

# TESIS

**MODEL *RIPPLE EFFECT* PADA RANTAI PASOK KOPI  
SELAMA PANDEMI COVID-19**

***RIPPLE EFFECT MODEL ON THE COFFEE SUPPLY CHAIN  
DURING COVID-19 PANDEMIC***

Disusun dan Diajukan Oleh:

**SYAKIA MUFLIHAT  
(D072191014)**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**TESIS**

**MODEL *RIPPLE EFFECT* PADA RANTAI PASOK KOPI  
SELAMA PANDEMI COVID-19**

***RIPPLE EFFECT MODEL ON THE COFFEE SUPPLY CHAIN  
DURING COVID-19 PANDEMIC***

**Disusun dan Diajukan Oleh:**

**SYAKIA MUFLIHAT  
(D072191014)**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**LEMBAR PERSETUJUAN TESIS**

**MODEL *RIPPLE EFFECT* PADA RANTAI PASOK KOPI  
SELAMA PANDEMI COVID-19  
*RIPPLE EFFECT MODEL ON THE COFFEE SUPPLY CHAIN  
DURING COVID-19 PANDEMIC***

Disusun dan diajukan Oleh:

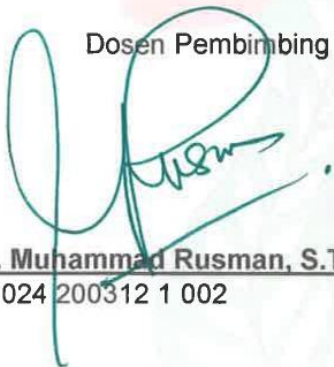
**SYAKIA MUFLIHAT**  
**(D072191014)**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji

Makassar, 8 Agustus 2022

Komisi Penasihat

Dosen Pembimbing I



**Dr. Eng. Ir. Muhammad Rusman, S.T., M.T., IPU**  
NIP. 19741024 200312 1 002

Dosen Pembimbing II



**Dr. Ir. Syarifuddin M Parenreng, S.T., M.T., IPU**  
NIP. 19761021 200812 1 002

Mengetahui

Ketua Program Studi Magister Teknik Industri  
Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



**Dr. Ir. Sapta Asmal, S.T., M.T**  
NIP. 19681005 199603 1 002

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

### MODEL RIPPLE EFFECT PADA RANTAI PASOK KOPI SELAMA PANDEMI COVID-19

### RIPPLE EFFECT MODEL ON THE COFFEE SUPPLY CHAIN DURING COVID-19 PANDEMIC

Disusun dan diajukan Oleh:

**SYAKIA MUFLIHAT**  
**(D072191014)**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 19 Oktober 2022  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Komisi Penasihat

Pembimbing I

Dr. Eng. Ir. Muhammad Rusman, S.T., M.T., IPU  
NIP. 19741024 200312 1 002

Pembimbing II

Dr. Ir. Syarifuddin M Parenreng, S.T., M.T., IPU  
NIP.19761021 200812 1 002

Mengetahui

Ketua Program Studi Magister Teknik Industri  
Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. Sapta Asmal, S.T., M.T  
NIP. 19681005 199603 1 002

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr.Eng.Ir. Muhammad Isran Ramli,S.T., M.T  
NIP. 197309262000121002



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syakia Muflihat  
NIM : D072191014  
Program Studi : Teknik Industri  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul:

### **MODEL *RIPPLE EFFECT* PADA RANTAI PASOK KOPI SELAMA PANDEMI COVID-19**

Merupakan karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 19 Oktober 2022

Yang menyatakan



Syakia Muflihat

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'Alaikum Waramatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tesis yang berjudul **“MODEL RIPPLE EFFECT PADA RANTAI PASOK KOPI SELAMA PANDEMI COVID-19”**. Penelitian ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Selama dalam masa penyusunan penelitian ini, tidak sedikit hambatan yang penulis hadapi, namun atas bantuan dan doa beberapa pihak penulis dapat melewati hambatan tersebut. Olehnya itu penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya penulis haturkan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Dr. Ir. Sapta Asmal, ST., MT selaku Ketua Program Magister Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Rusman, S.T., M.T., IPU selaku pembimbing pertama yang senantiasa membimbing, mengarahkan, memberi saran dan motivasi kepada penulis sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Dr. Ir. Syarifuddin Mabe Parenreng, S.T., M.T., IPU selaku pembimbing kedua yang senantiasa memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
5. Ibu Kifayah Amar, S.T., M.T., PhD selaku Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak/Ibu Dosen serta seluruh staf Program Magister Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Bapak Nadir selaku Kepala Administrasi yang senantiasa membantu dalam pengurusan administrasi akademik.

8. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan motivasi dan doa kepada penulis.
9. Seluruh teman-teman seperjuangan Program Magister Teknik Industri 2019, terima kasih atas cerita, pengalaman, kekompakan dan motivasinya.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini baik berupa doa, dukungan maupun motivasi.

Akhir kata terima kasih atas semuanya yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu, semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca, khususnya mahasiswa/i Program Magister Teknik Industri. Oleh karena itu masukan dan kritikan rekan-rekan kiranya dapat membantu pengembangan penelitian tugas akhir ini.



## ABSTRAK

### MODEL *RIPPLE EFFECT* PADA RANTAI PASOK KOPI ELAMA PANDEMI COVID-19

Gangguan rantai pasok selama pandemi Covid-19 berdampak pada hampir semua sektor kehidupan. Tidak hanya pada rantai pasok kesehatan, tetapi juga pada berbagai komoditas. Salah satunya adalah rantai pasok kopi. Selama adanya pandemi Covid-19, terjadi penurunan dan masalah permintaan di PT. XYZ. PT. XYZ adalah salah satu perusahaan yang menyuplai kebutuhan kopi untuk beberapa Negara baik Asia maupun Amerika.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi gangguan dalam rantai pasok kopi dan menganalisis dampak *ripple effect* pada kinerja rantai pasok. Metode yang digunakan adalah *discrete event simulation* (DES) untuk melakukan simulasi permasalahan *ripple effect* pada rantai pasok. Parameter pada penelitian ini yaitu *lead time* transportasi dan kinerja rantai pasok. Aplikasi AnyLogistix dipilih untuk membantu menganalisis gangguan sebelum dan selama terjadi pandemi dan dampaknya pada kinerja rantai pasok.

Hasil dari simulasi ini menunjukkan adanya penurunan permintaan sebesar 25%, penurunan profit sebesar 49,5%, penurunan *revenue* 40,9% *total cost* sebesar 7,59% dan gangguan transportasi yang menyebabkan perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan selama 8 hari. Strategi penanganan gangguan rantai pasok yaitu dengan membuat pusat distribusi baru dibuat di Singapura dan mengubah jalur distribusi melalui pengiriman langsung dari *warehouse* Makassar ke pusat distribusi Singapura.

**Kata kunci :** *Supply chain, risk, ripple effect*



## ABSTRACT

### RIPPLE EFFECT MODEL ON THE COFFEE SUPPLY CHAIN DURING COVID-19 PANDEMIC

Supply chain disruptions during the Covid-19 pandemic have an impact on almost all sectors of life. Not only in the health supply chain, but also in various commodities, one of them is the coffee supply chain. During the Covid-19 pandemic, there was a decline and demand problems at PT.XYZ. PT. XYZ is one of the companies that supply coffee needs to several countries, both Asia and America.

This study aims to identify disruptions in the coffee supply chain and analyze the impact of the ripple effect on supply chain performance. Discrete event simulation (DES) is used to simulate ripple effect problems in the supply chain. The parameters in this study are transportation lead time and supply chain performance. The AnyLogistix was chosen to help analyze disruptions before and during the pandemic and their impact on supply chain performance.

The results of this simulation show that there is a decrease in demand by 25%, a decrease in profit by 49,5%, a decrease in revenue by 40,9% and a total cost of by 7,59% and transportation disruption that causes the company to be able to meet the demand for 8 days. The strategy to handling supply chain disruptions is to create a new distribution center in Singapore and change the distribution channel through direct delivery from the Makassar warehouse to the Singapore distribution center.

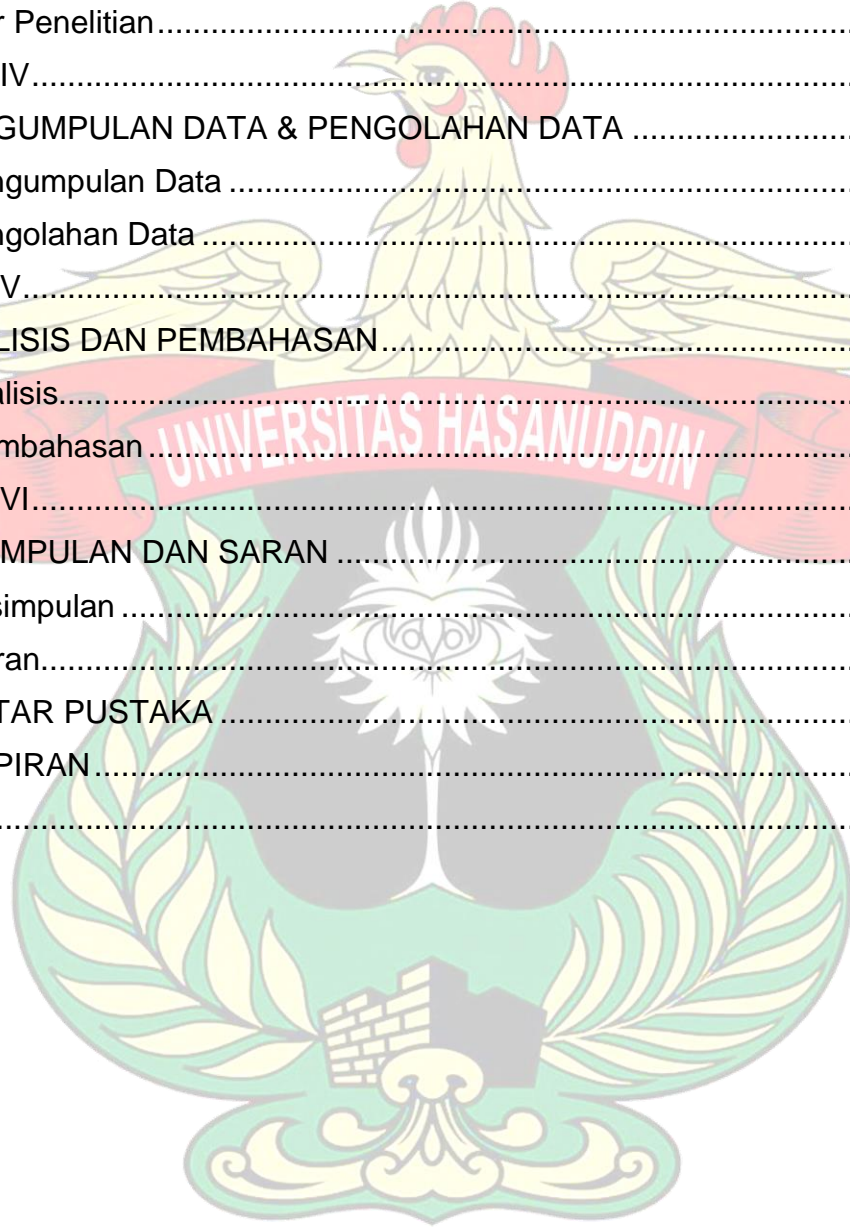
**Keywords:** Supply chain, risk, ripple effect

# DAFTAR ISI

## Contents

TESIS.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PENGESAHAN TESIS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KEASLIAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
STUDI LITERATUR.....	6
2.1 Kajian Pustaka.....	6
2.2 <i>Ripple Effect</i> .....	13
2.3 Model dan Simulasi.....	18
2.4 Algoritma Genetik .....	23
2.5 Kerangka Konseptual.....	25
BAB III .....	27
METODOLOGI PENELITIAN .....	27
3.1 Subjek Penelitian .....	27
3.2 Objek Penelitian.....	27

3.3 Jenis Data .....	27
3.4 Metode Pengumpulan Data .....	28
3.5 Variabel Penelitian .....	28
3.6 Instrumen Penelitian .....	29
3.7 Metode Analisis Data .....	29
3.8 Alur Penelitian.....	30
BAB IV.....	35
PENGUMPULAN DATA & PENGOLAHAN DATA .....	35
4.1 Pengumpulan Data .....	35
4.2 Pengolahan Data .....	43
BAB V.....	53
ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	53
5.1 Analisis.....	53
5.2 Pembahasan .....	83
BAB VI.....	88
KESIMPULAN DAN SARAN .....	88
6.1 Kesimpulan .....	88
6.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA .....	90
LAMPIRAN.....	95
.....	96



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Konseptual.....	25
Gambar3. 1 Alur Penelitian.....	31
Gambar 4. 1 Rantai Pasok PT. XYZ.....	35
Gambar 4. 2 Aliran rantai pasok PT. XYZ.....	40
Gambar 4. 3 Gangguan untuk produk <i>coffee bean</i> Enrekang.....	40
Gambar 4. 4 Gangguan untuk produk <i>coffee bean</i> Topidi.....	42
Gambar 5. 1 Profit, revenue dan total cost sebelum Covid-19.....	53
Gambar 5. 2 Grafik revenue, total cost dan profit sebelum Covid-19.....	54
Gambar 5. 3 <i>Profit, revenue</i> dan <i>total cost</i> selama pandemi Covid-19....	55
Gambar 5. 4 Grafik <i>revenue, profit</i> dan <i>total cost</i> selama pandemi Covid-19.....	55
Gambar 5. 5 <i>Total time to recover scenario</i> probabilitas 0.5.....	69
Gambar 5. 6 <i>Distribution Center</i> Australia.....	71
Gambar 5. 7 <i>Distribution Center</i> Australia melalui pengiriman langsung .	74
Gambar 5. 8 <i>Distribution Center</i> Singapura.....	76
Gambar 5. 9 <i>Distribution Center</i> Singapura melalui pengiriman langsung.....	79
Gambar 5. 10 Jalur distribusi konsumen lokal.....	86
Gambar 5. 11 Jalur distribusi ekspor awal.....	86
Gambar 5. 12 Jalur distribusi ekspor baru.....	86





## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data permintaan kopi PT.XYZ .....	2
Tabel 1. 2 Waktu pengiriman kopi dari <i>Factory - Customer</i> PT.XYZ.....	3
Tabel 2. 1 Kajian literatur .....	10
Tabel 2. 2 Metodologi penelitian pada <i>ripple effect</i> .....	17
Tabel 2. 3 Level kerangka kerja untuk menyelidiki <i>ripple effect</i> .....	18
Tabel 4. 1 Produk.....	44
Tabel 4. 2 Konsumen dan permintaan sebelum pandemi Covid-19.....	44
Tabel 4. 3 Data jumlah permintaan .....	45
Tabel 4. 4 Biaya Fasilitas Jakarta <i>factory</i> .....	46
Tabel 4. 5 Biaya gaji karyawan Jakarta <i>factory</i> .....	47
Tabel 4. 6 Biaya fasilitas Makassar <i>warehouse</i> .....	47
Tabel 4. 7 Biaya gaji karyawan Makassar <i>warehouse</i> .....	47
Tabel 4. 8 Lokasi komponen rantai .....	48
Tabel 4. 9 Tabel Paths.....	49
Tabel 4. 10 Tabel unit conversion .....	49
Tabel 4. 11 <i>Vehicle Type</i> .....	50
Tabel 4. 12 Tabel Periode Waktu.....	50
Tabel 4. 13 Tabel Shipping .....	51
Tabel 4. 14 Tabel peristiwa .....	52
Tabel 5. 1 Tabel perbandingan <i>profit, revenue</i> dan <i>total cost</i> .....	56
Tabel 5. 2 <i>Target service level</i> sebelum pandemi.....	57
Tabel 5. 3 <i>Target service level</i> per konsumen sebelum pandemi .....	57
Tabel 5. 4 Service level by product selama pandemi.....	58
Tabel 5. 5 <i>Target service level</i> per konsumen selama pandemi .....	59
Tabel 5. 6 <i>Lead time</i> sebelum pandemi .....	60
Tabel 5. 7 <i>Lead time</i> selama pandemi .....	61
Tabel 5. 8 <i>Demand placed, fulfillment received</i> sebelum pandemi .....	62
Tabel 5. 9 <i>Fulfillment Received</i> selama pandemi.....	63
Tabel 5. 10 <i>Event table</i> skenario probabilitas 0.5 .....	65
Tabel 5. 11 <i>Recovery table scenario</i> probabilitas 0.5 .....	66
Tabel 5. 12 Jarak antar eselon dalam rantai pasok PT. XYZ .....	70

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Replikasi Tabel <i>Recovery</i> .....	95
--	----



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada awal tahun 2020, wabah virus corona (Covid-19) menginfeksi hampir seluruh negara di dunia. Pandemi yang disebabkan oleh virus Corona SARS-Cov-2 menjadi ancaman bagi dunia internasional. Fenomena luar biasa ini memaksa negara-negara di dunia untuk menjalani karantina wilayah dan *lockdown*. Untuk memperlambat penularan, pemerintah Indonesia telah mengimplementasi Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) yang membatasi kegiatan pergerakan orang dan barang (Patunru, et al., 2020), serta pengenalan langkah-langkah jarak fisik (*physical distancing*) untuk mencegah penularan virus tersebut (WHO, 2020). Penerapan langkah-langkah ini mengakibatkan penutupan banyak bisnis, sekolah dan institusi pendidikan, serta pembatasan perjalanan dan pertemuan sosial (Lau et al., 2020). Langkah-langkah penguncian (*lockdown*) juga menyebabkan terganggunya aktivitas ekonomi karena penurunan permintaan dan penutupan fasilitas dan penghentian transportasi yang mengganggu rantai pasokan di seluruh dunia.

Dampak yang dirasakan para pelaku industri kopi di Makassar yaitu berupa tertundanya pengiriman produk ekspor dan permintaan dalam negeri yang mengalami penurunan. Penurunan permintaan disebabkan karena daerah tujuan ekspor yang menerapkan *lockdown* di negaranya sehingga banyak banyak bisnis restoran dan café yang tutup. Ketua Asosiasi Eksportir dan Industri Kopi Indonesia (AEKI) mengungkapkan masalah yang dihadapi eksportir kopi selama pandemi Covid-19. Menurutnya, masalah logistik dan transportasi menjadi kesulitan utama dimana pada eksportir kesulitan mendapatkan jadwal angkut kapal dan ketersediaan kontainer. Kelancaran aliran distribusi kopi lebih penting dibanding mencari pasar baru bagi komoditas perkebunan untuk



mengantisipasi melemahnya permintaan dari negara tujuan ekspor. Gangguan tersebut tidak hanya dialami oleh rantai pasok ekspor, tetapi juga permintaan dalam negeri. Permintaan kopi dalam negeri juga menurun karena pembatasan sosial yang di berlakukan Pemerintah Indonesia utamanya di Pulau Jawa.

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang melayani penjualan biji kopi baik dalam negeri maupun luar negeri. Jenis kopinya merupakan kopi biji merah dengan jenis arabika line 795. PT. XYZ memiliki 2 pemasok yaitu di daerah Topidi dan daerah Enrekang. Negara tujuan ekspor PT. XYZ adalah negara Australia dan Amerika Serikat. Dua pemasok tersebut bersama-sama untuk memenuhi kebutuhan lokal dan ekspor. Selama pandemi Covid-19, volume penjualan PT. XYZ menurun karena adanya *lockdown* pada negara tujuan ekspor sehingga banyak bisnis café dan restoran tutup. Berikut merupakan data permintaan kopi pada PT. XYZ pada tahun 2019-2021.

Tabel 1. 1 Data permintaan kopi PT.XYZ

<i>Customer</i>	Permintaan Sebelum Pandemi (Kg)	Permintaan Selama Pandemi (Kg)
Kopikina	80	50
Rimba Raya	60	100
Morningmate	170	280
Sentra Kopi	750	500
Hermadera Prima	-	600
Pannacoffee	260	150
Kopi Komplit Nusantara	350	170
Legenda Bumi	100	80
KoffieeIN	80	-
TBRK Kopi	100	80
USA Sites	8.000	6.000
Australia Sites	6.000	4.000

Sumber : PT. XYZ



Selain masalah permintaan, transportasi dan distribusi PT. XYZ juga menjadi lebih lama dibandingkan sebelum pandemi karena terbatasnya transportasi logistik karena kurangnya muatan kapal. Begitu juga dengan Negara Amerika Serikat, biaya pengiriman juga mengalami kenaikan karena kapasitas logistik dunia yang terbatas sehingga biayanya dinaikkan karena belum normalnya volume perdagangan dunia. Selama pandemi, biaya pengiriman dari Jakarta ke Amerika Serikat mencapai USD12.000 per kontainer, padahal sebelum pandemi biaya pengiriman hanya sepertiga dari biaya pengiriman saat ini sekitar USD4.000 perkontainer (Yuniarto, 2021). Berikut merupakan data rata-rata lama pengiriman kopi ke distributor selama adanya pembatasan sosial dan *lockdown* di Amerika Serikat dan Australia.

Tabel 1. 2 Waktu pengiriman kopi dari *Factory - Customer* PT.XYZ

Tujuan Pengiriman	Sebelum COVID-19 ( Hari)	Selama COVID-19 (Hari)
JABODETABEK	1	1
DENPASAR	3	3
BANDUNG	1	1
YOGYAKARTA	3	4-5
SURABAYA	3	3
AMERIKA SERIKAT	24	32
AUSTRALIA	17	17

Sumber: PT.XYZ

Berdasarkan data penurunan permintaan kopi di PT. XYZ selama pandemi Covid-19 serta adanya masalah transportasi yang dirasakan oleh para eksportir kopi akan dilakukan penelitian mengenai penyebaran gangguan (*ripple effect*) pada rantai pasok kopi di PT. XYZ selama pandemi Covid-19.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana *ripple effect* pada jaringan rantai pasok kopi selama pandemi Covid-19 di PT. XYZ?
2. Bagaimana dampak *ripple effect* pandemi Covid-19 pada kinerja rantai pasok kopi di PT. XYZ?
3. Bagaimana strategi penanganan pada rantai pasok di PT. XYZ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan sebaran gangguan pada jaringan rantai pasok selama pandemi Covid-19.
2. Menentukan dampak *ripple effect* pada kinerja rantai pasok kopi di PT. XYZ.
3. Merancang strategi penanganan pada rantai pasok kopi di PT. XYZ.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

Dapat membantu perusahaan untuk menentukan strategi penanganan yang tepat serta pengambil keputusan yang efektif saat terjadi gangguan pada rantai pasok.

## 1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Subjek penelitian adalah rantai pasok kopi di PT. XYZ.
2. Data penelitian yang digunakan adalah selama bulan April 2019 s.d. April 2021.
3. Mengabaikan masalah kualitas kopi dan fokus pada rantai pasok

## 1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan mengenai latar belakang bagaimana penyebaran gangguan (Covid-19) dapat memengaruhi jaringan rantai pasok, menggambarkan rantai pasok awal sebelum

pandemi, bagaimana mengidentifikasi penyebaran gangguan, menentukan metode yang tepat dan melakukan simulasi penyebaran gangguan terhadap rantai pasok industri kopi di PT. XYZ.

**BAB II : STUDI LITERATUR**

Bab ini berisikan tentang studi literatur yang sesuai dengan masalah yang akan dibahas. Bab ini berisi pembahasan mengenai *literature review* tentang rantai pasok, *ripple effect*, propagasi gangguan, dan model simulasi.

**BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan tentang kerangka penelitian yang akan dilakukan nantinya, data yang dikumpulkan maupun metode yang digunakan dalam perhitungan maupun analisis.

**BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan pengumpulan data dan tahapan-tahapan dalam pengolahan data. Dalam bab ini juga dibahas mengenai simulasi dan analisis empiris serta implikasi manajerial.

**BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya terkait objek yang diteliti.



## BAB II STUDI LITERATUR

### 2.1 Kajian Pustaka

Bueno-solano dan Cedillo-campos (2014) melakukan simulasi kasus *ripple effect* yang disebut '*boundary effect*' di pasar Meksiko-Amerika Serikat yang mungkin terjadi ketika produk melintasi perbatasan darat atau laut. Gangguan yang terjadi pada rantai pasok tersebut adalah adanya serangan teroris yang mengganggu aliran barang. Paper tersebut menggunakan 3 skenario durasi gangguan di perbatasan internasional (3 hari, 8 hari dan 10 hari) dalam mode tidak beroperasi serta mensimulasikan dampak peningkatan persediaan untuk mengatasi gangguan tersebut pada biaya total rantai pasok.

Hishamuddin, Sarker dan Essam (2015) juga melakukan simulasi pada rantai pasok yang mengalami gangguan transportasi dan gangguan pasokan. Indikator yang digunakan yaitu durasi gangguan, biaya pemulihan dan generator gangguan acak untuk membangun model. Penelitian ini menemukan bahwa kuantitas pemesanan di awal dan durasi pemulihan memiliki korelasi yang kuat dengan total biaya rantai pasokan dibandingkan dengan kehilangan penjualan. Selain itu, gangguan di antara pemasok dan manufaktur memiliki rata-rata biaya rantai pasok yang lebih tinggi dibandingkan dengan gangguan antara produsen dan distributor. Peneliti juga mengungkapkan bahwa dampak kinerja dari durasi pemulihan dan lokasi gangguan cukup mirip untuk gangguan pasokan dan transportasi.

Penelitian lainnya yaitu perencanaan ulang pada rantai pasok yang mengalami gangguan dengan menganalisis 7 struktur rantai pasok proaktif, menghitung kebijakan pemulihan untuk mengarahkan kembali aliran material dalam 2 skenario gangguan, dan menilai dampak kinerja pada tingkat layanan dan biaya dengan perancangan ulang model rantai pasok dengan sistem dinamis dan pemrograman (Ivanov *et al.*, 2016).



Sokolov *et al.*, (2016) mengukur *ripple effect* pada rantai pasok dengan bantuan indikator yang dipilih dari teori grafik yang mengalami propagasi gangguan dalam jaringan distribusi. Studi ini membahas masalah pemulihan rantai pasok dan membuat korelasi antara pemulihan kinerja rantai pasok dan desain struktural. Analisis grafik-teoritis diimplementasikan dengan metode AHP dengan menghitung konektivitas jaringan, koefisien jangkauan, kompleksitas, dan sentralisasi dan menggunakan indikator ini untuk menganalisis dampak kinerja dari *ripple effect* pada rantai pasok. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai alat analisis kuantitatif tambahan untuk memilih rancangan rantai pasok. Aplikasi tambahan dari metode yang dikembangkan dapat digunakan pada tahap kontrol untuk menyesuaikan pelaksanaan rantai pasokan dengan pencapaian kinerja ekonomi yang diinginkan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak kinerja dari penyebaran gangguan dalam rantai pasokan dengan pertimbangan faktor keberlanjutan untuk merancang struktur rantai pasokan yang tangguh. Penelitian ini menggunakan pendekatan *discrete event simulation* untuk mengidentifikasi faktor keberlanjutan yang dapat mengurangi dan meningkatkan *ripple effect*. Studi kasus yang digunakan yaitu rantai pasokan elektronik yang fokus pada fitur paling representatif dari keseluruhan rantai pasokan, yaitu pasokan multi-tahap dengan pemasok, pabrik, pusat distribusi dan pelanggan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa (i) sumber tunggal yang berkelanjutan meningkatkan *ripple effect*; (ii) perlindungan fasilitas untuk pemberi kerja di wilayah mengurangi *ripple effect* dan meningkatkan keberlanjutan; (iii) pengurangan fasilitas penyimpanan dalam rantai pasokan di bagian hilir fasilitas yang berisiko gangguan meningkatkan keberlanjutan tapi menyebabkan *ripple effect* (Ivanov, 2017a).

Penelitian selanjutnya mengembangkan studi kasus mengenai analisis *ripple effect* pada produk yang mudah rusak menggunakan simulasi (*discrete-event simulation*). Model simulasi yang dikembangkan dengan pertimbangan gangguan kapasitas dan hasil eksperimen. Simulasi rantai

pasok 4 tahap diimplementasikan pada perangkat lunak AnyLogistix dengan 3 skenario (1 skenario tanpa gangguan dan 2 skenario dengan gangguan). Studi ini juga dilengkapi evaluasi sehubungan dengan rantai pasok keuangan, pelanggan dan operasional kerja. Hasil eksperimen dapat digunakan oleh manajer rantai pasok untuk melakukan analisis dampak kinerja adanya gangguan yang berbeda, penyebaran gangguan di rantai pasok (*ripple effect*) dan kebijakan pemulihan terkait dengan gangguan tersebut (dinamika, durasi, dampak kinerja, dan biaya) (Ivanov, 2017b).

Ojha *et al.*, (2018) mencoba mengukur perilaku risiko setelah penilaian penyebaran risiko rantai pasok secara holistik. *Bayesian network* digunakan untuk menganalisis jaringan yang mengalami gangguan simultan. *Ripple effect* dievaluasi dengan menggunakan metrik *fragility*, *service level*, *inventory cost*, dan *lost sales*. Model ini mempertimbangkan sejumlah faktor risiko untuk mengukur dampak penyebaran risiko pada jaringan rantai pasok industri otomotif. Dampak gangguan yang dipertimbangkan dalam model ini adalah dari segi biaya dan tingkat layanan. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk memprediksi perilaku kompleks penyebaran risiko untuk meningkatkan manajemen risiko rantai pasokan.

Penelitian terakhir yaitu Ivanov (2020), penelitian ini bertujuan untuk memprediksi dampak dari Pandemi wabah yang mengganggu rantai pasok global dengan menggunakan metode *discrete-event simulation*. Variabel yang diukur adalah *pandemi duration* dan *time delays pandemi*. Simulasi dilakukan pada rantai pasok multi tahap (*supplier, factory, DC dan customer*) menggunakan 5 produk berbeda dan 3 skenario berbeda. Skenarionya adalah lokalisasi pandemi di china, penyebaran pandemi dan penutupan fasilitas di seluruh dunia dan penyebaran pandemi ke pasar dan mengganggu permintaan hingga 50%. Penentuan waktu dalam membuka atau menutup fasilitas pada tingkat yang berbeda mungkin menjadi faktor utama yang menentukan dampak pandemi pada kinerja rantai pasok.

Penelitian yang dilakukan penulis saat ini yaitu melakukan simulasi penyebaran gangguan rantai pasok pada industri kopi selama pandemi

Covid-19. Simulasi kejadian diskrit yang diterapkan pada penelitian ini telah digunakan pada beberapa penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian (Ivanov, 2017a) dengan indikator kinerja berbeda yaitu tingkat layanan, laba, dinamika inventori dan faktor keberlanjutan; (Ivanov, 2017b) dengan metode yang sama menggunakan indikator kinerja keuangan, operasional dan pelanggan; dan (Ivanov, 2020) dengan indikator kinerja inventori, tingkat layanan, keuangan dan *lead time* dengan metode yang sama pula. Sedangkan penulis menggunakan indikator kinerja *service level*, *lead time performance* dan *lost sale*. Jenis gangguan yang disimulasikan dalam penelitian ini berupa gangguan transportasi, permintaan dan distribusi. Penelitian-penelitian sebelumnya hanya mensimulasikan penyebaran gangguan dan melihat kinerja rantai pasok, sedangkan pada penelitian saya menambahkan *risk analysis* dan dilakukan perancangan strategi penanganan berdasarkan gangguan yang dialami pada pandemi Covid-19.



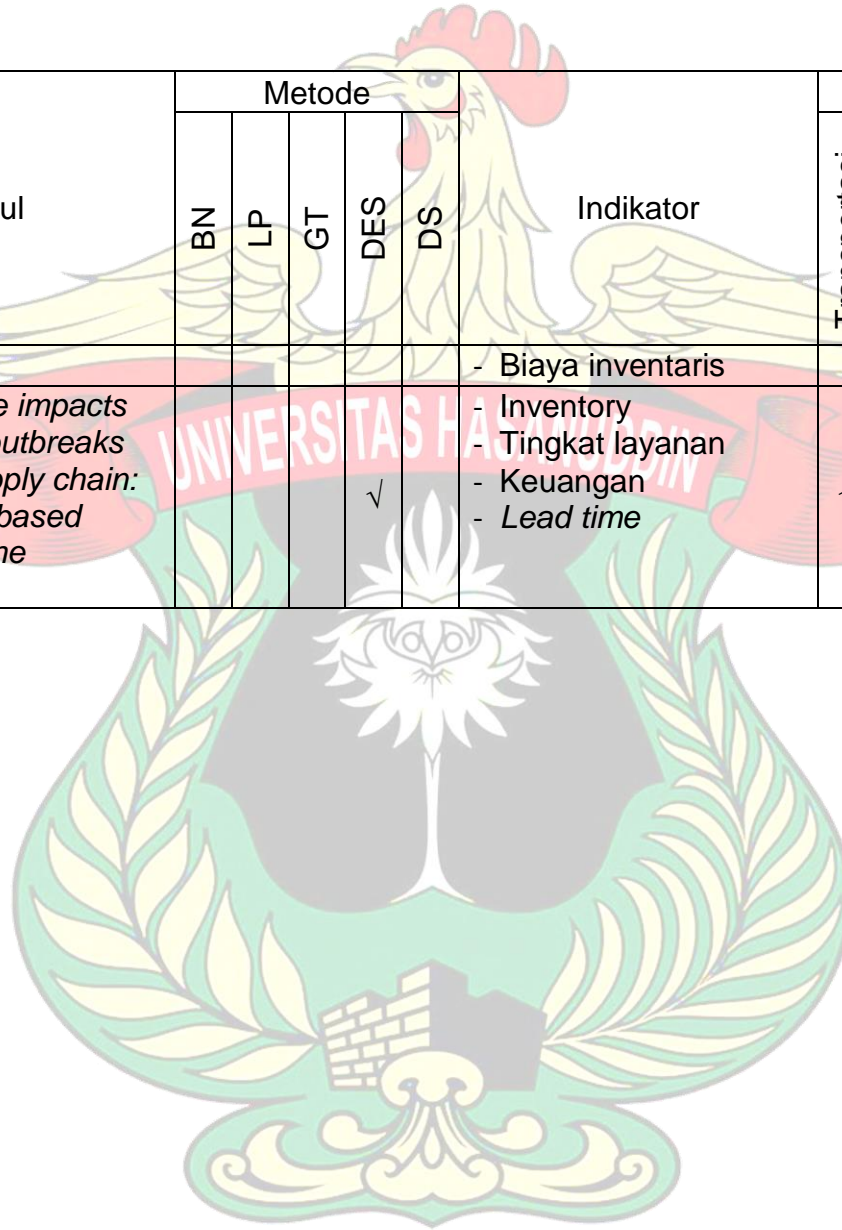
Tabel 2. 1 Kajian literatur

Penulis	Judul	Metode					Indikator	Jenis Gangguan						
		BN	LP	GT	DES	DS		Transportasi	Persediaan	Pasokan	Fasilitas	Kapasitas	Distribusi	
Bueno-solano dan Cedillo-campos (2014)	<i>Dynamic impact on global supply chain performance of disruptions propagation produced by terrorist act</i>					√	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inventory</li> <li>- Biaya</li> </ul>		√					
(Hishamuddin, Sarker and Essam, no date)	<i>A simulation model of a three echeon supply chain system with multiple suppliers subject to supply and transportation disruptions</i>	√					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Total back order quantity</li> <li>- Lost sales quantity</li> <li>- Recovery duration</li> </ul>	√		√				
Sokolov, Ivanov, Dolgui dan Pavlov (2016)	<i>Structural quantification of the ripple effect in the supply chain</i>			√			Statis : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biaya</li> <li>- Tingkat layanan</li> </ul> Dinamis : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ketahanan</li> <li>- Fleksibilitas</li> </ul>	√			√			



Penulis	Judul	Metode					Indikator	Jenis Gangguan						
		BN	LP	GT	DES	DS		Transportasi	Persediaan	Pasokan	Fasilitas	Kapasitas	Distribusi	
							<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sentralisasi</li> <li>- Kompleksitas</li> </ul>							
Ivanov, Pavlov, Dolgui, Pavlov, dan Sokolov (2016)	<i>Disruption-driven supply chain (re) planning and performance impact assessment with consideration of proactive and recovery policies</i>		√				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume penjualan</li> <li>- Tingkat layanan</li> </ul>	√	√					
Ivanov (2017a)	<i>Revealing interfaces of supply chain resilience and sustainability : a simulation study</i>				√		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tingkat layanan</li> <li>- Waktu tunggu</li> <li>- Dinamika inventori</li> <li>- Laba</li> <li>- Faktor keberlanjutan</li> </ul>		√	√				
Ivanov (2017b)	<i>Simulation-based ripple effect modelling in the supply chain</i>				√		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keuangan</li> <li>- Pelanggan</li> <li>- Operasional</li> </ul>						√	
Ojha, Ghadge, Tiwari dan	<i>Bayesian network modelling for supply chain risk propagation</i>	√					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kerapuhan</li> <li>- Lost sales</li> <li>- Tingkat layanan</li> </ul>			√				

Penulis	Judul	Metode					Indikator	Jenis Gangguan						
		BN	LP	GT	DES	DS		Transportasi	Persediaan	Pasokan	Fasilitas	Kapasitas	Distribusi	
Bititci (2018)							- Biaya inventaris							
Ivanov (2020)	<i>Predicting the impacts of Pandemi outbreaks on global supply chain: a simulation-based analysis on the coronavirus</i>				√		- Inventory - Tingkat layanan - Keuangan - Lead time	√	√					



## **2.2 Ripple Effect**

### **2.2.1 Definisi Ripple Effect**

Rantai pasok secara konseptual merupakan keseluruhan proses dari bahan mentah mulai di produksi hingga menjadi produk yang habis masa pakainya (Baatz, 1995). Menurut Chopra, Sunil,. Meindle (2001), rantai pasokan adalah setiap tahapan yang melibatkan konsumen dari mulai tahap pemesanan produk dari pemasok, manufaktur, jasa transportasi dan pergudangan, retailer hingga pelanggan akhir. Setiap fungsi atau proses yang ada dalam rantai pasok didukung oleh proses pemasaran, operasional, distribusi, keuangan dan pelayanan untuk pelanggan. Proses - proses tersebut harus disampaikan dalam kuantitas yang tepat dalam waktu yang tepat, serta lokasi yang tepat (Hidayat, et al., 2017). Pada suatu rantai pasok terdapat 3 macam aliran yang harus dikelola, yaitu aliran barang dari hulu ke hilir, aliran uang (finansial) yang mengalir dari hilir ke hulu dan terakhir yaitu aliran informasi yang mengalir dari hilir ke hulu atau sebaliknya (Pujawan, 2005).

Penyebaran gangguan rantai pasokan dikenal juga sebagai efek riak (*ripple effect*). *Ripple effect* terjadi ketika gangguan yang terjadi di salah satu bagian atau jaringan di rantai pasok menyebar ke jaringan lain dan memengaruhi kinerja rantai pasok. Propagasi gangguan atau *ripple effect* mengacu pada adanya kegagalan operasional pada satu entitas jaringan rantai pasok yang menyebabkan kegagalan operasional pada badan usaha yang lain (Dolgui, Ivanov and Sokolov, 2018; Nguyen and Nof, 2019; Li and Zobel, 2020). (Liberatore, Scaparra and Daskin, 2012) merupakan orang pertama yang memberikan nama *ripple effect*, namun Ivanov, Sokolov dan Dolgui (2014) merupakan orang yang pertama mengeksplorasi istilah *ripple effect* secara mendalam dan menentukan *ripple effect* sebagai akibat penyebaran gangguan awal yang menyebar ke berbagai aliran rantai pasok. Gangguan biasanya merupakan suatu peristiwa yang tidak direncanakan atau diantisipasi dan dapat



mempengaruhi struktur atau dinamika rantai pasok. Peristiwa gangguan yang dapat kita lihat seperti banjir Thailand 2011, gempa bumi Jepang 2012 dan yang saat ini dialami oleh dunia yaitu pandemi Covid-19 2020 yang menyebabkan pukulan ekonomi. *Ripple effect* ini dapat memberikan dampak pada pendapatan yang lebih rendah, penundaan pengiriman, hilangnya pangsa pasar, penurunan harga saham dan biaya-biaya yang merugikan (Hendricks and Singhal, 2005).

*Ripple effect* berbeda dengan *bullwhip effect*, *bullwhip effect* disebut memiliki dampak risiko rendah namun memiliki frekuensi tinggi. Sedangkan *ripple effect* termasuk risiko yang probabilitas kejadiannya rendah namun memiliki dampak risiko yang tinggi (Ivanov and Dolgui, 2020). Jenis risiko yang tinggi tersebut merupakan pemicu *ripple effect* pada pasokan dan permintaan sehingga perusahaan menghadapi risiko gangguan maju dan mundur. Terdapat penelitian mengenai *ripple effect* yang berfokus pada penyebaran gangguan ke bawah dari sisi pemasok (Ivanov, 2018), dan dampak tersebut dapat menyebar ke lebih banyak perusahaan dalam rantai pasok (Swierczek, 2016), gangguan propagasi juga dapat menyebar ke belakang atau berlawanan dengan arah material (Wenz *et al.*, 2014). Indikator kinerja yang dapat diukur seperti pendapatan, penjualan, tingkat layanan dan keuntungan total.

### **2.2.2 Gangguan Rantai Pasok**

Topik mengenai gangguan rantai pasok telah banyak diteliti secara ekstensif pada banyak literatur. Gangguan rantai pasok merupakan peristiwa tak terencana yang terjadi dalam rantai pasok yang dapat mempengaruhi aliran bahan dan komponen (Svensson, 2000). Adanya gangguan pada rantai pasokan dapat menyebabkan masalah *leadtime* yang panjang, *stock out*, ketidak mampuan untuk memenuhi permintaan pelanggan dan kenaikan biaya (Svensson, 2000; Chopra & Sodhi, 2004).

Rice dan Caniato (2003) mengkategorikan berbagai jenis gangguan rantai pasokan, daripada risiko yang terkait. Mode kegagalan perusahaan



secara khusus terkait karena adanya gangguan dalam pasokan, transportasi, operasi internal, komunikasi dan sumber daya manusia. Revilla dan Sáenz (2014) mengategorikan jenis gangguan yang serupa, yaitu gangguan yang mempengaruhi pasokan, transportasi, operasi internal dan komunikasi. Ambulkar, Blackhurst & Grawe (2015) mengidentifikasi gangguan rantai pasokan, gangguan logistik/pengiriman dan gangguan di pabrik atau gudang sebagai hal yang signifikan. Sementara, gangguan seperti bencana alam dan masalah kebijakan dan politik suatu negaran dikategorikan sebagai gangguan eksternal (Kleindorfer & Germaine, 2005).

Dalam bahasan mengenai gangguan rantai pasok, aspek lain yang selalu terkait yaitu mengenai risiko dan ketahanan rantai pasok. Christopher dan Peck (2004) memberikan pandangan mengenai gangguan internal dan eksternal. Terdapat 3 jenis risiko gangguan, yaitu risiko gangguan internal pada perusahaan yang terkait dengan proses pengendalian internal; risiko gangguan di luar perusahaan tetapi terkait rantai pasokan internal seperti gangguan pasokan atau permintaan; dan risiko lingkungan yang berada diluar jaringan rantai pasok tapi mempengaruhi pasokan, permintaan dan operasi internal dalam jaringan itu. Tang (2006) memberikan perspektif yang lebih dalam mengenai risiko dalam rantai pasokan. Risiko operasional (risiko mikro) yaitu jenis risiko yang disebabkan ketidakpastian dalam prosedur operasional standar sedangkan risiko gangguan (risiko makro) yaitu jenis risiko yang disebabkan karena peristiwa berskala besar seperti bencana alam atau krisis ekonomi.

### **2.2.3 Key Performance Indicator**

Key Performance *Indicator* atau indikator kinerja utama merupakan alat ukur finansial ataupun non-finansial yang digunakan untuk membantu suatu organisasi menentukan dan mengukur kemajuan atau kinerja organisasi terhadap tujuan atau sasaran organisasinya. Pada penelitian ini

ada 3 indikator yang digunakan untuk mengukur kinerja rantai pasok selama adanya gangguan. Adapun indicator tersebut yaitu.

*A. Profit and loss statement*

*Profit and loss statement* atau dalam bahasa Indonesia disebut neraca laba rugi. Neraca laba rugi mengacu pada laporan keuangan yang merangkum pendapatan, biaya-biaya dan pengeluaran yang ada selama periode tertentu. Catatan ini memberikan informasi tentang kemampuan atau ketidakmampuan perusahaan untuk menghasilkan laba dengan meningkatkan pendapatan, mengurangi biaya atau keduanya.

$$Profit = Revenue - total\ cost \dots\dots\dots(1)$$

$$Revenue = Selling\ price \times number\ of\ unit\ sold \dots\dots\dots(2)$$

$$Total\ Cost = Rent\ warehouse + salary + utilities \dots\dots\dots(3)$$

*B. Target Service Level*

ELT (*Expected Lead Time*) *Service Level* menunjukkan tingkat layanan berdasarkan rasio pesanan tepat waktu dengan jumlah keseluruhan pesanan. *ELT service level by product*, menunjukkan rasio produk yang dikirim tepat waktu dengan jumlah keseluruhan produk yang dikirim. Data produk diambil dari pesanan yang diproses.

$$ELT\ service\ level\ by\ products = \frac{product\ in\ the\ on\ time\ orders}{product\ in\ of\ outgoing\ orders} \dots\dots\dots(4)$$

*C. Lead Time*

*Lead time* merupakan waktu ketika pesanan diterima dan barang telah sampai kepada pemesan atau konsumen.

$$Lead\ time = Order\ delivered - order\ received \dots\dots\dots(5)$$

*D. Fulfillment Demand*

Fulfillment demand merupakan tingkat pemenuhan produk.

### 2.2.4 Metodologi penelitian pada *ripple effect*

Menurut (Ivanov and Dolgui, 2020), *ripple effect* dapat diselesaikan dengan beberapa cara, yaitu;

Tabel 2. 2 Metodologi penelitian pada *ripple effect*

<i>Network and complexity theories</i> ( <i>Network level</i> )	<i>Bayesian Network</i> <i>Complexity theory</i> <i>Reliability theory</i> <i>Petri nets</i> <i>Markov chains</i>
<i>Mathematical optimization</i> ( <i>Process Level</i> )	<i>Mixed-integer linear programming</i> <i>Robust optimization</i> <i>Stochastic optimization</i>
<i>Simulation (Control level)</i>	<i>Agent-based simulation</i> <i>Discrete-event simulation</i> <i>System dynamics</i>

Jaringan dan teori kompleksitas secara umum mencari asosiasi antara struktur jaringan dan penyebaran risiko. Peristiwa yang mengganggu node atau busur dalam jaringan dapat mengganggu ketahanan jaringan sehingga perlu untuk memeriksa hubungan struktural antara entitas di dalam jaringan. Ojha *et al.*, (2018) mencoba mengukur perilaku risiko setelah penilaian penyebaran risiko rantai pasok secara holistik. *Bayesian network* digunakan untuk menganalisis jaringan yang mengalami gangguan simultan. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk memprediksi perilaku kompleks penyebaran risiko untuk meningkatkan manajemen risiko rantai pasokan. Kim, Chen & Linderman (2015) meneliti struktur rantai pasok yang memengaruhi ketahanan dengan menerapkan metode *graph theory*, Sokolov *et al.*, (2016) mengukur penyebaran gangguan dengan menggunakan indikator dari *graph theory*. Level proses menyajikan konfigurasi aliran material optimal dengan menggunakan beberapa skenario penyebaran gangguan. Rezapour, Farahani & Pourakbar (2017) mengembangkan topologi rantai



pasok tangguh untuk masalah pemulihan dan reaksi terhadap gangguan. MIP non-linier diterapkan untuk menentukan kebijakan jaringan dan mitigasinya yang dapat memberikan keuntungan yang paling optimal. Terakhir, simulasi *ripple effect* banyak berhubungan dengan masalah waktu, durasi gangguan, dan durasi tindakan pemulihan. Kelebihan dari simulasi adalah dapat menangani pengaturan masalah yang kompleks dengan perubahan perilaku dari waktu ke waktu.

Berikut merupakan kerangka kerja dengan level yang berbeda yang dapat digunakan untuk menyelidiki *ripple effect* dengan metode simulasi (Dolgui, Ivanov and Sokolov, 2018).

Tabel 2. 3 Level kerangka kerja untuk menyelidiki *ripple effect*

<i>Structural dynamics</i>	<i>Disruption randomness</i> <i>Recovery randomness</i>
<i>Operational parameter dynamics</i>	<i>Inventory dynamics</i> <i>Production dynamics</i> <i>Shipment dynamics</i>
<i>Performance impact dynamics</i>	<i>Sales dynamics</i> <i>Service level dynamics</i> <i>Costs dynamics</i>

## 2.3 Model dan Simulasi

### 2.3.1 Definisi Model dan simulasi

Model merupakan suatu deskripsi atau analogi yang digunakan untuk menggambarkan sesuatu yang tidak dapat diamati secara langsung (Daellenbach & McNickle, 2005). Model juga didefinisikan sebagai representasi dari suatu sistem nyata. Simulasi merupakan proses merancang, menirukan atau memperagakan suatu model dari sebuah sistem nyata dan melakukan eksperimen-eksperimen dengan model tersebut untuk memahami tingkah laku sistem tersebut. Simulasi tidak memberikan jawaban atas sebuah permasalahan, tetapi memberikan cara untuk mengatasi sebuah permasalahan (Arwindy, Buulolo and Rosmaini,



2014). Teknik simulasi bersifat luwes terhadap perubahan-perubahan, sehingga sesuai dengan keperluan sistem yang sebenarnya. Teknik simulasi digunakan karena:

- a. Sistem dunia nyata dengan elemen-elemen stokastik sangat kompleks.
- b. Simulasi dapat memperkirakan dari tingkah laku sistem yang ada.
- c. Alternatif desain tujuan sistem dapat dibandingkan melalui simulasi.
- d. Simulasi dapat dilakukan pengendalian terhadap kondisi-kondisi eksperimen.
- e. Simulasi memungkinkan untuk kajian yang memerlukan waktu lama.

Pengaplikasian metode simulasi tentu memiliki kelebihan dan kekurangan yang menjadi pertimbangan sebelum memilih metode tersebut. Menurut Kelton (1983), kelebihan dan kekurangan dari metode simulasi adalah sebagai berikut:

- a. Model yang dibangun dapat digunakan berulang-ulang untuk menganalisis model atau kebijakan yang baru.
- b. Kebanyakan sistem yang nyata yang kompleks dengan elemen-elemen stokastik yang ada tidak dapat dijelaskan dengan model matematik yang dapat dievaluasi secara analitis sehingga simulasi seringkali merupakan satu-satunya cara pemecahan yang mungkin.
- c. Simulasi memungkinkan seseorang untuk mengestimasi performansi dari sistem yang ditinjau dalam kondisi yang diinginkan.
- d. Alternatif-alternatif dari rancangan sistem dapat dibandingkan dengan simulasi untuk melihat mana yang terbaik menurut persyaratan yang diinginkan.
- e. Dalam simulasi kita dapat menjaga kondisi penelitian dengan lebih baik dibanding bila dilakukan pada sistemnya langsung.

Sedangkan kekurangan metode simulasi adalah sebagai berikut:

- a. Setiap kali kita menjalankan model simulasi stokastik akan menghasilkan estimasi dari karakteristik model sesungguhnya untuk satu set input parameter tertentu sehingga model tersebut harus dijalankan beberapa kali untuk setiap set input parameter.
- b. Model simulasi seringkali mahal dan membutuhkan waktu yang lama untuk dibuat.

Model simulasi dapat diklasifikasikan sebagai model statik atau dinamik, model simulasi deterministik atau stokastik, dan model simulasi diskrit atau kontinu. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing klasifikasi tersebut (Law, 2013):

- a. Model simulasi statis dan dinamis

Model simulasi statis merepresentasikan sistem pada waktu tertentu. Model ini mungkin digunakan untuk menunjukkan sistem yang mana permainan waktunya sederhana tanpa aturan. Simulasi dinamik menunjukkan sistem dari waktu ke waktu. Model simulasi dinamis dalam pengertian ini berbeda dengan model simulasi sistem dinamis (*dynamic system*).

- b. Model simulasi deterministik dan stokastik

Model simulasi deterministik merupakan model yang tidak memiliki variabel random dalam inputnya atau tidak memiliki komponen-komponen yang probabilistik. Model simulasi stokastik yaitu model simulasi yang memiliki satu atau beberapa variabel random dalam inputnya. Random input tersebut akan menghasilkan output yang random pula, karenanya diuji hanya berupa estimasi (perkiraan) kebenaran karakteristiknya pada model.

- c. Model simulasi kontinyu dan diskrit

Keputusan dalam menggunakan model diskrit atau kontinyu pada sistem-sistem utama tergantung pada komponen yang akan disimulasikan. Model simulasi diskrit adalah model simulasi yang status variabelnya berubah secara diskrit pada suatu waktu

tertentu. Model simulasi kontinyu adalah model simulasi yang status variabelnya berubah secara kontinyu dari waktu ke waktu.

### **2.3.2 Discrete Event Simulation (DES)**

Pada simulasi, ada beberapa pendekatan yang dapat digunakan yaitu *system dynamics*, *discrete event simulation* dan *agent based*. *Discrete event simulation* (DES) atau simulasi kejadian diskrit adalah simulasi yang membahas model suatu sistem yang selalu berkembang karena adanya representasi perubahan variabel-variabel pada kondisi tertentu di saat tertentu (Suprianto, Muhammad & Indriani, 2018). Titik-titik waktu merupakan titik waktu terjadinya event atau kejadian sesaat yang mengubah status sistem (Law, 2013). Diskrit mengacu pada sebuah kejadian, misalnya melakukan simulasi sistem antrian di swalayan, sistem pada pelayanan kasir di pertokoan, teller pada pelayanan nasabah di bank, dan simulasi pada sistem inventori/perdagangan.

Manfaat simulasi sangat besar dalam pembuatan kebijakan yang optimal dalam menjalankan sebuah sistem. Hal tersebut tentunya merupakan perpaduan antara simulasi dan model analitis. Model analitis dibangun dari suatu sistem untuk menentukan kebijakan yang optimal, berkaitan dengan kriteria yang digunakan untuk mengelola sistem. Tapi, kebutuhan untuk menyederhanakan representasi untuk mendapatkan solusi analitis seringkali menghilangkan karakteristik model dari sistem yang dapat mempengaruhi kinerja. Setelah ditemukan kebijakan yang optimal untuk model analitis dengan mempertimbangkan fitur-fitur untuk kenyamanan analitis, simulasi kejadian diskrit kemudian berperan dalam menyelesaikan masalah tersebut. Simulasi kejadian diskrit memungkinkan untuk membangun model simulasi yang lebih realistis yang berisi fitur-fitur tersebut.

Simulasi kejadian diskrit menjadi alat penelitian yang sah ketidaktahuan metode analitis yang diketahui tidak dapat memberikan solusi untuk sebuah masalah. Ketika membangun sebuah model, seringkali



dihadapkan pada masalah menyeimbangkan kebutuhan detail struktural dengan kebutuhan untuk membuat model tersebut sesuai dengan teknik pemecahan masalah. Tetapi, semakin detail sebuah model maka model tersebut akan semakin mendekati kenyataan. Selain itu, model yang detail juga memungkinkan untuk mempelajari respon sistem dengan lebih baik utamanya jika hubungan struktural dalam model diubah. Di sisi lain, model yang detail biasanya menghambat solusi masalah, menggeser metode untuk memecahkan masalah dari analitis ke numerik, dan meningkatkan biaya solusi. Namun, faktor yang paling membatasi dalam penggunaan detail adalah bahwa informasi tentang sistem yang dipelajari sangat terbatas untuk menentukan lebih banyak karakteristiknya. Oleh karena itu, setiap model harus membatasi detail dalam beberapa hal. Hal itu dapat dilakukan dengan mengisi deskripsi sistem sebagai pengganti detail model dengan membuat asumsi tentang perilaku sistem (Fishman, 2001).

### **2.3.3 AnyLogistix**

*AnyLogistix* menggabungkan pemodelan analitis dan dinamis dan memungkinkan kedalaman analisis dan evaluasi efisiensi rantai pasokan yang bersangkutan, dengan mempertimbangkan pengaruh kesempatan. Penggunaan AnyLogistix memberikan kemampuan untuk membuat visual model proses logistik yang dipertimbangkan, mengamati sistem yang dianalisis secara dinamis. Pada tahap awal penelitian perlu ditentukan input-inputnya parameter sistem yang dipertimbangkan - lokasi dan jumlah pengiriman dan penerima barang, jenis kargo yang diangkut dan jangka waktu yang diperlukan untuk pengiriman yang aman (Engineering, Vasileva and Engineering, 2020).

*Anylogistix* banyak digunakan untuk membantu melakukan analisis simulasi risiko gangguan pada rantai pasok. Dalam implementasinya, dibuat beberapa skenario untuk menjalankan eksperimen untuk membandingkan rantai pasok sebelum terkena gangguan dan setelah terkena gangguan.



## 2.4 Algoritma Genetik

Algoritma genetik (GA) merupakan suatu metode heuristic yang dapat membantu mencari solusi optimal dari suatu masalah dengan proses pencarian yang meniru proses evolusi biologis (Basuki, 2003). Mekanisme yang digunakan merupakan kombinasi dari pencarian acak dan terstruktur. Algoritma ini sudah berhasil diterapkan dalam berbagai permasalahan kombinatorial, mulai dari *Travelling Salesman Problem* (TSP), *Vehicle Routing Problem* (VRP), permasalahan penentuan *layout* dan penjadwalan produksi .

Dalam algoritma genetika, solusi yang diterapkan pada sebuah populasi individu-individu yang masing-masing mewakili solusi yang mungkin disebut dengan kromosom, yang ditunjukkan dengan sekumpulan symbol dalam bentuk string dengan panjang tertentu dan biasanya dari alphabet biner (0,1). Dalam algoritma genetika adalah istilah populasi, individu, kromosom, gen, fitness (Satriyanto, 2009).

- Populasi adalah sejumlah solusi yang mungkin. Populasi awal dibangun secara acak, sedangkan populasi berikutnya merupakan hasil evolusi kromosom-kromosom melalui iterasi yang disebut dengan generasi.
- Individu adalah sekumpulan gen dalam sistem algoritma genetika. Individu dapat disebut juga kromosom. Kromosom juga merupakan gabungan gen-gen yang membentuk nilai tertentu. Generasi adalah individu yang dilakukan untuk menentukan populasi berikutnya.
- Fungsi fitness digunakan untuk proses evaluasi kromosom agar memperoleh kromosom yang diinginkan. Fungsi ini membedakan kualitas dari kromosom untuk mengetahui seberapa baik kromosom yang dihasilkan. Strategi menentukan nilai fungsi fitness yaitu:
  1. Nilai fitness merupakan suatu ukuran baik tidaknya suatu solusi yang dinyatakan sebagai satu individu, atau dengan kata lain nilai fitness menyatakan nilai dari fungsi tujuan.

2. Algoritma genetika mempunyai tujuan untuk memaksimalkan nilai fitness atau mencari nilai fitness maksimal.

Adapun kriteria yang digunakan pada proses seleksi ini adalah kriteria fungsi fitness. Masing-masing jalur pada populasi awal dihitung jarak, nilai fitness, probabilitas fitness dan probabilitas kumulatif fitnessnya. Tahap perhitungan fitnessnya adalah sebagai berikut:

1. Mencari jarak tempuh tiap jalur
2. Mencari total jarak dari seluruh jalur
3. Mencari nilai fitness tiap jalur
4. Mencari total fitness
5. Mencari probabilitas tiap jalur
6. Mencari probabilitas kumulatif tiap jalur

Pemilihan sebuah jalur yang menghasilkan populasi berikutnya dilakukan dengan cara mengambil  $N$  buah bilangan random  $r$  dengan  $0 < r < 1$  dan membandingkan bilangan random tersebut dengan probabilitas kumulatif fitness tiap jalur.

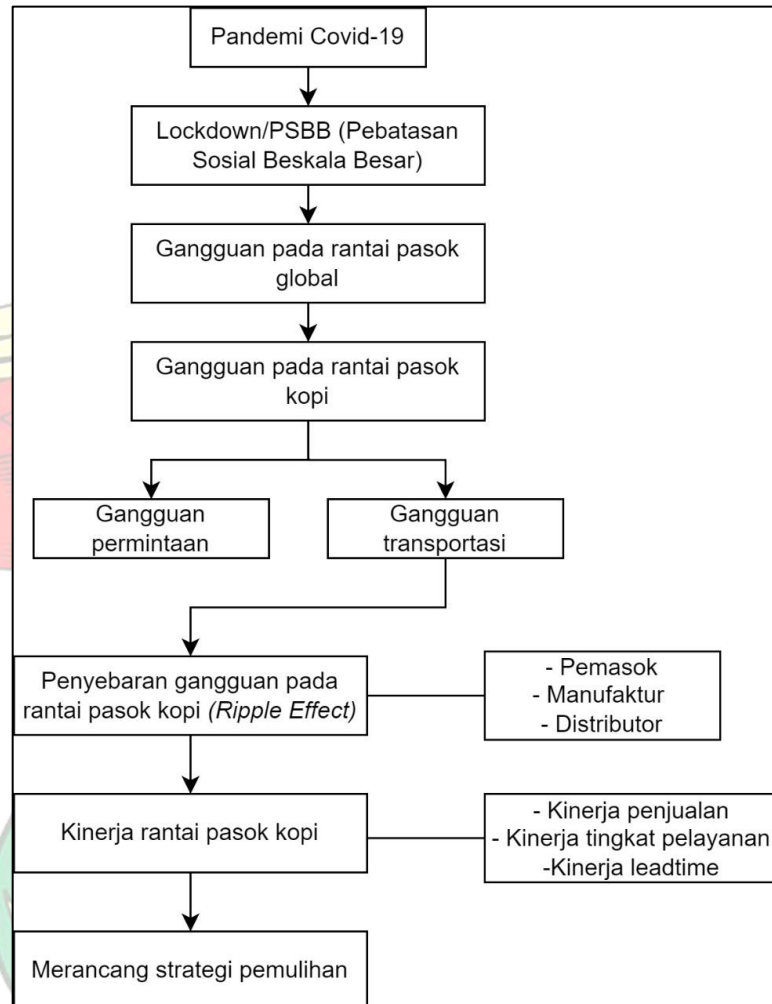
Adapun langkah-langkah penyelesaian dengan algoritma genetika (Hermansyah, 2011), yaitu:

Misalkan  $P$  (generasi) adalah populasi dari suatu generasi, maka secara sederhana GA terdiri dari langkah-langkah:

- Generasi awal = 0.
- Inisialisasi populasi awal, secara acak.
- Lakukan pencarian nilai fitness dan probabilitas pada setiap kromosom.
- Lakukan pengulangan proses sebanyak kromosom dalam populasi.
- Bandingkan semua nilai probabilitas hingga didapat nilai yang terkecil.
- Jika kondisi akhir dipenuhi, maka berhenti dan tampilkan solusi dari populasi.

## 2.5 Kerangka Konseptual

Berikut adalah kerangka konseptual yang menguraikan hubungan antara konsep-konsep atau variabel-variabel yang akan diamati dalam penelitian.



Gambar 2. 1 Kerangka Konseptual

Pandemi Virus Corona (Covid-19) menginfeksi hampir seluruh negara di dunia dan menjadi ancaman bagi dunia Internasional. Untuk mencegah memperlambat penularan atau penyebaran virus tersebut beberapa negara di dunia menerapkan kebijakan-kebijakan seperti PSBB (Pembatasan Sosial Berskala Besar), karantina wilayah dan *lockdown*. Penerapan kebijakan tersebut menghentikan aktivitas ekonomi di berbagai belahan dunia, penutupan fasilitas di salah satu negara akan



mempengaruhi rantai pasokan di negara lain yang berada dalam satu jaringan. Pembatasan yang diterapkan menciptakan gangguan pasokan dan keterlambatan distribusi serta gangguan permintaan pada rantai pasok kopi. Gangguan tersebut mengakibatkan penyebaran gangguan pada beberapa jaringan atau keseluruhan jaringan dalam rantai pasok kopi. Adanya gangguan yang terjadi pada *supplier* dapat menyebabkan gangguan pada jaringan selanjutnya yaitu pada manufaktur, dan distributor hingga konsumen atau dari hulu hingga ke hilir rantai pasok. Maka dari itu dilakukan simulasi penyebaran gangguan serta analisis kinerja rantai pasok (*service level*, *lead time* dan *lost sales*) ketika rantai pasok mengalami gangguan akibat Pandemi Covid-19. Berdasarkan analisis kinerja rantai pasok tersebut, dapat dibuat strategi penanganan gangguan pandemi Covid-19.

