



# Pemodelan Sistem Pengelolaan Limbah Untuk Mengoptimalkan Siklus Limbah Plat Besi di PT. Maxima Daya Indonesia

Ahmad Fikri Ainur Fahmi<sup>1</sup>, Andhika Cahyono Putra<sup>1</sup>, Erly Ekayanti Rosyida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Majapahit, Mojokerto, Indonesia

## ARTICLE INFORMATION

Diajukan: 2 Agustus 2021

Direvisi: 15 Juni 2022

Disetujui: 1 Juli 2022

## KEYWORDS

Sistem Dinamik, Reorder Point, Penjadwalan

## CORRESPONDENCE

E-mail: [ahmadainur088@gmail.com](mailto:ahmadainur088@gmail.com)

## A B S T R A C T

Limbah masih menjadi persoalan yang masih harus terus dikaji dan dipahami dalam pengelolannya agar tidak terjadi penumpukan dan berujung fatal pada kondisi ekosistem lingkungan. Oleh karena itu penelitian ini dibuat dengan tujuan untuk mencari faktor faktor penyebab terjadinya penumpukan limbah plat besi di PT. Maxima Daya Indonesia untuk membuat strategi pengelolaan limbah dengan memaksimalkan penjualan persediaan limbah yang ada di gudang tempat penampungan limbah. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif menggunakan metode penelitian sistem dinamik dan mencari menjadwalkan dengan menghitung ROP, kemudian ditemukan 3 strategi untuk dibandingkan untuk dipilih salah satu yang lebih optimal dan efisien. Hasil dari penelitian ini adalah 1. Masalah penelitian ini terletak di waktu penjualan limbah awal, 36 hari kerja yang melebihi batas volume tempat limbah (1000 kg). 2. Strategi penjadwalan dengan mencari ROP dihasilkan ada tiga yaitu ROP 774,667 kg, ROP 1394 kg, ROP 968,317 kg. Dari ketiganya usulan penjualan limbah yang tepat adalah ROP 774,667 dengan jangka waktu penjualan 20 hari / 12 kali dalam satu tahun, dan ROP tersebut masih dibawah batas.

## PENDAHULUAN

Limbah adalah buangan dari sisa produksi yang terdapat zat – zat yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan seperti salah satu contoh polusi yang dapat mengganggu kesehatan (Sofyan, 2006). Oleh karena itu limbah dari hasil produksi harus diolah dengan sistem manajemen yang baik, jika tidak akan berdampak pada populasi lingkungan sekitar menjadi buruk dan berimbas kepada keberlangsungan hidup manusia.

Seperti yang dianjurkan pemerintah untuk menekan dampak negatif industri dengan menerapkan teknologi bersih, wajib melakukan proses pengelolaan limbah untuk mendukung pembangunan berkelanjutan (Samaritan & Mulasari, 2015). Namun sampai sekarang limbah masih menjadi persoalan yang harus terus dikaji dan diolah kembali kebijakan kebijakannya agar tidak sampai menimbulkan permasalahan dalam siklus limbah terkait penumpukan dan pencemaran yang berdampak fatal terhadap ekosistem lingkungan. Oleh karena itu diperlukan adanya kebijakan oleh instansi perusahaan tersebut untuk membuat strategi manajemen pengelolaan limbah yang efektif dan efisien dengan mempertimbangkan berbagai aspek positif ataupun negatif yang akan di terima perusahaan di masa yang akan datang

Metode Sistem Dinamik adalah metode yang digunakan untuk membuat peramalan kondisi yang bisa terjadi dalam jangka waktu ke depan dengan melakukan pengolahan dan perhitungan data data kongkrit / benar benar terjadi kemudian di modelkan berdasarkan hubungan umpan balik keterkaitan antara sebab dan akibat untuk melihat perubahan perilaku dari hasil keputusan strategi yang diambil disertai dengan antisipasi penanganan masalah / maintenance (Zalukhu & Mirwan, 2018).

Pencarian Reorder Point adalah mencari waktu yang tepat digunakan dalam menjadwalkan titik *reorder point* dari bahan atau produk, sehingga pada saat penjualan bahan baku bisa sesuai dengan yang dipesan dan tepat waktu tidak sampai melebihi kapasitas yang ada digudang (Apriyani & Muhsin, 2017).

PT. Maxima Daya Indonesia merupakan salah satu Perusahaan yang bergerak dalam pembuatan Transformator yang berada di daerah Trawas, Mojokerto. Dengan limbah akhir berupa sisa potongan Plat besi. Permasalahan yang selama ini dihadapi oleh PT. Maxima Daya Indonesia adalah terjadinya penumpukan limbah yang disebabkan berkaitan dengan penjadwalan penjualan limbah (plat besi) yang dilakukan oleh perusahaan dengan konsumen tetap yang kurang efektif, pembeli tidak melakukan pembelian hasil limbah secara kontinyu dan jangka waktu penjualan

kembalinya terlalu jauh, sehingga volume daya tampung limbah sering overload. Sehingga perlu dilakukan penjadwalan ulang dengan penghitungan terkait volume limbah masuk dan berpatokan pada batas daya tampung tempat limbah.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan memahami permasalahan yang terjadi dan mencari berbagai faktor faktor penyebabnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode sistem dinamik yaitu dengan membuat model untuk merumuskan berbagai faktor yang bisa menyebabkan penumpukan limbah. Pada model ini berisi tentang data awal yang berkaitan dengan terjadinya sebuah limbah yang dimiliki oleh perusahaan. Data tersebut berupa data tentang Permintaan produksi, kebutuhan bahan baku, laju produksi, dengan hasil data sebagai berikut :

1. Data permintaan produksi ini memuat permintaan produksi trafo 100 kva dalam satu tahun produksi dari konsumen utama yaitu PT. PLN (persero) yang dimuat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 1. Permintaan Produksi Trafo 100 kva

NO	BULAN	SATUAN
1	JANUARI	44
2	FEBRUARI	44
3	MARET	44
4	APRIL	44
5	MEI	44
6	JUNI	44
7	JULI	44
8	AGUSTUS	44
9	SEPTEMBER	44
10	OKTOBER	61
11	NOVEMBER	62
12	DESEMBER	62
<b>TOTAL</b>		<b>581</b>

Sumber : Sales marketing PT. Maxima Daya Indonesia (2020)

2. Data laju produksi dari bagian gudang limbah dan produksi transformator,

Tabel 2. Laju Produksi Bagian Gudang Limbah Dan Produksi Transformator

NO	Jenis data laju produksi	Kuantitas
1	Kapasitas Produksi	2,42 unit/hari
2	Kebutuhan bahan baku	2 lembar/unit
3	Hari kerja	20 hari/bulan
4	Berat sisa limbah	8 kg/lembar
5	Periode kerja	240 hari

Sumber : PPIC PT. Maxima Daya Indonesia (2020)

3. Data penjualan awal limbah plat besi yang diterpekan di perusahaan dengan akumulasi per satu tahun dengan jangka waktu penjualan 36 hari untuk satu kali penjualan limbah dengan total limbah per tahun sebanyak 9296 kg

Tabel 3. Penjualan Awal Limbah Plat Besi

NO	TANGGAL	NAMA BARANG	JUMLAH (kg)	PENERIMA
1	12/01/2020	LIMBAH PLAT BESI	1394	Mansur Colombus
2	24/02/2020	LIMBAH PLAT BESI	1350	Mansur Colombus
3	10/04/2020	LIMBAH PLAT BESI	1438	Mansur Colombus
4	24/06/2020	LIMBAH PLAT BESI	1390	Mansur Colombus
5	14/08/2020	LIMBAH PLAT BESI	1398	Mansur Colombus
6	16/11/2020	LIMBAH PLAT BESI	1394	Mansur Colombus
TOTAL PENJUALAN			8364	
Sisa di Gudang			932	

Sumber : Sales marketing PT. Maxima Daya Indonesia (2020)

Ada 2 pendekatan dalam pembuatan model sistem dinamik, yaitu :

a) *Causal Loop Diagram*

Dengan menggambarkan umpan balik antara hubungan sebab akibat antar komponen sistem dalam suatu diagram. Berupa garis lengkung yang berujung tanda panah yang menghubungkan antar unsur sistem. Dengan simbol tanda huruf "S (+)" artinya komponen penyebab membuat peningkatan komponen yang dipengaruhi , huruf "O (-)" artinya komponen penyebab membuat komponen yang dipengaruhi menurun.

b) *Stock and Flow Diagram (SFD)*

Setelah diagram CLD jadi kemudian dibuatkan diagram SFD dengan 2 jenis variabel utama yaitu Stock (Level) dan Flow (Rate) yang digunakan untuk merepresentasikan atau menjabarkan lebih rinci aktivitas pada suatu lingkaran umpan-balik. Dalam model hasil dari variabel Rate inilah yang dapat mempengaruhi level (Mukti, 2010).

Setelah model dibuat hasil variabel utama dari pembuatan kedua diagram tersebut digunakan sebagai hitungan untuk membuat penjadwalan dengan mencari ROP, dengan rumus :

$$ROP = Z \sigma \sqrt{LT} + \bar{x}$$

dengan:

Z (Laju limbah) =

kapasitas produksi perhari x kebutuhan bahan baku x sisa bahan baku

$$\sigma(\text{Standar deviasi}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

LT (Waktu tunggu)

$$\bar{x}(\text{Rata rata limbah}) = \sum X : n$$

$$\text{Annual holding cost} = \frac{D_L h C_L}{n2}$$

dengan:

$D_L$  (Permintaan)

$h$  (biaya penyimpanan) = % Crying cost x Harga per lembar

$C_L$  (Unit Cost) = Total cost : Total unit

N = nilai ROP

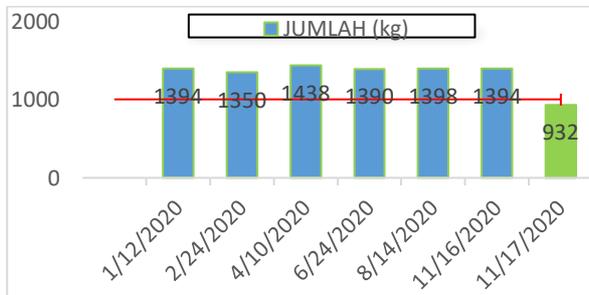
4. Validasi Model

Proses validasi juga merupakan proses yang sangat dibutuhkan pada saat membuat pemodelan, untuk bisa membuktikan apakah model yang dibuat sesuai dengan apa yang dibutuhkan atau mewakili dari kondisi sistem secara nyata (Aditya & Suryani, 2018). Proses validasi dari penelitian ini dengan menggunakan validasi grafik nilai current dari model diagram kausal yang ada di aplikasi Vensim PLE.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Identifikasi masalah

Dari data penjualan dalam 1 tahun dengan jangka waktu penjualan 36 hari masih menyisakan persediaan di gudang sebanyak 932 kg, hal ini mengakibatkan terjadinya penumpukan yang terjadi secara terus menerus dibuktikan dengan grafik sebagai berikut :



Gambar 1. Data Penjualan Tahun 2020

B. Penghitungan awal

- Laju limbah produksi/hari (Z) = kapasitas produksi perhari x kebutuhan bahan baku x sisa bahan baku  
 = 2,42 unit/hari x 2 lembar/unit x 8 kg/lembar  
 = 38,73 kg/hari
- Jumlah Limbah produksi = (laju limbah produksi per hari x hari kerja per bulan x periode produksi)  
 = 38,73 kg/hari x 20 hari x 12 bulan  
 = 9296 kg/tahun
- limbah / bulan = laju limbah produksi perhari x hari kerja per bulan  
 = 38,73 kg x 20 hari  
 = 774,667 kg

C. Pembuatan Penjadwalan

- Model penjadwalan 1:

Lead time (LT) = Laju limbah 1 bulan : Laju limbah per hari  
 = 774,667 : 38,73 kg  
 = 20 hari

Mean demand ( $\bar{x}$ ) =  $\sum X : n$   
 = 774,667 + 774,667 + 774,667 + 774,667  
 + 774,667 + 774,667 + 774,667 + 774,667 + 774,667 +  
 774,667 + 774,667 + 774,667 : 12  
 = 9296 : 12  
 = 774,667

$$\begin{aligned} \text{Standar deviasi } (\sigma) &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum (774,667 - 774,667)^2}{12 - 1}} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= Z \sigma \sqrt{LT} + \bar{x} \\ &= 38,73 \text{ kg} \times 0 \times \sqrt{20 \text{ hari}} + 774,667 \text{ kg} \\ &= 0 + 774,667 \text{ kg} \\ &= 774,667 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Model penjadwalan 2 :

Lead time (LT) = Kapasitas produksi : Laju limbah per hari  
 = 1000 kg : 38,73 kg  
 = 25 hari (968,317 kg)

Periode produksi : lead time = 240 hari : 25 hari = 9,6 kali

Mean demand ( $\bar{x}$ ) =  $\sum X : n$   
 = 968,317 kg + 968,317 kg + 968,317 kg + 968,317 kg +  
 968,317 kg + 968,317 kg + 968,317 kg + 968,317 kg +  
 968,317 kg : 9 = 968,317 kg

$$\begin{aligned} \text{Standar deviasi } (\sigma) &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum (968,317 - 968,317)^2}{12 - 1}} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= Z \sigma \sqrt{LT} + \bar{x} \\ &= 38,73 \text{ kg} \times 0 \times \sqrt{25 \text{ hari}} + 968,317 \text{ kg} \\ &= 0 + 968,317 \text{ kg} \\ &= 968,317 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Model penjadwalan 3

Lead time (LT) = 36 hari (1394)

Periode produksi : lead time = 240 hari : 36 hari = 6,6 kali

Mean demand ( $\bar{x}$ ) =  $\sum X : n$   
 = 1394 + 1394 + 1394 + 1394 + 1394 +  
 1394 : 6  
 = 1394 kg

$$\begin{aligned} \text{Standar deviasi } (\sigma) &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{(1394 - 1394)^2 + (1394 - 1394)^2 + (1394 - 1394)^2 + (1394 - 1394)^2 + (1394 - 1394)^2 + (1394 - 1394)^2}{12 - 1}} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= Z \sigma \sqrt{LT} + \bar{x} \\ &= 38,73 \text{ kg} \times 0 \times \sqrt{36 \text{ hari}} + 1394 \text{ kg} \\ &= 0 + 1394 \text{ kg} \\ &= 1394 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Annual holding cost} &= \frac{D_L \cdot h \cdot C_L}{n^2} \\ &= \frac{9296 \cdot \text{Rp } 2120 \cdot \text{Rp } 42400}{774,317^2} \\ &= \text{Rp } 1.407.758,69 \end{aligned}$$

DL (permintaan) = 9296

h (biaya penyimpanan) = % Crying cost x Harga per lembar  
 = 5% x Rp. 42.400  
 = Rp. 2120

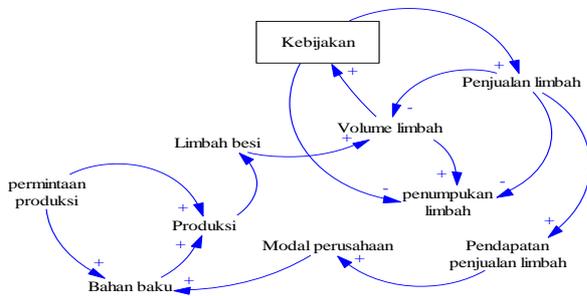
CL (Unit Cost) = Total cost : Total unit  
 = Rp. 49.268.800 : 1161,8  
 = Rp 42.400

D. Pembuatan Model Sistem Dinamik

1. Causal Loop Diagram

Didapatkan 3 variabel yang terbagi menjadi sembilan faktor yang saling mempengaruhi terjadinya penumpukan limbah. Diagram ini menggambarkan hubungan kausal antara 9 variabel yang diidentifikasi dengan hasil model seperti berikut

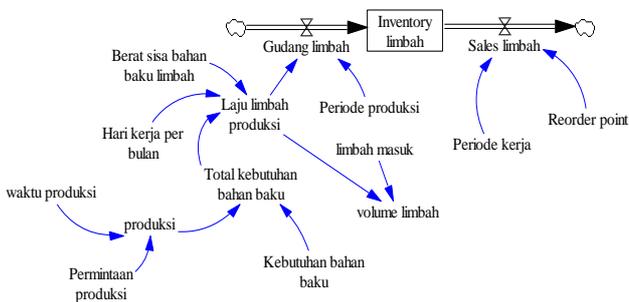
- Loop tertutup dari produksi Ini termasuk loop tertutup positif, karena menunjukkan perilaku peningkatan sistem yang bisa mempengaruhi sistem lain.
- Volume limbah merupakan loop tertutup negatif, menggambarkan aliran limbah yang bisa menyebabkan penumpukan limbah.
- Lingkaran tertutup penjualan limbah Ini menunjukkan loop tertutup positif karena bisa mempengaruhi penurunan lingkaran tertutup negatif dan bisa meningkatkan variabel lain . Dengan penggambaran model seperti berikut ini :



Gambar 2. Causal Loop Diagram

2. Stock and Flow Diagram

Didalam variabel “level” berupa inventory limbah, variabel “rate” berupa gudang limbah dan sales limbah. Didalam limbah produksi mencakup variable-variabel yang berhubungan dengan kebutuhan bahan baku, Permintaan produksi, Berat limbah dan waktu kerja. Sedangkan didalam Sales limbah mencakup variable-variabel terkait periode kerja dan Reorder Point, dengan hasil model seperti berikut :



Gambar 3. Stock and Flow Diagram

E. Simulasi dan validasi model

Dari penghitungan awal dan pembuatan model diagram dihasilkan limbah yang masuk dari sisa proses produksi Transformator, kemudian dimasukkan dalam klasifikasi waktu harian, bulanan, dan tahunan dengan hasil:

Tabel 3. Hasil Simulasi Model

Jangka waktu	Harian	Bulanan	Tahunan
Kapasitas produksi	2,42 unit	48,4 unit	582 unit
Total kebutuhan bahan baku	4,84 lembar	96,8 lembar	1161,8 lembar
Laju limbah produksi	38,73 kg	774,667 kg	9296 kg

kemudian dilakukan proses validasi hasil model dengan asumsi awal penghitungan sebelum dilakukan pembuatan model dinamik menggunakan aplikasi Vensim PLE , dengan hasil sebagai berikut:

a. Table time limbah per tahun

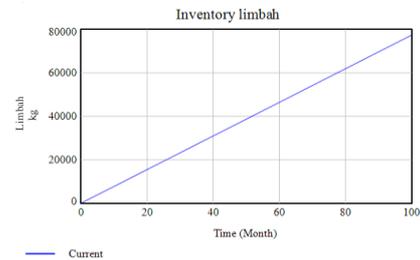
Tabel 4. Table Time Limbah Per Tahun

Time (Month)	0	1	2	3	4	5	6
Inventory limbah : Current	0	774.667	1549.33	2324	3098.67	3873.33	4648

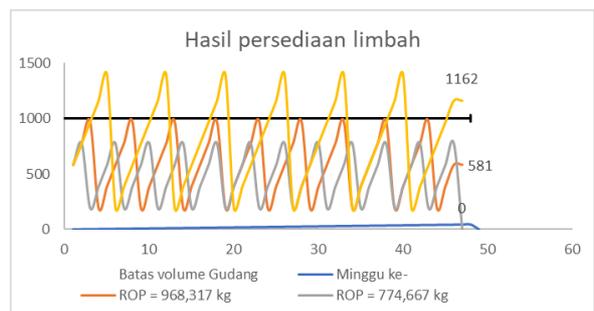
Time (Month)	7	8	9	10	11	12
Inventory limbah : Current	5422.67	6197.33	6972	7746.67	8521.33	9296

b. Grafik inventory limbah per tahun



Gambar 4. Grafik Inventory Limbah per Tahun

Dapat dilihat dari gambar diatas menunjukkan jumlah limbah produksi yang dihasilkan dari asumsi penghitungan awal, rata – rata perbulan memperoleh hasil 774,667 kg dinyatakan valid. Dari hasil tersebut dimasukkan data sesuai dengan penghitungan awal untuk mencari jadwal penjualan yang tepat dengan melakukan perbandingan tiga model penjadwalan dalam periode satu tahun dihasilkan grafik seperti berikut :



Gambar 5. Hasil persediaan limbah dari perbandingan tiga model penjadwalan

Dari grafik persediaan limbah diatas ketiga model menunjukkan hasil sisa penjualan dengan penjelasan sebagai berikut :

- Grafik ROP 968,317 kg dengan jangka waktu penjualan 25 hari dalam satu tahun, per 1 satu kali penjualan tidak melebihi batas kapasitas gudang yaitu 1000 kg, dengan sisa hasil penjualan di gudang sejumlah 581 kg.

- Grafik ROP 1394 kg dengan jangka waktu penjualan 36 hari dalam satu tahun, ini adalah jadwal awal yang diterapkan di perusahaan dalam 1 satu kali penjualan melebihi batas kapasitas gudang yaitu 1000 kg, dengan sisa hasil penjualan di gudang cukup banyak sejumlah 1162 kg.
- Grafik ROP 774,667 kg dengan jangka waktu penjualan 20 hari dalam satu tahun, per satu kali penjualan tidak melebihi batas kapasitas gudang (1000 kg) , dengan sisa hasil penjualan digudang 0 kg atau habis.

## SIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian untuk memecahkan masalah tentang bagaimana mencegah penumpukan limbah plat besi dapat disimpulkan :

- Pada penelitian ini untuk menentukan jumlah inventory limbah yang dihasilkan dalam satu periode produksi diperlukan beberapa tiga variabel utama yang harus dicari, yaitu jumlah permintaan produksi, laju produksi dan Sales limbah karena ketiga variabel dianggap penting sebagai panduan untuk pemecahan masalah dalam bidang pengelolaan limbah akhir produksi
- Dari hasil pemodelan dengan menggunakan metode sistem dinamik diperoleh data untuk permintaan produksi satu periode produksi adalah 582 unit kemudian dari nilai permintaan produksi ini di bagi dan dirinci untuk mencari nilai laju produksi dan limbah harian, sehingga diperoleh hitungan Kapasitas produksi 2,42 unit, Total kebutuhan bahan baku 4,84 lembar, laju limbah produksi 38,72 kg Dari hitungan laju produksi dan limbah harian ini dikalikan ke waktu kerja dalam setahun didapatkan untuk total bahan baku tahunan 1161,8 lembar dan untuk bulanan 96,8 lembar . kemudian untuk total limbah produksi tahunan 9296 kg dan untuk bulanan 774,667 kg. Kemudian mencari penjadwalan penjualan dengan tiga model Reorder point (ROP) dan membandingkannya diantara ketiga model dihasilkan untuk penjadwalan yang paling tepat adalah dengan patokan ROP 774,667 kg, dari hasil tersebut masih dibawah batas maksimal tempat penampungan limbah (1000 kg) dan untuk penjualan 1 tahun sisa digudang menjadi 0 kg atau habis . dan untuk biaya annual holding costnya dalam satu tahun mencapai Rp.1.407.758,69.
- Dari jumlah ROP yang yang dihasilkan strategi penjualan yang tepat untuk mencegah terjadinya penumpukan limbah adalah setiap jangka waktu 20 hari kerja , total dalam 1 tahun terjadi 12 kali penjualan.

## REFERENSI

Aditya, A., & Suryani, E. (2018). Aplikasi Model Sistem Dinamik Untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air Dalam Rangka Memenuhi Kebutuhan Supply Dan Demand Energi Listrik Di Kepulauan (Studi Kasus: Pulau Madura). *Institut Teknologi Sepuluh Nopember 1 Jln. Raya Tidar*, 03(01), 7–14. <http://www.ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/informatika/article/view/649>

- Apriyani, N., & Muhsin, A. (2017). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Metode Economic Order Quantity Dan Kanban Pada Pt Adyawinsa Stamping Industries. *Opsi*, 10(2), 128. <https://doi.org/10.31315/opsi.v10i2.2108>
- Mukti, S. H. (2010). *Metode Sistem Dinamis (Systems Dynamic) Untuk Perencanaan Pembangunan Wilayah*. <http://shmukti.blogspot.com/2010/04/metode-sistem-dinamis-untuk-perencanaan.html>
- Samaritan, D. L., & Mulasari, S. A. (2015). Gambaran Manajemen Pengelolaan Limbah Padat Di Health Centre Perusahaan X Lampung Tengah. *Jurnal Medika Respati*, X(4), 71–87. <http://medika.respati.ac.id/index.php/Medika/article/view/106>
- Sofyan, M. (2006). *Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan Total Dissolved Solid (TDS) pada Limbah Cair Peternakan Sapi dengan Menggunakan Teknologi Membran Keramik*.
- Zalukhu, S. A., & Mirwan, M. (2018). Analisis Model Dinamik Dalam Pengangkutan Sampah Di Kota Bangkalan. *Jurnal Envirotek*, 10(1), 28–36. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v10i1.1165>

## BIOGRAFI PENULIS



### Ahmad Fikri Ainur Fahmi

Ahmad Fikri Ainur Fahmi is a student in industrial engineering, Majapahit Islamic University. Ask for the research to Modeling of Waste Management System to Optimize Iron Plate Waste Cycle at PT. Maxima Daya Indonesia



### Andhika Cahyono Putra

Andhika Cahyono Putra received the bachelor's degree in Industrial Product Design at the Institute of Technology September 10, Surabaya (ITS), in 2008, the master's degree in in industrial engineering graduated from the Institute of Technology Adhi-Tama Surabaya (ITATS) in 2015. Currently, He is a lecturer, Industrial Engineering Departement, Majapahit Islamic University Mojokerto, Indonesia. The research topic in product design and development, facility layout planning, and research operations.



### Erly Ekayanti Rosyida

Erly Ekayanti Rosyida is a Lecturer at the Department of Industrial Engineering, Universitas Islam Majapahit, Indonesia and doctoral graduates from Department of Industrial and System Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS) Surabaya, Indonesia. Her research interest is disruptions in freight transportation networks, optimization in logistics and supply chain management.