

MODEL SISTEM DINAMIK PENGELOLAAN PERSAMPAHAN DI SALAH SATU INDUSTRI FARMASI KABUPATEN KARAWANG

JEFRI HARIANTO



TEKNIK DAN MANAJEMEN LINGKUNGAN
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Model Sistem Dinamik Pengelolaan Persampahan di Salah Satu Industri Farmasi Kabupaten Karawang” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2026

Jefri Harianto
J0413221102

ABSTRAK

JEFRI HARIANTO. Model Sistem Dinamik Pengelolaan Persampahan di Salah Satu Industri Farmasi Kabupaten Karawang. Dibimbing oleh YUDITH VEGA PARAMITADEVI.

Industri farmasi menghasilkan timbulan sampah yang memerlukan pengelolaan yang tepat untuk meminimalkan beban pembuangan ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi eksisting dan merancang skenario pengelolaan sampah menggunakan pendekatan sistem dinamik. Metode penelitian meliputi observasi lapangan, identifikasi variabel, penyusunan *causal loop diagram* dan *stock flow diagram*, simulasi, serta validasi model menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Simulasi dilakukan pada periode 2025–2035 melalui skenario pesimis, moderat, dan optimis. Hasil penelitian menunjukkan timbulan sampah sebesar 159,83 kg/hari dengan komposisi terbesar berupa sampah taman 27%. Nilai MAPE sebesar 17,76% menunjukkan model memiliki akurasi yang baik dan layak digunakan untuk simulasi. Skenario optimis menghasilkan kondisi terbaik dengan timbulan sampah 101.935,0 kg, sampah menuju TPA 14.511,60 kg, emisi 2.258.310,0 kg CO₂-eq, serta keuntungan ekonomi sebesar Rp54.476.400,00 pada tahun 2035. Pendekatan sistem dinamik mendukung perencanaan pengelolaan sampah yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Kata kunci: industri farmasi, pengelolaan sampah, timbulan sampah.

ABSTRACT

JEFRI HARIANTO. *A Dynamic System Model for Solid Waste Management Pharmaceutical Industry at a in Karawang Regency. Supervised by YUDITH VEGA PARAMITADEVI.*

The pharmaceutical industry generates waste that requires proper management to minimize disposal to Final Disposal Sites (TPA). This study aims to analyze existing waste management conditions and develop waste management scenarios using a system dynamics approach to improve sustainable management effectiveness. The research methods included field observation, identification of system variables, development of causal loop diagram and stock flow diagram, simulation, and model validation using Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Simulations were conducted for the 2025–2035 period under pessimistic, moderate, and optimistic scenarios. The results showed waste generation of 159.83 kg/day, with garden waste as the largest composition 27%. The model validation produced a MAPE value of 17.76%, indicating good model accuracy for simulation purposes. The optimistic scenario showed the best performance, with waste generation of 101,935.0 kg, waste disposed to TPA of 14,511.60 kg, emissions of 2,258,310.0 kg CO₂-eq, and economic benefits of IDR 54,476,400.00 by 2035. The system dynamics approach effectively supports sustainable waste management planning in the pharmaceutical industry.

Keywords: pharmaceutical industry, waste management, waste generation



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

MODEL SISTEM DINAMIK PENGELOLAAN PERSAMPAHAN DI SALAH SATU INDUSTRI FARMASI KABUPATEN KARAWANG

JEFRI HARIANTO

Laporan Proyek Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan

**TEKNIK DAN MANAJEMEN LINGKUNGAN
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji pada ujian Laporan Akhir: Ir. Nurul Jannah, M.M., Ph.D.



Judul Proyek Akhir : Model Sistem Dinamik Pengelolaan Persampahan di Salah Satu Industri Farmasi Kabupaten Karawang

Nama : Jefri Harianto

NIM : J0413221102

Disetujui oleh

Pembimbing :

Dr. Yudith Vega Paramitadevi, S.T., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

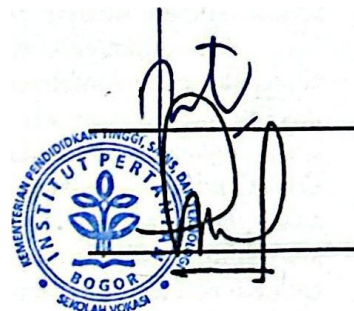
Dr. Ir. Beata Ratnawati, S.T., M.Si.

NPI. 201811198806252001

Dekan Sekolah Vokasi:

Dr Ir. Aceng Hidayat, M.T.

NIP. 196607171992031003



Tanggal Ujian:
(25 Juni 2026)

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala rahmat, karunia dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul “Model Sistem Dinamik Pengelolaan Persampahan Di Salah Satu Industri Farmasi Kabupaten Karawang”. Penelitian ini dilaksanakan pada periode Januari 2026 hingga bulan Mei 2026. Penyusunan Proyek Akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi guna memperoleh gelar pada Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan, Sekolah Vokasi, IPB University.

Penyusunan proyek akhir ini tidak terlepas dari berbagai proses yang memerlukan waktu, pemikiran, ketekunan, serta dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyadari bahwa selama proses pelaksanaan penelitian, pengumpulan data, analisis, hingga penyusunan proyek akhir, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, arahan, motivasi, serta dukungan yang sangat berarti. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Yudith Vega Paramitadevi, S.T., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan akademik, arahan, masukan, perhatian, serta dukungan yang berharga selama proses penyusunan proyek akhir ini. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada Dr. Ir. Beata Ratnawati, S.T., M.Si. selaku Ketua Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan yang telah memberikan arahan, dukungan, serta kesempatan kepada penulis selama menempuh pendidikan di lingkungan Sekolah Vokasi IPB University.

Ungkapan terima kasih yang mendalam penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Sudirman dan Ibu Susilawati, atas segala kasih sayang, pengorbanan, doa, dukungan moral maupun material, serta semangat yang senantiasa diberikan tanpa henti selama penulis menjalani seluruh proses pendidikan hingga penyelesaian proyek akhir ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada saudara penulis, Sinta Mariani dan Kiyomi Yumna Amira yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, doa, serta motivasinya. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada rekan-rekan, sahabat, serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, masukan, serta berbagai kontribusi lainnya selama pelaksanaan proyek akhir ini.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa proyek akhir ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat diharapkan sebagai bahan evaluasi dan penyempurnaan pada penelitian selanjutnya. Penulis berharap proyek akhir ini dapat memberikan kontribusi ilmiah, khususnya dalam pengembangan kajian pengelolaan lingkungan, serta dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi pengembangan penelitian maupun penerapan di masa mendatang.

Bogor, Juni 2026

Jefri Harianto

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR ISTILAH	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Sampah	5
2.2 Pengelolaan persampahan	5
2.3 Sistem Dinamik	6
2.4 Penelitian terdahulu terkait sistem dinamik	10
III METODE	13
3.1 Lokasi dan Waktu	13
3.2 Prosedur Kerja	13
3.3 Metode Analisa Data	14
3.4 Teknik Pengumpulan Data	16
3.5 Perancangan Model	21
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Kondisi Pengelolaan Sampah Industri Farmasi	25
4.2 Identifikasi timbulan dan komposisi sampah	29
4.3 <i>Causal Loop Diagram</i> (CLD)	32
4.4 <i>Stock Flow Diagram</i> (SFD)	34
4.5 Submodel <i>Stock Flow Diagram</i> (SFD) pengelolaan sampah	34
4.6 Submodel <i>Stock Flow Diagram</i> (SFD) emisi pengelolaan sampah	36
4.7 Submodel <i>Stock Flow Diagram</i> (SFD) ekonomi pengelolaan sampah	37
4.8 Verifikasi dan Validasi Model	40
4.9 Skenario pengelolaan sampah	41
4.10 Alternatif Pengelolaan Sampah	52
V SIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Simpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	66
RIWAYAT HIDUP	69



DAFTAR TABEL

1	Simbol <i>stock flow diagram</i>	10
2	Penelitian terdahulu terkait sistem dinamik pengelolaan sampah	11
3	Pemilihan skenario model	14
4	Interpretasi nilai MAPE	16
5	Kebutuhan data primer	16
6	Kebutuhan data sekunder	17
7	submodel pengelolaan sampah	22
8	Submodel emisi pengelolaan sampah	23
9	Submodel ekonomi pengelolaan sampah	23
10	Perbandingan timbulan sampah aktual dan hasil simulasi	40
11	Proyeksi timbulan sampah 2025-2035	42
12	Pengolahan di TPS 3R	44
13	Timbulan sampah di TPA	46
14	Akumulasi emisi CO ₂ -eq	48
15	Model ekonomi pengelolaan sampah	51
16	Spesifikasi detail motor pengangkut sampah roda tiga	57

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian	13
2	Kondisi pengelolaan sampah di industri farmasi	25
3	Kondisi pewadahan sampah di industri farmasi	27
4	Kondisi TPS di industri farmasi	28
5	Timbulan sampah per hari	30
6	Timbulan sampah per komposisi	31
7	<i>Causal Loop Diagram</i> (CLD) sistem pengelolaan sampah.	33
8	<i>Stock Flow Diagram</i> (SFD) pengelolaan sampah di industri farmasi	35
9	<i>Stock Flow Diagram</i> (SFD) emisi sampah di industri farmasi	36
10	<i>Stock Flow Diagram</i> (SFD) ekonomi sampah di industri farmasi	37
11	<i>Stock Flow Diagram</i> (SFD) keseluruhan	39
12	Perbandingan timbulan sampah aktual dan hasil simulasi	41
13	Timbulan sampah di industri farmasi	43
14	Pengolahan sampah di TPS 3R	45
15	Timbulan sampah di TPA	47
16	Akumulasi emisi CO ₂ -eq	49
17	Model ekonomi pengelolaan sampah	52
18	Diagram alir pengolahan sampah di TPS 3R	53
19	Contoh pewadahan sampah	55
20	Motor pengangkut sampah roda tiga	56

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR LAMPIRAN

1	Tabel sampling timbulan sampah di Industri Farmasi	67
2	Komposisi sampah hasil sampling	68

DAFTAR ISTILAH

No	Istilah	Penjelasan
1.	TPA	: Tempat Pemrosesan Akhir
2.	3R	: <i>Reduce, Reuse dan Recycle</i>
3.	MAPE	: <i>Mean Absolute Percentage Error</i>
4.	B3	: Bahan Berbahaya dan Beracun
5.	SRT	: Sampah Rumah Tangga
6.	SSSRT	: Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
7.	CLD	: <i>Causal Loop Diagram</i>
8.	SFD	: <i>Stock Flow Diagram</i>
9.	CO ₂ -eq	: CO ₂ Ekuivalen
10.	Jakstrada	: Kebijakan dan Strategi Daerah Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
11.	GWP	: <i>Global Warming Potential</i>
12.	Permen PUPR	: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
13.	TPS	: Tempat Penampungan Sementara
14.	TPS 3R	: Tempat Pengolahan Sampah <i>Reduce, Reuse, Recycle</i>
15.	<i>Loop R</i>	: <i>Reinforcing loop</i>
16.	<i>Loop B</i>	: <i>Balancing loop</i>
17.	FE	: Faktor emisi
18.	GMP	: <i>Good Manufacturing Practice</i>
19.	CO ₂	: <i>Carbon Dioxide</i>
20.	CH ₄	: <i>Methane</i>
21.	N ₂ O	: <i>Dinitrogen Oksida</i>
22.	CSR	: <i>Corporate Social Responsibility</i>