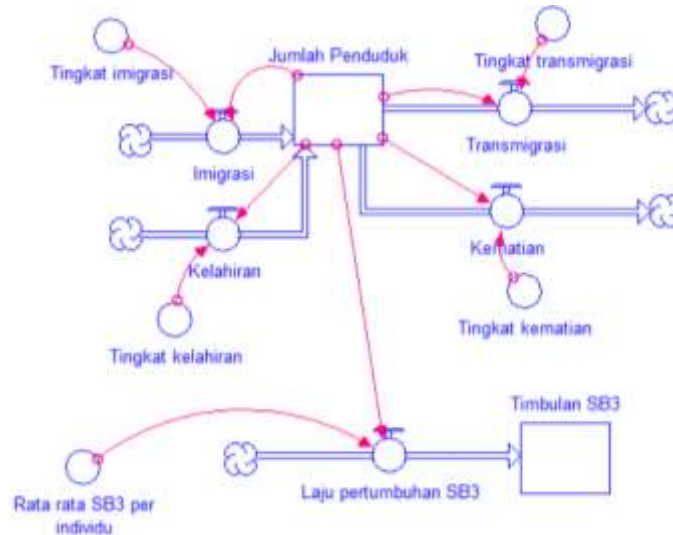
Karakteristik	Jenis Sampah B3 Rumah Tangga	Berat (kg)	Komposisi (%berat basah)
Mudah meledak	Gas bertekanan bekas, sampah korek api, sampah cat bekas	2,126	2,06%
Mudah menyala/terbakar	Sampah parfum, hand sanitizer bekas, sampah lem, racun nyamuk, gas bertekanan bekas, sampah korek api, sampah cat bekas, sampah otomotif	5,767	5,59%
Reaktif	Sampah elektronik	7,9470	7,70%
Infeksius	Masker bekas, alat medis bekas, sampah pembalut	40,5621	39,32%
Korosif	Sampah kemasan pembersih lantai, hand sanitizer bekas, sampah elektronik	10,0075	9,70%
Beracun	Kemasan sabun mandi dan sampo, kosmetik bekas, deodorant bekas, kemasan obat-obatan, kemasan deterjen,	36,7566	35,63%

Karakteristik	Jenis Sampah B3 Rumah Tangga	Berat (kg)	Komposisi (%berat basah)
	kemasan sabun cuci piring, kemasan pewangi ruangan bekas, sampah elektronik, sampah lem, racun nyamuk, sampah tinta		
	Total	103,16621	100%

Sumber: Analisis, 2024

Proyeksi Timbulan Sampah Mengandung B3

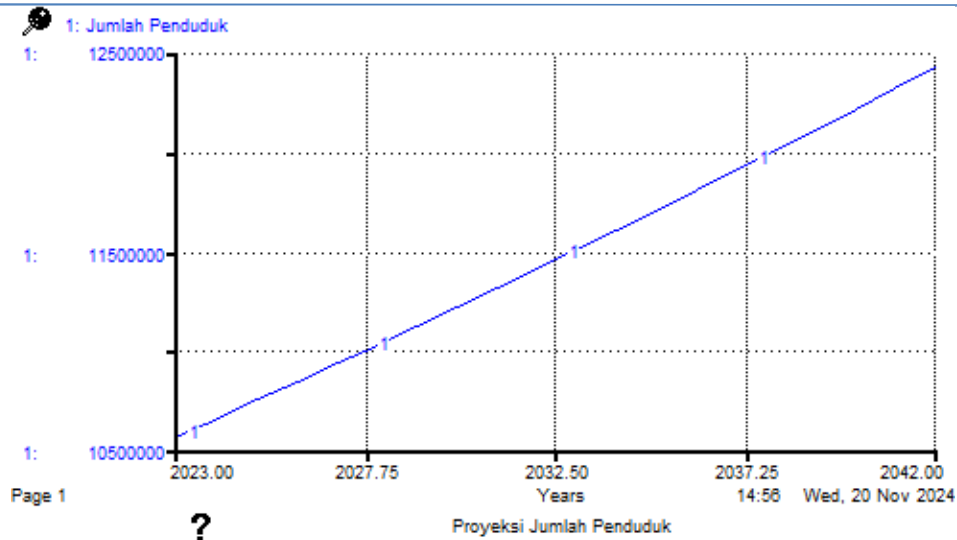
Proyeksi timbulan sampah mengandung B3 didekati dengan sistem dinamik dengan data dasar rata-rata timbulan sampah mengandung B3 rumah tangga berdasarkan hasil pengukuran sebesar 0,0097 kg/orang/hari. Timbulan sampah mengandung B3 rumah tangga berhubungan dengan jumlah penduduk, artinya seiring bertambahnya jumlah penduduk, jumlah sampah yang dihasilkan setiap harinya juga meningkat. Berdasarkan model causal loop yang telah ditentukan, maka terdapat potensi pengembangan lebih lanjut melalui pembuatan SFD. Diagram ini akan memberikan gambaran mengenai pertumbuhan penduduk DKI Jakarta di masa depan, dan dampaknya terhadap volume sampah. Data kependudukan yang digunakan dalam SFD bersumber dari Badan Pusat Statistik [8]. **Gambar 3** mengilustrasikan SFD untuk simulasi proyeksi jumlah penduduk.



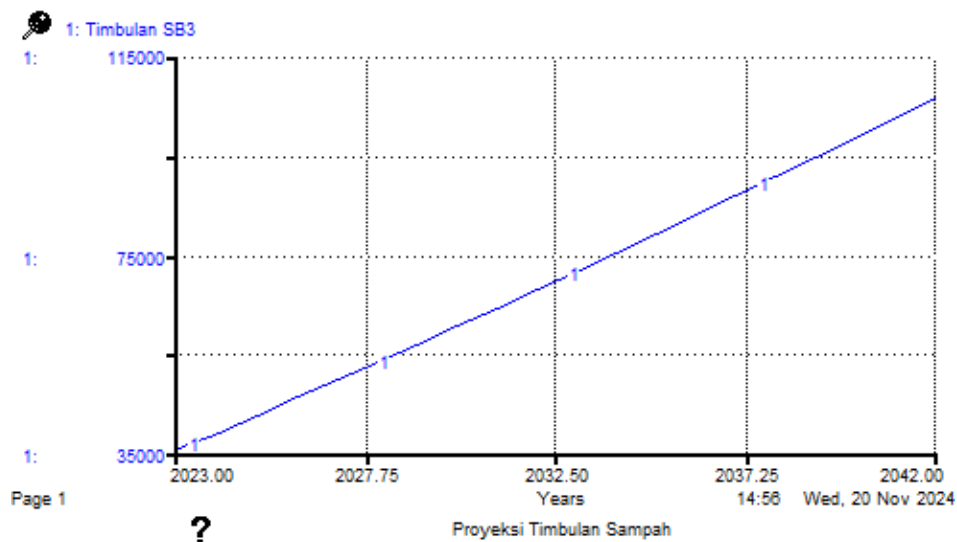
Gambar 3. SFD jumlah penduduk DKI Jakarta
Sumber: Analisis, 2024

Diagram alir penduduk merupakan komponen utama yang dinamis ditandai dengan laju pertumbuhan penduduk dan laju depopulasi. Data-data yang terkait dengan jumlah penduduk diantaranya adalah kelahiran, kematian, migrasi, dan transmigrasi. Perhitungan proyeksi timbulan sampah mengandung B3 sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3 memiliki data dasar yang menjadi acuan dalam proses perkiraan. Berdasarkan data dari Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil DKI Jakarta, jumlah pendatang dan pindahan dari DKI Jakarta mencapai 136.200 dan 243.160 jiwa. Sedangkan laju pertumbuhan penduduk DKI Jakarta pada tahun 2023 mencapai 0,32% dengan jumlah kelahiran sebesar 123.561 jiwa dan jumlah kematian sebesar 92.379 jiwa. Sehingga berdasarkan data dasar tersebut diperoleh proyeksi penduduk DKI Jakarta untuk 20 tahun ke depan sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4**.

Berdasarkan **Gambar 4**, diperoleh bahwa untuk 20 tahun ke depan, diperkirakan jumlah penduduk DKI Jakarta mencapai 12,43 juta jiwa. Selain data proyeksi timbulan sampah, faktor utama dalam proyeksi timbulan sampah mengandung B3 ialah rata-rata timbulan sampah mengandung B3 rumah tangga perkapita atau per individu. Sehingga diperoleh hasil proyeksi timbulan sampah mengandung B3 ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 4. Hasil proyeksi penduduk DKI Jakarta 20 tahun ke depan
Sumber: Analisis, 2024



Gambar 5. Hasil proyeksi timbulan sampah mengandung B3 rumah tangga DKI Jakarta 20 tahun ke depan
Sumber: Analisis, 2024

Berdasarkan Gambar 5, diperoleh bahwa untuk 20 tahun ke depan DKI Jakarta diperkirakan menghasilkan sampah mengandung B3 sebesar 106.688 ton/tahun. Hasil proyeksi ini dapat menjadi dasar dalam perencanaan pengelolaan sampah mengandung B3 yang efektif, termasuk dalam teknis pemilahan, pengumpulan, pengangkutan dan pemrosesan akhir sampah mengandung B3 secara aman.

Validasi model dikembangkan dengan dua cara pengujian, yakni *mean comparison* (E1) dan *error variance* (E2). E1 lakukan dengan membandingkan nilai rata-rata model simulasi terhadap nilai rata-rata data eksisting, model dianggap valid jika $E1 \leq 5\%$. Sedangkan E2 dihitung dengan membandingkan nilai standar deviasi antara hasil simulasi dan nilai data eksisting, model dianggap valid jika $E1 \leq 30\%$ [9], [10]. Validasi terhadap simulasi jumlah penduduk menunjukkan nilai E1 sebesar 0,1% dan nilai E2 sebesar 0,45%. Kedua nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan persyaratan pada uji validasi E1 dan E2. Sehingga dapat disimpulkan simulasi terhadap jumlah penduduk valid terhadap data eksisting.

Selain itu, dengan mengetahui timbulan dan jenis sampah mengandung B3, maka dapat diterapkan langkah mitigasi yang dapat berpotensi mengurangi dampak negatif dari sampah terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Data proyeksi juga dapat menjadi acuan bagi pembuat kebijakan untuk merumuskan regulasi yang lebih baik dalam pengelolaan sampah mengandung B3 serta menentukan langkah pencegahan serta program minimasi yang bermanfaat bagi lingkungan.

4. Kesimpulan

Hasil pengukuran lapangan menunjukkan rata-rata timbulan sampah mengandung B3 sektor rumah tangga di DKI Jakarta 0,0097 kg/orang/hari dengan rincian timbulan berdasarkan tingkat ekonomi bawah ke atas adalah 0,0098; 0,009; 0,01 kg/orang/hari. Sampah B3 rumah tangga didominasi oleh sampah kemasan produk perawatan diri dan kecantikan (28,62%), sampah kemasan produk pembersih dan pemeliharaan rumah (26,34%), sampah kemasan dan sisa obat-obatan/medis (23,17%). Karakteristik sampah mengandung B3 dengan sifat infeksius (39,32%) dan beracun (35,63%) lebih banyak ditemukan dibandingkan karakteristik yang lain. Proyeksi timbulan sampah didekati dengan sistem dinamik sederhana dengan menggunakan simulasi. Diperoleh proyeksi timbulan sampah untuk 20 tahun ke depan mencapai 106.688,02 ton/tahun.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta dan rumah tangga di DKI Jakarta yang telah bersedia memberikan data-data sampah mengandung B3 untuk penelitian ini.

6. Singkatan

B3	Bahan berbahaya dan beracun
TPST	Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu
SFD	Stock and Flow Diagram
PP	Peraturan Pemerintah

7. Daftar Pustaka

- [1] Fikri, E., Purwanto, P., & Sunoko, H. R. (2015). *Skenario Pengelolaan Sampah B3 Rumah Tangga (B3 RT) Di Kota Semarang dengan Menggunakan Pendekatan Life Cycle Assessment (LCA)* (Doctoral dissertation, Program of Postgraduate).
- [2] Fikri, E., Purwanto, P., & Sunoko, H. R. (2018). Characteristics and Generation of Household Hazardous Waste (HHW) in Semarang City Indonesia. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183109026>
- [3] Galvin, D. (2018). *The History and Current Status of HHW Management on Household Hazardous Waste 2nd Edition*, edited by Amy D. Cabaniss. Maryland: Government Institutes.
- [4] Galvin, D., dan Dickey, P. (2018). *What is Household Hazardous Waste, in Handbook on Household Hazardous Waste 2nd Edition*, edited by Amy D. Cabaniss. Maryland: Government Institutes.
- [5] Prahasta, E. (2018). *Systems thinking pemodelan sistem dinamis*. Penerbit Informatika
- [6] Rusvinasari, D., & Risnanto, A. S. (2024). Rancangan Prediksi Volume Sampah TPA Kota Semarang Dengan Pendekatan Sistem Dinamik. *Journal of Data Science Theory and Application*, 3(1), 14-22.
- [7] Chaiyurit, J., & Intarasaksit, P. (2021). Household hazardous waste characterization and quantification at source in Thailand. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 71(8), 989-994.
- [8] Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta (2023). *Provinsi DKI Jakarta Dalam Angka 2023*.
- [9] Artika, I., & Chaerul, M. (2020). Model sistem dinamik untuk evaluasi skenario pengelolaan sampah di Kota Depok. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 8(3), 261-279.
- [10] Barlas, Y. (1989). Multiple tests for validation of system dynamics type of simulation models. *European journal of operational research*, 42(1), 59-87.
- [11] Agency For Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (1999). *Toxicological Profile For Mercury*. U.S Department of Health and Human Service.
- [12] Damanhuri, E., & Padmi, T. (2018). *Pengelolaan Sampah Terpadu Edisi Kedua*. Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB).
- [13] Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil DKI Jakarta. (2023). *Laporan Statistik Bulanan tahun 2023*
- [14] Kepala Dinas DLH Provinsi DKI Jakarta (2023). *Keputusan Kepala Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta Nomor e-0014 Tahun 2023 tentang Timbulan, Komposisi, dan Karakteristik Sampah Provinsi DKI Jakarta*.
- [15] Zhang, Z., Malik, M. Z., Khan, A., Ali, N., Malik, S., & Bilal, M. (2022). Environmental impacts of hazardous waste, and management strategies to reconcile circular economy and eco-sustainability. *Science of the Total Environment*, 807, 150856.