

**LAPORAN PENELITIAN**



Universitas  
**Esa Unggul**

**PENGENDALIAN CACAT PRODUK PIPA BESI DI GUDANG  
BARANG JADI MENGGUNAKAN SISTEM DINAMIS**

**PENGUSUL**

Dr. Arief Suwandi, ST., MT

NIDN. 0302046805

**UNIVERSITAS ESA UNGGUL**

**Januari 2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : **Pengendalian Cacat Produk Pipa Besi Di Gudang  
Barang Jadi Menggunakan Sistem Dinamis**

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 435 / Teknik Industri

Peneliti

a. Nama Lengkap : Dr. Arief Suwandi, ST, MT.

b. NIDN : 0302046805

c. Jabatan Fungsional : III c

d. Program Studi : Teknik Industri

e. No HP : 081310420157

f. Alamat Surel (e-mail) : [arief.suwandi@esaunggul.ac.id](mailto:arief.suwandi@esaunggul.ac.id)

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : -

b. NIDN : -

c. Perguruan Tinggi : -

Anggota Peneliti (2)

a. Nama Lengkap : -

b. NIDN : -

c. Perguruan Tinggi : -

Biaya Penelitian : Rp. 20.000.000,-

Biaya Luaran Tambahan : Rp. 7.000.000,-

Jakarta, 7 Januari 2022

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik



(Ir. Roesfiansjah Rasyidin, MT, Ph D.)  
NIK. 201050167

Peneliti,



(Dr. Arief Suwandi, ST, MT.)  
NIK. 211080436

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat



(Dr. Erry Yudhya Mulyani, S.Gz, M.Sc.)  
NIK. 209100388

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
RINGKASAN .....	iv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	1
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Rencana Target Capaian Penelitian .....	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Defenisi Kualitas .....	3
2.2 Dimensi Kualitas .....	3
2.3 Pengendalian Kualitas .....	5
2.4 Sistem Dinamis .....	6
<b>BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN</b>	
3.1 Tujuan Penelitian .....	8
3.2 Manfaat Penelitian .....	8
<b>BAB 4 METODE PENELITIAN</b>	
4.1 Tahapan Penelitian .....	9
4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	10
4.3 Pengumpulan Data .....	10
4.4 Sistematika Pengolahan Data .....	10
4.5 Analisis Data .....	10
<b>BAB 5 HASIL YANG DICAPAI</b>	
5.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	11
5.2 Diagram Alir Stok (SFD) Defect Produk pada Gudang Barang Jadi .....	11
5.3 Hasil Validasi Model .....	13
5.4 Simulasi Usulan Skenario Perbaikan .....	14
5.5 Biaya dan Manfaat .....	14
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1 Kesimpulan .....	16
6.2 Saran .....	16
DAFTAR PUSTAKA .....	17

## RINGKASAN

Kondisi saat ini banyak dikeluhkan oleh konsumen karena sering terdapat produk yang cacat atau tidak sesuai dengan harapan yang ditemukan dari pesanan pembelian pipa besi meskipun produk yang dikirim berkualitas baik dari gudang perusahaan. Manajemen penyimpanan merupakan poin yang sangat penting bagi perusahaan di mana kualitas dan ketepatan pengiriman merupakan salah satu parameter kepuasan pelanggan. Pada tahap ini, tentu ada cacat produk ataupun kegagalan dari pengendalian produk jadi seperti kesalahan penanganan material dan kerusakan produk karena penyimpanan. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu model untuk mengendalikan adanya kegagalan produk pipa pada sistem persediaan barang jadi. Cacat pada studi kasus di perusahaan pipa besi disebabkan oleh penanganan material dan produk yang disimpan (memburuk). Variabel eksogen dari simulasi ini adalah keandalan penanganan produk, persentase pengerjaan ulang yang berhasil, dan persentase kerusakan produk. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario optimis memiliki cacat terkecil sebesar 0% dan diikuti oleh skenario kemungkinan besar 1%, dan skenario pesimistis 4%. Model yang dihasilkan dapat meminimalkan kegagalan produk pipa besi di gudang barang jadi dan modelnya dapat diterapkan di dunia nyata yang lebih kompleks.

**Kata Kunci :** Cacat produk, kualitas, skenario, gudang barang jadi



## **BAB 1 PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut setiap perusahaan untuk memiliki kualitas produk yang baik dalam menghadapi para pesaing bisnis. Produk yang berkualitas adalah sesuatu yang dapat memenuhi harapan konsumen. Perusahaan yang memproduksi pipa besi menggunakan bahan baku plat baja yang umumnya digunakan untuk konstruksi seperti Pipa Line, Casing & Tubing, Pipa Bawah Laut, Pipa Air Baja, Pipa Baja untuk Tiang Pancang dan Pipa Baja untuk Struktur Umum. Kondisi saat ini menunjukkan banyak keluhan dari konsumen karena produk cacat sering ditemukan dari pesanan pembelian pipa. Hal ini menjadi masalah serius bagi manajemen perusahaan pipa dan mereka perlu segera mengambil tindakan korektif untuk mengatasi masalah produk cacat yang diproduksi.

Adanya kegagalan penyimpanan produk jadi menentukan bagaimana proses perusahaan dalam menjaga kualitas produk dan keberlangsungan perusahaan. Jika defectnya tinggi maka perusahaan akan mengalami kerugian dan kurangnya kepercayaan pelanggan, sehingga mengakibatkan gangguan yang serius terhadap perusahaan (Suwartha, Berawi, Zagloel, & Surjandari, 2015). Risiko kegagalan perlu diidentifikasi dan kemudian dikembangkan model untuk mengurangi kegagalan penyimpanan produk jadi (Kilibarda, 2013). Faktor penyebab kegagalan dalam penyimpanan meliputi oksidasi, penuaan, jamur, kegagalan penyegelan, dan proses kimia atau fisik lambat lainnya (Z. Liu & Liu, 2018).

Pemilihan inspeksi selektif yang paling cocok, kontrol aliran parsial, dan kebijakan koreksi cacat didasarkan pada analisis dampak tindakan pada sistem secara keseluruhan dan kinerja kualitas seluruh rantai proses, sehingga kualitas dan produktivitas dapat dipertahankan, di tingkat sistem (Grösser, Reyes-Lecuona, & Granholm, 2017).

### **1.2. Perumusan Masalah**

Pada penelitian ini permasalahan yang akan dicarikan solusinya adalah bagaimana model sistem pengendalian risiko kegagalan produk pipa besi digudang produk jadi dengan pemilihan inspeksi selektif yang paling cocok, kontrol aliran parsial, dan kebijakan koreksi cacat didasarkan pada analisis dampak tindakan pada sistem secara keseluruhan dan kinerja kualitas seluruh rantai proses, sehingga kualitas dan produktivitas dapat dipertahankan, di tingkat system

### **1.3. Batasan Masalah**

Penelitian dilakukan dengan melaksanakan tinjauan berupa kasus studi, dimana agar lebih terfokus penelitian dibatasi ruang lingkup berikut :

1. Kasus studi berfokus pada pembuatan pipa besi di perusahaan PT. XYZ, di mana kerusakan produk terjadi karena penyimpanan yang buruk dan penanganan material yang salah.
2. Aliran fisik material menjadi produk dilakukan pada departemen produksi sampai gudang barang jadi perusahaan.

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu model pengendalian kegagalan produk pipa besi di gudang produk jadi dengan menggunakan sistem dinamis, sehingga dapat berdampak pada penurunan produk rusak di perusahaan.

### **1.5. Rencana Target Capaian Penelitian**

Dalam rangka penyelesaian permasalahan yang ada yaitu dengan model penanganan kegagalan produk cacat menggunakan system dinamis, diharapkan tujuan dari penelitian dapat tercapai, Adapun target luaran penelitian adalah :

1. Publikasi pada Jurnal Ilmiah Internasional Terakreditasi.
2. Pengayaan pada Bahan Ajar “Rekayasa Kualitas dan Produktivitas” pada Program Studi Teknik Industri. Universitas Esa Unggul khususnya dan Teknik Industri pada umumnya.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Definisi Kualitas

Kualitas memiliki banyak definisi yang berbeda, dan bervariasi dari yang konvensional sampai yang lebih strategik. Definisi konvensional dari kualitas biasanya menggambarkan karakteristik langsung dari suatu produk seperti: performansi (performance), keandalan (reliability), mudah dalam penggunaan (easy of use), estetika (esthectic), dan sebagainya.

Bagaimanapun para manajer dari perusahaan yang sedang berkompetisi dalam pasar global memberikan perhatian serius pada definisi strategik, yang menyatakan bahwa : kualitas adalah segala sesuatu yang memenuhi keinginan atau kebutuhan pelanggan (meeting of needs of customers). Berdasarkan definisi tentang kualitas baik yang konvensional maupun yang lebih strategi, kita boleh menyatakan bahwa pada dasarnya kualitas mengacu kepada pengertian pokok berikut:

1. Kualitas terdiri dari sejumlah keistimewaaan produk, baik keistimewaaan langsung maupun keistimewaan atraktif yang memenuhi keinginan pelanggan dan dengan demikian memberikan kepuasan atas penggunaan produk tersebut.
2. Kualitas terdiri dari segala sesuatu yang bebas dari kekurangan atau kerusakan. (Gaspersz, 2001).

Karena luasnya definisi tentang kualitas, beberapa ahli ternama diantaranya :

*Juran* (1962) “ kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya”

*Crosby* (1979) “ Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *availability, delivery, reliability, maintainability, dan cost effectiveness.*”

*Deming* (1982) “ Kualitas harus bertujuan memenuhi kebutuhan pelanggan sekarang dan di masa *dating.*

*Feigenbaum* (1991) “ Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture, dan maintenance,* dalam mana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengna kebutuhan dan harpaan pelanggan. “

*Scherkenbach* (1991) “Kualitas ditentukan oleh pelanggan: pelanggan menginginkan produk dan jasa yang sesuai dengna kebutuhan dan harpaannya pada suatu tingkat harga tertentu yang menunjukkan nilai produk tersebut.”

*Elliott* (1993) “Kualitas dalaah sesuatu yang berbeda untuk orang yang berbeda dan tergantung pada waktu dan tempat, atau dikatakan sesuai dengna tujuan.”



Goetsch dan Davis (1995) “Kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan.”

Perbendaharaan istilah ISO 8402 dan dari Standar Nasional (SNI 19-8402-1991), kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria- kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu.

Berdasarkan pengertian dasar tentang kualitas di atas, tampak bahwa kualitas selalu berfokus pada pelanggan (*customer focused quality*). Dengan demikian produk-produk didesain, diproduksi, serta pelayanan diberikan untuk memenuhi keinginan pelanggan. Karena kualitas mengacu kepada segala sesuatu yang menentukan kepuasan pelanggan, suatu produk yang dihasilkan baru dapat dikatakan berkualitas apabila sesuai dengan keinginan pelanggan, dapat dimanfaatkan dengan baik, serta diproduksi dengan cara yang baik dan benar. (Gaspersz, 2001). Keistimewaan atau keunggulan produk dapat diukur melalui tingkat kepuasan pelanggan. Keistimewaan ini tidak hanya terdiri dari karakteristik produk yang ditawarkan, tetapi juga pelayanan yang menyertai produk itu, seperti: cara pemasaran, cara pembayaran, ketepatan penyerahan, dan lain-lain.

## 2.2. Dimensi Kualitas

Kualitas produk dapat dideskripsikan dan dievaluasi dalam beberapa cara. Seringkali sangat penting untuk membedakan perbedaan kualitas yang berbeda ini. Garvin (1987) menyediakan dan diskusi yang sangat baik tentang komponen kekal atau dimensi kualitas. Kesimpulan kunci mengenai dimensi ini sebagai berikut:

1. Kinerja (Akankah produk melakukan pekerjaan yang dimaksud ?) Pelanggan potensial biasanya mengevaluasi suatu produk untuk menentukan apakah ia akan melakukan fungsi tertentu dan menentukan seberapa baik kinerjanya?
2. Keandalan (seberapa sering produk gagal ?) Produk kompleks, seperti banyak peralatan, mobil, atau pesawat terbang, biasanya memerlukan perbaikan selama masa kerja mereka.
3. Daya tahan (Berapa lama produk itu bertahan ?) Ini adalah masa pakai produk yang efektif. Pelanggan jelas menginginkan produk yang berprestasi dengan memuaskan dalam jangka waktu yang lama.
4. Kegunaan (Seberapa mudahnya memperbaiki produk ?) Ada banyak industri di mana pandangan pelanggan terhadap kualitas secara langsung dipengaruhi oleh harga dengan cepat



dan secara ekonomis merupakan perbaikan dari aktivitas perawatan rutin yang dapat dilakukan.

5. Estetika (seperti apa produk itu ?) Ini adalah daya tarik visual produk, sering mempertimbangkan faktor-faktor seperti gaya, warna, alternatif kemasan bentuk, karakteristik sentuhan, dan fitur sensoris lainnya.
6. Fitur (produk apa yang dilakukan ?) Biasanya, Pelanggan menghubungkan kualitas tinggi dengan produk yang telah menambahkan fitur-yaitu, ada yang memiliki fitur di luar kinerja dasar persaingan
7. Kualitas yang Dirasakan (Apa reputasi perusahaan atau produknya?) Dalam banyak kasus, pelanggan mengandalkan reputasi masa lalu perusahaan mengenai kualitas produknya. Reputasi ini secara langsung dipengaruhi oleh kegagalan product yang sangat terlihat oleh publik atau yang memerlukan penarikan produk, dan bagaimana pelanggan diperlakukan ketika masalah kualitas terkait dengan produk dilaporkan. Kualitas yang diharapkan, loyalitas pelanggan dan bisnis yang berulang saling berhubungan sangat erat.
8. Kesesuaian dengan standar (Apakah produk dibuat sesuai dengan perancang?) Kami mengutamakan produk berkualitas tinggi sebagai produk yang sesuai dengan persyaratan yang ada di dalamnya.

### **2.3. Pengendalian Kualitas**

Pengendalian kualitas merupakan aktifitas teknik dan anajemen dimana perusahaan mengukur karakteristik kualitas dari produk atau jasa, kemudian membandingkan hasil pengukuran itu dengan spesifik produk,serta mengambil tindakan peningkatan yang tepat apabila ditemukan perbedaan diantara kinerja aktual dengna standar yang telah ditentukan (Gasperz,2001).

Tujuan pengendalian kualitas menurut beberapa pendapat dalam (Gazperz, 2001) adalah sebagai berikut :

1. Pengendalian kualitas menurut Reksohadiprojo dalam bertujuan memperbaiki kualitas, mempertahankan kualitas dan mengurangi jumlah barang yang rusak.
2. Pengendalian kualitas menurut Assuri dalam bertujuan agar barang hasil produksi dapat mencapai standar mutu yang telah ditetapkan dan mengusahakan agar biaya produksi dan biaya desain produk dapat serendah mungkin.
3. Pengendalian kualitas menurut Ahyari dalam bertujuan agar proses produksi dapat dilaksanakan dengan biaya – biaya yang serendah – rendahnya dan terdapatnya peningkatan kepuasan serta sesuai dengna waktu yang telah ditetapkan.

Pengendalian kualitas pada umumnya dibagi dalam empat tahap, yaitu :

- Menetapkan standar kualitas dan biaya.
- Membandingkan hasil produksi dengan standar tersebut.
- Mengadakan koreksi, jika hasil produksi menyimpang dari standar.
- Merencanakan perbaikan dalam standar mutu.

#### **2.4. Sistem Dinamis**

Sistem dinamis adalah metodologi pemodelan simulasi yang digunakan untuk memahami perilaku dinamis sistem yang kompleks untuk menganalisis dan memecahkan masalah yang kompleks dengan fokus pada analisis dan desain kebijakan (Poles, 2013; Moeis et al., 2020). Sistem dinamis adalah disiplin ilmu yang dikembangkan berdasarkan teori kontrol umpan balik, teori keputusan, teknologi simulasi dan teknologi aplikasi komputer. Proses berpikir sistem yang dibuat dengan pemodelan mengandung penalaran sistematis (C. Liu, Xie, Sun, & Chen, 2015). Forrester (1961) menciptakan metodologi dinamika sistem untuk merancang perusahaan dengan memperlakukan perilaku organisasi industri yang berubah-ubah waktu (dinamis). Metodologi adalah pendekatan yang kuat untuk mendapatkan wawasan masalah kompleksitas dinamis (Sterman, 2000). Ini dirancang untuk masalah manajemen jangka panjang, kronis, dan dinamis. Selain itu, ini adalah metode yang tepat untuk menghadapi sistem dengan dinamis dan penuh umpan balik.

Stock Flow Diagram adalah konsep sentral dalam teori Sistem Dinamis. Stok adalah akumulasi atau kumpulan dan karakteristik kondisi sistem dan produsen informasi, yang menjadi dasar tindakan dan keputusan. Stok digabungkan dengan rate atau aliran sebagai arus informasi, sehingga stok menjadi sumber ketidakseimbangan dinamis dalam sistem (Sterman, 2000). Perumusan model adalah proses menerjemahkan konsep model kualitatif menjadi model kuantitatif. Model simulasi agar dapat dijalankan harus dilengkapi dengan persamaan matematis yang benar, parameter dan penentuan kondisi nilai awal ke dalam Stock Flow Diagram.

Verifikasi bertujuan untuk membuktikan apakah model yang telah dibuat sudah benar. Dalam hal ini, teknik verifikasi yang digunakan membandingkan hasil simulasi dengan perhitungan manual (Akhmad Hidayatno, Irvanu Rahman, 2015). Kita bisa melihat dari satuan dan formulasinya apakah sudah sesuai dengan yang diinginkan atau tidak. Tujuan pengujian adalah untuk membandingkan perilaku simulasi model dengan perilaku sistem yang sebenarnya. Pada tahap pengujian, pemodel harus memastikan bahwa model memiliki

"dimensi konsistensi" dalam hubungan antara tingkat, tingkat dan unit tambahan variabel dan konstanta harus masuk akal (Stermann, 2000).

Validasi bertujuan untuk melihat apakah keluaran dari model yang dibuat sudah sesuai dengan tujuan yang diinginkan dan sistem yang sebenarnya. Validasi data dapat ditentukan dengan menggunakan metode pengujian (Barlas & Wu, 1989).

- a. Mean Comparison, membandingkan hasil simulasi dengan data sebenarnya, model dinyatakan valid jika  $E1 < 5\%$ .

$$E1 = \frac{|Simulation - Actual|}{Actual} \quad (1)$$

- b. % error variance, dimana model akan dikatakan valid jika  $E2 < 30\%$ .

$$E2 = \frac{|StDev Simulation - StDev Actual|}{StDev Actual} \quad (2)$$

- c. Mean Absolute Percentage Error (MAPE), perbandingan pola perilaku kuantitatif, dimana kriteria model dikatakan valid jika : (Lomauro & Bakshi, 1985).

MAPE < 5% : sangat akurat , 5% < MAPE < 10% : valid , MAPE > 10 : tidak valid

$$MAPE = \frac{1}{n} \frac{|Simulation - Actual|}{Actual} \times 100\% \quad (3)$$

Pengembangan model dinamis dalam penelitian ini menggunakan pendekatan Sistem Dinamis.

Sistem dinamis adalah metode untuk meningkatkan pembelajaran dalam sistem yang kompleks (Qiao-Lun & Tie-Gang, 2011). Bangunan metodologi Sistem Dinamis terdiri dari tiga latar belakang disiplin manajerial tradisional, sibernetika, dan simulasi komputer. Prinsip dan konsep ketiga disiplin ilmu ini bekerja sama dengan mengesampingkan kelemahan mereka dalam menyelesaikan masalah manajerial secara holistik (Grösser et al., 2017).



## **BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **3.1. Tujuan Penelitian**

Tujuan umum penelitian yaitu menyusun model pengendalian defect produk pada sistem penyimpanan barang jadi di perusahaan manufaktur. Tujuan umum tersebut dapat tercapai jika dua tujuan khusus dari penelitian ini dapat tercapai, adapun tujuan khusus tersebut yaitu:

1. Mengidentifikasi atribut dan variabel yang berpengaruh terhadap terjadinya produk cacat (defect) pada penyimpanan di gudang barang jadi perusahaan.
2. Mengukur dan mengetahui penyebab-peyebab terjadinya defect produk, sehingga dibuatlah sebuah model pengendalian untuk mengatasi defect produk pada sistem penyimpanan di gudang barang jadi. Di masa depan pemodelan ini dapat digunakan sebagai referensi/ rujukan untuk melakukan berbagai perencanaan tindakan/ kebijakan untuk meningkatkan kualitas penyimpanan barang jadi di perusahaan manufaktur.

### **3.2. Manfaat Penelitian**

Melalui penelitian dihasilkan pemodelan dimana memberikan kontribusi yang sangat berguna bagi keilmuan teknik industri dalam hal model penanganan defect produk pada sistem persediaan barang jadi di perusahaan.

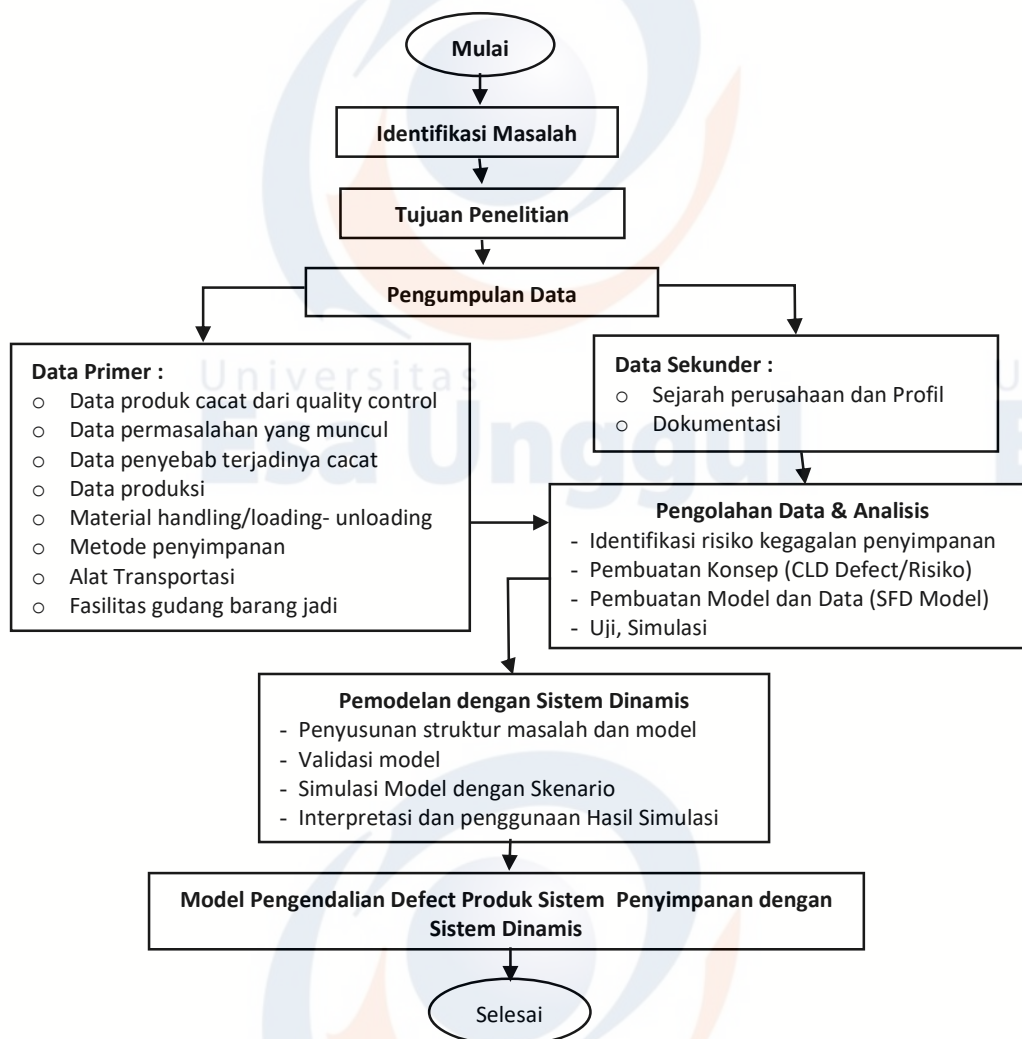
Disamping itu hasil penelitian ini bagi perusahaan manufaktur sangat berguna dalam menjaga dan pengendalian kualitas produk akhir agar meminimasi komplain dari konsumen dalam hal produk cacat hasil produksi perusahaan, dimana hal ini akan mengurangi bahkan menghilangkan biaya-biaya yang timbul akibat komplain dan penanganan produk cacat perusahaan yang secara otomatis jelas hal ini akan memberikan keuntungan yang besar bagi perusahaan.

## BAB 4 METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan di perusahaan agar pengendalian kualitas produk digudang barang jadi diharapkan berjalan dengan baik, menghasilkan produk berkualitas dan dapat meminimasi biaya-biaya tinggi yang ditimbulkan dari penyimpanan produk yang kurang baik. Penelitian menggunakan metode sistem dinamis, dimana pengamatan dilakukan pada kondisi produk jadi di gudang yang merupakan produk yang siap didistribusikan. Tujuan dari penerapan metode ini adalah untuk membandingkan kemungkinan terjadinya cacat pada gudang produk jadi. Sistem dinamis digunakan untuk memodelkan adanya kegagalan atau produk cacat.

### 4.1. Tahapan Penelitian

Untuk lebih jelas dan fokus dalam penyelesaian permasalahan penelitian, tahapan-tahapan penelitian dibuat sebagai berikut :



Gambar 1. Tahapan Penelitian

#### 4.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada perusahaan yang memproduksi special tool di daerah Tangerang dan sekitarnya. Pemilihan lokasi dilakukan atas dasar pertimbangan bahwa jarak lokasi tidak terlalu jauh, mudah ditempuh dan merupakan kawasan yang banyak fabrikasi yang menggunakan bahan dasar logam.

Waktu penelitian adalah selama satu tahun dimana tahapan penelitian terbagi atas tahapan persiapan, pengumpulan data, pengolahan dan analisa data, diskusi untuk mendapatkan kesimpulan dan saran bagi perusahaan.

#### 4.3. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan dan wawancara dengan pihak perusahaan yang berkaitan dengan pengendalian kualitas produk perusahaan. Data sekunder diperoleh dari literatur yang relevan, dokumen dan laporan yang dimiliki oleh perusahaan. Data yang diperlukan, antara lain:

1. Data tentang gambaran umum perusahaan meliputi sejarah dan perkembangannya, struktur organisasi dan manajemen, serta bidang usaha yang merupakan data sekunder dari dokumen milik perusahaan.
2. Data produksi, data kerusakan mesin-mesin produksi, data downtime mesin, data perawatan bila ada kerusakan mesin, dan data lain terkait dengan penelitian.
3. Data pengangkutan dengan menggunakan alat *material Handling* baik untuk *loading* maupun *unloading* produk di gudang.

#### 4.4. Sistematisa Pengolahan Data

Pada tahap ini data yang telah dikumpulkan kemudian diolah untuk mendapatkan solusi terhadap permasalahan yang ada. Pengolahan data dilakukan dengan metode yang sesuai dengan permasalahan yang ada sehingga dapat dianalisa dan ditarik sebuah kesimpulan yang akan dapat menjawab tujuan dari penelitian ini.

#### 4.5. Analisis Data

Hasil pengolahan data yang telah diperoleh sebelumnya kemudian dianalisa. Analisa yang dilakukan diharapkan akan dapat memberikan sebuah kesimpulan yang dapat menjawab tujuan penelitian serta sebuah solusi yang optimal terhadap masalah yang melatarbelakangi penelitian.

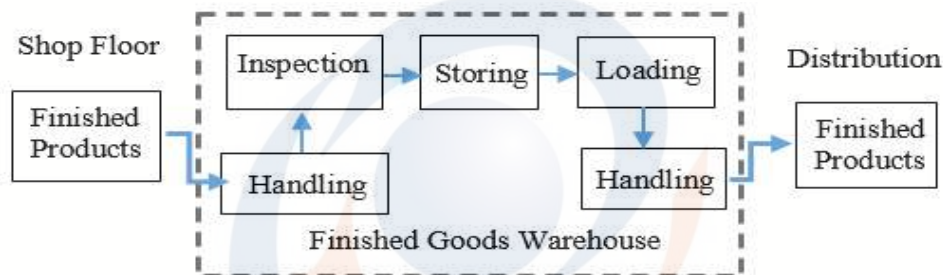


## BAB 5 HASIL YANG DICAPAI

### 5.1. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Kasus pada perusahaan PT. XYZ yang merupakan manufaktur penghasil berbagai jenis produk pipa besi, dimana permasalahan yang dihadapi perusahaan saat ini adalah masih terdapat produk cacat yang terdapat pada produk jadi di gudang, dimana pada tahun 2018-2019 rata-rata cacat produk perusahaan di gudang sebesar 3%.

Aliran fisik menggambarkan proses pembuatan model (Suwandi, Zagloel, & Hidayatno, 2018). Produk jadi tiba dari lantai produksi (*shop floor*) yang kemudian diperiksa. Setelah pemeriksaan, produk jadi (*finished products*) dikirim ke gudang dengan penanganan material. Produk disimpan di gudang sampai pesanan datang.

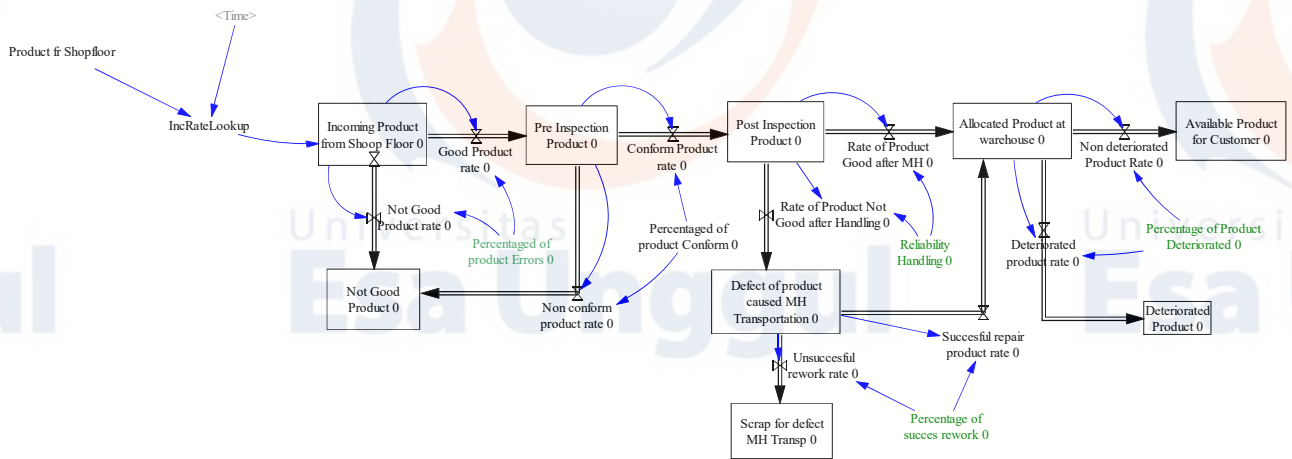


Gambar 2. Aliran fisik produk di gudang

Adanya kegagalan gudang barang jadi ditinjau dengan mengidentifikasi aliran fisik yang kemudian dikembangkan dengan melihat hubungan antar variabel dalam sistem gudang. Model Stock and Flow Diagram dikembangkan untuk mendapatkan hasil simulasi terbaik yang memiliki tingkat kerusakan terendah dan risiko kegagalan minimum.

### 5.2. Diagram Alir Stok (SFD) Defect Produk pada Gudang Barang Jadi

Stock Flow Diagram model dinamis Cacat (*defect*) produk jadi di gudang disajikan dari stok shopfloor ke inspeksi, kemudian ke alokasi di gudang, dan produk jadi yang baik menjadi produk yang tersedia untuk pelanggan.



Gambar 3. SFD Defect Produk di Gudang Barang Jadi

Proses pada pergudangan berdasarkan aliran fisik pada Gambar 2. Dalam setiap langkah pada aliran fisik, terdapat beberapa risiko cacat yang disebabkan oleh penanganan produk dalam pemindahan atau penyimpanan. Data historis produk cacat di gudang selama 3 tahun terakhir (2016-2019) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan data historis defect produk di Gudang Barang Jadi

Steps on Warehousing	Summary of Historical Data defect per month			
	Average	Min	Max	Std Deviation
Incoming Product from Shop Floor	13,698 Ton	5,777 Ton	26,014 Ton	4,079 Ton
Product defect caused by Handling	222 Ton (2%)	0 Ton (0%)	720 Ton (4%)	168 Ton (1%)
Successful Rework	131 Ton (60%)	0 Ton (0%)	487 Ton (100%)	128 Ton (31%)
Product Deteriorated	209 Ton (2%)	0 Ton (0%)	604 Ton (4%)	144 Ton (1%)

Data historis pada Tabel 1 menjadi masukan dari simulasi dalam penelitian ini. Model optimis diperoleh dari cacat minimum pada data historis bulanan, model kemungkinan besar diperoleh dari rata-rata cacat pada data historis bulanan dan model pesimis diperoleh dari cacat maksimum pada data historis bulanan.

Variabel eksogen adalah variabel yang tidak dapat dikendalikan, dan nilainya ditentukan di luar model dan diterapkan pada model.

Tabel 2. Variabel-variabel Penelitian di Gudang Barang Jadi

Variables	Actual & Most Likely	Optimistic	Pessimistic
Mean Finished Products from shop floor	-	13,689 Ton	-
StDev Finished Products from shop floor	-	4,079 Ton	-
Reliability Product Handling	98%	100%	96%
Percentage of Successful Rework	60%	100%	0%
Percentage of Product Deteriorated	2%	0%	4%

### 5.3. Hasil Validasi Model

Hasil validasi simulasi yang dijalankan pada model dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Model Hasil Validasi

Month	Product Ready to Distribute		MAPE	
	Actual	Simulation	Abs.E	Abs.E / Yt
16-Aug	17,771	18,010	239	0.01
16-Sep	10,151	10,312	161	0.02
16-Oct	14,065	14,009	56	0
16-Nov	16,195	16,392	197	0.01
16-Dec	17,837	18,556	719	0.04
17-Jan	12,323	12,522	199	0.02
17-Feb	14,762	14,788	26	0
17-Mar	15,968	16,139	171	0.01
17-Apr	11,496	11,943	447	0.04
17-May	9,896	9,976	80	0.01
17-Jun	25,638	25,614	24	0
17-Jul	15,360	15,625	265	0.02
17-Aug	7,096	7,262	166	0.02
17-Sep	9,527	9,517	10	0
17-Oct	11,496	11,550	54	0
17-Nov	12,065	12,438	373	0.03
17-Dec	9,567	9,865	298	0.03
18-Jan	14,803	14,923	120	0.01
18-Feb	12,435	12,522	87	0.01
18-Mar	18,924	18,821	103	0.01
18-Apr	5,564	5,890	326	0.06
18-May	11,795	11,749	46	0
18-Jun	15,158	15,470	312	0.02
18-Jul	19,747	19,849	102	0.01
18-Aug	9,150	9,778	628	0.07
18-Sep	12,554	12,790	236	0.02
18-Oct	13,341	13,549	208	0.02
18-Nov	14,398	15,055	657	0.05
18-Dec	16,610	16,710	100	0.01
19-Jan	15,924	16,079	155	0.01
19-Feb	8,793	8,899	106	0.01
19-Mar	14,217	14,234	17	0
19-Apr	8,606	8,724	118	0.01
19-May	15,844	15,789	55	0
19-Jun	8,744	8,893	149	0.02
19-Jul	14,517	14,754	237	0.02
<b>Total</b>	<b>482,337</b>	<b>488,998</b>	-	-
<b>Min</b>	<b>5,564</b>	<b>5,890</b>	-	-
<b>Max</b>	<b>25,638</b>	<b>25,614</b>	-	-
<b>Mean</b>	<b>13,398</b>	<b>13,583</b>	-	<b>0.0169</b>
<b>Stdev</b>	<b>4,009</b>	<b>3,985</b>	-	-
<b>E1</b>	<b>1.40%</b>	<b>MAPE</b>		
<b>E2</b>	<b>0.60%</b>	<b>1.70%</b>		

Perhitungan validasi menunjukkan E1 (Mean Comparison) = 1,40%, E2 (% Error Variance) = 0,60%, dan MAPE (Mean Absolute Percentage Error) = 1,70%. Hal ini



menunjukkan bahwa model dinyatakan valid karena  $E1 < 5\%$ , dan  $E2 < 20\%$ , dan  $MAPE < 5\%$ .

#### 5.4. Simulasi Usulan Skenario Perbaikan

Skenario risiko kegagalan di gudang produk jadi didasarkan pada data aktual di perusahaan manufaktur pipa besi. Variabel simulasi eksogen sesuai dengan tabel 2.

**Tabel 4. Hasil simulasi kegagalan barang jadi di gudang**

Process	Average Output /month (ton)			% Defect		
	Optimistic	Most Likely	Pessimistic	Optimistic	Most Likely	Pessimistic
Product to WH	14,036	14,036	14,036	-	-	-
Available Product at WH	14,036	13,921	13,474	0%	-1%	-4%

#### 5.5. Biaya & Manfaat

Biaya penyimpanan di PT. XYZ dibagi menjadi Biaya Tetap dan Biaya Variabel. Biaya tetap meliputi sewa, peralatan dan gaji karyawan setiap bulan. Biaya Tetap Penyimpanan adalah Rp 200.000.000 / bulan. Biaya variabel meliputi biaya listrik dan biaya pemeliharaan. Biaya variabel perusahaan rata-rata 5% dari harga jual produk. Harga jual produk tersebut adalah Rp 17,000,000/ton. Biaya variabel Penyimpanan adalah Rp 850.000 / ton produk. Dari ketiga skenario di atas diperoleh rata-rata biaya dan manfaat per bulan sesuai tabel 5.

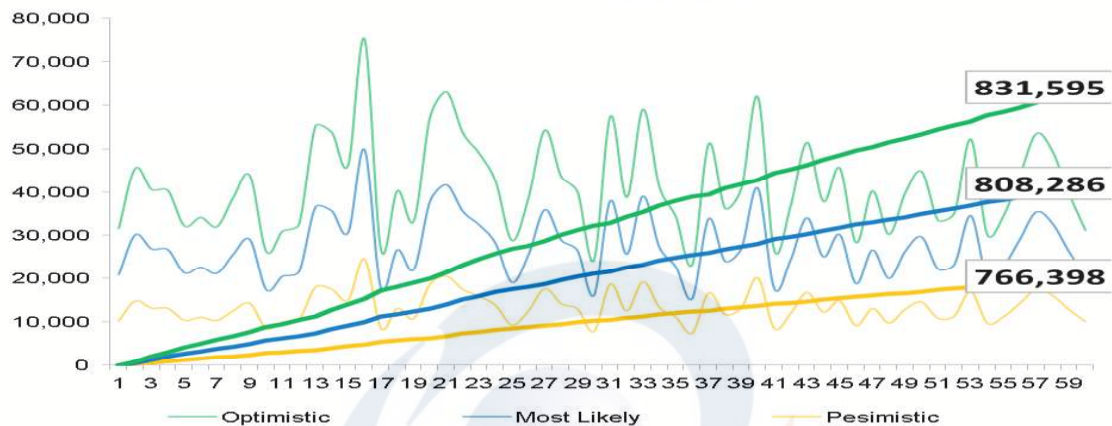
**Tabel 5. Biaya dan Manfaat dari Hasil Simulasi**

Process	TOTAL 5 Years Scenario			Average /month		
	Optimistic	Most Likely	Pessimistic	Optimistic	Most Likely	Pessimistic
Product at WH (Ton)	831,595	808,286	766,398	14,036	13,921	13,474
Storage Cost (billion IDR)	727.8	722.0	699.2	12.1	12.0	11.6
Bruto (billion IDR)	14,316.6	14,199.9	13,744.0	238.6	236.7	229.1
Benefit "Bruto - Cost" (billion IDR)	13,588.8	13,477.9	13,044.8	226.5	224.6	217.4
Differences Benefit with Optimistic (billion IDR)	0	-110.9	-544.0	0	-1.8	-9.1

Perhitungan cost and benefit dari hasil simulasi menunjukkan bahwa keuntungan terbesar berasal dari skenario optimis sebesar Rp226.480.000.000/bulan, kemudian kemungkinan besar sebesar Rp224.632.000.000/bulan dan terakhir untuk skenario

pesimis sebesar Rp. 217.413.000.000 /bulan. Dari skenario ini terlihat bahwa jika perusahaan tidak terlalu optimis dengan risiko dalam pengelolaan gudang, maka dapat merugi Rp 1.848.000.000 / bulan untuk kemungkinan cacat 1% tinggi dan cacat pesimis 4% yaitu Rp 9.067.000.000.

Hasil simulasi selama 5 tahun (60 bulan) ditunjukkan dengan visualisasi simulasi pada Gambar 3.



Gambar 4. Hasil Simulation semua skenario produk di gudang barang jadi

Keluaran dari simulasi ini adalah membandingkan kegagalan proses produksi pada beberapa skenario. Hasil skenario terbaik ditunjukkan dalam skenario optimis dengan keandalan penanganan 100% dan produk memburuk 0%. Jika harga jual produk di perusahaan Rp 17.000.000/ton, maka untuk skenario optimis yang memiliki selisih 115 ton dari realisasi, perusahaan dapat melakukan penghematan sebesar Rp 1.995.000.000 per bulan.

## BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Model sistem dinamis yang dikembangkan menggambarkan kondisi adanya kegagalan proses produksi. Model yang dirancang telah memvalidasi hasil aktual yang tidak berbeda nyata dengan hasil simulasi. Kegagalan di gudang produk jadi didasarkan pada data lapangan dan historis yaitu model optimis (*optimistic*) diperoleh dari cacat minimum, model kemungkinan besar diperoleh dari cacat rata-rata (*most likely*) dan model pesimis (*pessimistic*) diperoleh dari cacat maksimum pada setiap proses di gudang berdasarkan data historis bulanan, kemudian direpresentasikan sebagai sistem dinamis terukur.

Beberapa skenario kebijakan terkait kegagalan proses produksi diuji untuk mendapatkan persentase cacat produk setiap bulannya. Variabel eksogen dari simulasi adalah keandalan penanganan produk, persentase pengerjaan ulang yang berhasil dan persentase produk yang rusak.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario optimis memiliki cacat produk terkecil sebesar 0%, kemudian kondisi yang paling memungkinkan adalah 1% dan pesimis sebesar 4%. Situasi optimis memiliki selisih 115 ton dari kondisi sebenarnya, sehingga perusahaan dapat melakukan penghematan sebesar Rp. 1.995.000.000 per bulan.

Keuntungan terbesar didapat dari skenario optimistis sebesar Rp. 226.480.000.000/bulan, kemudian kemungkinan besar sebesar Rp. 224.632.000.000/bulan dan terakhir skenario pesimis sebesar Rp. 217.413.000.000/bulan.

### 6.2. Saran

Model yang disimulasikan pada penelitian menghasilkan persentase keberhasilan penanganan adanya kegagalan pada gudang barang jadi yang baik, namun masih sangat umum. Perlu analisis aspek-aspek berikut yang perlu diteliti lebih lanjut, yaitu :

1. Dalam penelitian ini efisiensi dihitung sebatas mengkonversi nilai penghematan kuantitas produk, untuk tinjauan lanjutan identifikasi adanya kegagalan dapat menambahkan unsur biaya secara keseluruhan penanganan pada gudang barang jadi seperti biaya penyimpanan, biaya *loading unloading* dan *handling*, biaya *delivery*, biaya *rework*, dan biaya lainnya yang terkait penanganan produk jadi.
2. Penambahan faktor yang dijadikan batasan dimana biaya dan *scrap* bisa berubah signifikan terhadap waktu penanganan kegagalan produk jadi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad Hidayatno, Irvanu Rahman, R. M. (2015). Policy Analysis Of The Jakarta Carbon Mitigation Plan Using System Dynamics To Support Decision Making In Urban Development – Options For Policymakers. *International Journal of Technology*, 123–128. [http://doi.org/10.1007/978-1-4614-7495-1\\_23](http://doi.org/10.1007/978-1-4614-7495-1_23)
- Grösser, S. N., Reyes-Lecuona, A., & Granholm, G. (2017). Dynamics of long-life assets: From technology adaptation to upgrading the business model. *Dynamics of Long-Life Assets: From Technology Adaptation to Upgrading the Business Model*, (May), 1–356. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-45438-2>
- Kilibarda, M. (2013). Logistics failures in distribution process. *Logistics International Conference*, 114(1), 247–252.
- Liu, C., Xie, Z., Sun, F., & Chen, L. (2015). System dynamics analysis on characteristics of iron-flow in sintering process. *Applied Thermal Engineering*, 82(2015), 206–211. <http://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.02.077>
- Liu, Z., & Liu, X. (2018). Storage reliability assessment for the stored equipment under periodical inspection. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(6), 1–7. <http://doi.org/10.1177/1687814018782312>
- Mirchandani, C. (2013). Risk Analysis and Mitigation Strategy for ACD. *Procedia Computer Science*, (16), 863–869.
- Moeis, A. O., Desriani, F., Destyanto, A. R., Zagloel, T. Y., Hidayatno, A., & Sutrisno, A. (2020). Sustainability assessment of the tanjung priok port cluster. *International Journal of Technology*, 11(2), 353–363. <http://doi.org/10.14716/ijtech.v11i2.3894>
- Poles, R. (2013). Int . J . Production Economics System Dynamics modelling of a production and inventory system for remanufacturing to evaluate system improvement strategies. *Intern. Journal of Production Economics*, 144(1), 189–199. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.02.003>
- Qiao-Lun, G., & Tie-Gang, G. (2011). System dynamics analysis of RFID-EPC's impact on reverse supply chain. *International Conference on Management Science and Engineering - Annual Conference Proceedings*, 250–255. <http://doi.org/10.1109/ICMSE.2011.6069972>
- Sterman, J. D. (2000). *Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Management (Vol. 6). <http://doi.org/10.1108/13673270210417646>
- Suwandi, A., Zagloel, T. Y., & Hidayatno, A. (2018). Conceptual model of failure risk control on raw materials inventory system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 453(1). <http://doi.org/10.1088/1757-899X/453/1/012007>
- Suwartha, N., Berawi, M. A., Zagloel, T. Y. M., & Surjandari, I. (2015). Enhancing the quality of products and projects through better designs and modeling. *International Journal of Technology*, 6(5), 718–721. <http://doi.org/10.14716/ijtech.v6i5.2783>