

**TESIS**

**OPTIMASI SISTEM RANTAI PASOK MULTI-ESELON DENGAN  
PERMINTAAN PROBABILISTIK MENGGUNAKAN PENDEKATAN  
TEORI PERMAINAN STACKELBERG DAN ALGORITMA EVOLUSI**



**AGHAM SATRIA PRISTIWAJI  
19916023**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM MAGISTER  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2023**

## **LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**OPTIMASI SISTEM RANTAI PASOK MULTI-ESELON DENGAN  
PERMINTAAN PROBABILISTIK MENGGUNAKAN PENDEKATAN  
TEORI PERMAINAN STACKELBERG DAN ALGORITMA EVOLUSI**

**TESIS**

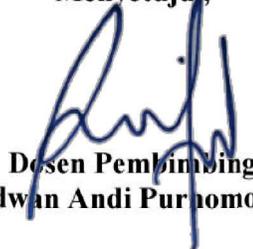
**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Magister  
Teknik (M.T.)**

**Pada Program Studi Magister Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia**



**Yogyakarta, 26 Desember 2023**

**Menyetujui,**



**Dosen Pembimbing  
Muhammad Ridwan Andi Purhomo S.T. M.Sc. Ph.D**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**OPTIMASI SISTEM RANTAI PASOK MULTI-ESELON DENGAN  
PERMINTAAN PROBABILISTIK MENGGUNAKAN PENDEKATAN  
TEORI PERMAINAN STACKELBERG DAN ALGORITMA EVOLUSI**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Magister  
Teknik (M.T.)**

**Pada Program Studi Magister Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia**



Disusun Oleh:  
**Agham Satria Pristiwaji**

**19916023**

1. **M. Ridwan Andi P. ST. M.Sc. Phd**  
**Ketua**

2. **Dr. Drs Imam Djati Widodo M.Eng.Sc**  
**Anggota I**

3. **Dr. Taufiq Immawan S.T. M.M.**  
**Anggota II**

**Mengetahui**

**Ketua Program Studi teknik Industri Program Magister**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Ir. Winda Nurcahyo S.T. M.T. Ph.D**

## **PERNYATAAN KEASLIAN**

Saya dengan ini menyatakan bahwa karya ini mewakili karya saya sendiri tidak ada yang menulisnya untuk saya bahwa saya tidak menyalin karya orang lain dan bahwa semua sumber yang saya gunakan untuk dikutip dengan benar dan didokumentasikan dengan jelas. Saya memahami bahwa setiap penyelidikan atas pelanggaran yang menyangkut apapun dari pekerjaan saya dapat menyebabkan saya didiskualifikasi sebagai calon pasca sarjana di Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 26 Desember 2023



Agham Satria Pristiwaji

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Penelitian ini saya persembahkan dengan sepenuh hati kepada Istri tercinta Finda Atik Dzariyati serta anak kami (Azriel, Faezya, Zhio) Ibu dan Almarhum Bapak, yang selalu menyemangati saya, dan selalu mengingatkan dan telah menjadi sumber inspirasi saya seta memberi saya kekuatan ketika saya berpikir untuk menyerah, yang terus memberikan dukungan moral

## SAMBUTAN

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

*Alhamdulillah* *rabbi'alamiin*, Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tesis dan menyusun laporan dengan lancar. Tak lupa doa dan salam selalu dicurahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW dan para pengikutnya yang telah berjuang dan membimbing kita keluar dari kegelapan menuju jalan terang ini. Nasihat, bantuan serta dukungan tersebut diperoleh, baik secara langsung maupun tidak langsung, dari pihak-pihak tertentu yang berkepentingan. Untuk itu penulis ingin menyampaikan rasa syukur dan terima kasih kepada semua pihak di bawah ini:

1. **(Prof. Fathul Wahid, ST., M.Sc. Ph.D)**, Sebagai Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. **(Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T)**, Sebagai Dekan Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia
3. **(M. Ridwan Andi Purnomo S.T. M.Sc. Ph.D)**, sebagai pembimbing yang ditunjuk dari Program Studi Teknik Industri yang telah memberikan arahan, bimbingan, kritik, dan saran dalam penyusunan tesis ini.

Semoga laporan tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan perusahaan pada khususnya. Peneliti menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan sehingga peneliti mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pembaca untuk penelitian selanjutnya

*Wassalamu`alaikum Wr.Wb.*

Yogyakarta, 26 Desember 2023

  
Agham Satria Pristiwaji

(19906023)

## DAFTAR ISI

### Contents

1. PENDAHULUAN .....	9
1.1. Latar Belakang.....	9
1.2. Perumusan Masalah.....	10
1.3. Tujuan Penelitian .....	11
1.4. Batasan Penelitian .....	11
2. KAJIAN LITERATUR .....	12
2.1. Join Total Cost (JTC) .....	12
2.2. Teori Permainan <i>Stackelberg</i> dalam Rantai Pasok .....	13
2.3. Algoritma Evolusi dalam Rantai Pasok.....	16
3.1. Identifikasi Masalah .....	18
3.2. Perumusan Masalah.....	18
3.3. Kajian Literatur.....	18
3.4. Pembangunan Model Optimasi Rantai Pasok Berbasis <i>Stackelberg</i> .....	21
3.4.1. Penentuan konfigurasi rantai pasok yang diteliti .....	21
3.4.2. Penentuan parameter model optimasi.....	21
3.4.3. Penentuan variabel keputusan model optimasi .....	22
4.1. Konformasi Hasil Pemodelan dengan Kondisi Nyata .....	33
4.2. Analisis Terhadap Terjadinya Kehabisan Persediaan.....	35
4.3. Analisis Terhadap Terjadinya Proporsi Pemenuhan Permintaan Semua Pemasok.....	36
5.1. Kesimpulan.....	37
5.2. Saran .....	38
DAFTAR PUSTAKA .....	39

## **Abstrak**

Pengelolaan Rantai pasok memegang peranan penting dalam proses bussines di perusahaan dalam lingkup yang besar maupun kecil dalam menghasilkan keuntungan di perusahaan tersebut. Pemilihan supplier atau sourcing produk yang akan di proses atau dikelola dalam rantai pasok merupakan salah satu hal yang menjadi pertimbangan strategis perusahaan untuk mendapatkan pasokan yanglal bisa mendukung efesiensi rantai pasok di dalam perusahaan tersebut. Di sector retailer, biasanya sudah mempunyai pemasok utama yang menjadi andalamn dalam mengisi persediaan untuk dijual ke konsumen, serta mempunyai supplier lain yang lebih kecil yang dipakai jika pemasok utamanya tidak mempunyai jumlah produksi sesuai dengan permintaan yang terjadi. Sehingga kesimbangan pemilihan jumlah produk yang akan dipesan ke dalam pemasok utama maupun pemasok sampingan menjadi keputusan strategis untuk mendapatkan biaya total yang minimum. Dalam penelitian ini hal tersebut digambarkan dengan Teori permainan stackelberg yang nanti dikombinasikan dengan teori evolusi untuk mencapai kesetimbangan dlam jumlah pesanan kemasing masing supplier.

**Keyword:** *Manajemen Rantai pasok, Teori Permainan Stackelberg, Teori Evolusi*

## **BAB 1**

### **1. PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Manajemen rantai pasok merupakan suatu konsep integral yang berkaitan dengan pengelolaan seluruh proses yang terlibat dalam pergerakan produk atau jasa dari awal produksi hingga sampai ke tangan konsumen akhir. Dalam era globalisasi dan persaingan bisnis yang semakin ketat, manajemen rantai pasok menjadi faktor kunci dalam menentukan keberhasilan suatu perusahaan. Keterlibatan berbagai pihak, mulai dari pemasok, produsen, distributor, hingga retailer, menjadikan koordinasi dan integrasi yang efektif sangat penting untuk memastikan kelancaran aliran produk dan informasi.

Pentingnya manajemen rantai pasok akan semakin terlihat apabila produk yang digerakkan oleh rantai pasok tersebut juga merupakan produk unggulan atau produk yang mempunyai permintaan yang relatif tinggi. Perbaikan pada sistem rantai pasoknya akan berdampak secara signifikan terhadap semua mata rantai yang terlibat. Di Indonesia, salah satu produk unggulan yang mempunyai permintaan yang relatif tinggi adalah batik, khususnya kain batik siap jahit. Dalam penelitian ini, sistem rantai pasok produk batik yang diteliti terdiri dari satu pemasok utama dan lima pembeli yang mendapatkan permintaan dari konsumennya yang bersifat stokastik. Pada kenyataannya, terdapat juga satu perusahaan yang bertindak sebagai pemasok sampingan, yang hanya memasok produk yang diminta oleh pembeli setelah pembeli memesan produk dari pemasok utama.

Pada pengamatan awal, telah diketahui bahwa pemesanan produk dari pembeli ke pemasok dilakukan berdasarkan pada stok kain batik siap jahit yang ada di pembeli. Hal ini menyebabkan pemesanan barang ke pemasok dilakukan pada waktu yang tidak bersama. Pemasok juga terkadang tidak dapat memenuhi semua permintaan yang diterima dari pembeli. Sehingga, peranan pemasok sampingan

menjadi penting untuk diperhatikan untuk meminimasi permintaan pembeli yang tidak dapat dipenuhi oleh pemasok utama.

Karakteristik pasokan produk dari sistem rantai pasok yang diteliti hampir sama dengan karakteristik teori permainan *Stackelberg*, yang merupakan teori permainan untuk mencari kondisi keseimbangan bagi pemasok yang bertindak sebagai perusahaan mayor dan pemasok yang bertindak sebagai perusahaan minor. Sehingga, dalam penelitian ini, akan digunakan konsep dari teori permainan *Stackelberg* untuk memodelkan sistem rantai pasok yang diteliti. Selain itu, model optimasi yang dikembangkan adalah model optimasi serentak untuk semua mata rantai yang terlibat berdasarkan penentuan ukuran lot yang ekonomis, atau biasa dinamakan dengan *Join Economic Lot Size (JELS)*. Fungsi tujuan dari model optimasi rantai pasok yang diteliti adalah meminimasi *Join Total Cost (JTC)*.

Dalam sistem rantai pasok yang diteliti, terdapat 7 rantai yang masing-masing memiliki parameter secara bebas. Sehingga, jumlah variabel keputusan yang akan ditentukan menjadi sangat banyak. Dalam kondisi itu, maka algoritma pencarian yang berdasarkan evolusi akan dapat memberikan solusi yang optimum (atau mendekati optimum). Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan digunakan algoritma evolusi sebagai algoritma pencari solusinya.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Dari penjelasan di atas, maka masalah yang akan diselesaikan dapat dirumuskan:

- a. Bagaimana memodelkan kasus optimasi rantai pasok yang diteliti yang dibangun menggunakan konsep teori permainan *Stackelberg*?
- b. Bagaimana menentukan batasan variabel keputusan dari model yang dibangun agar dapat diselesaikan menggunakan algoritma evolusi?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk:

- a. Membangun model optimasi rantai pasok yang diteliti berdasarkan pada teori permainan Stackelberg.
- b. Menentukan pengkodean solusi dan juga batasannya agar dapat diselesaikan menggunakan algoritma evolusi.

### **1.4. Batasan Penelitian**

Batasan dari penelitian ini adalah:

- a. Selama penelitian berlangsung, semua data dianggap konstan, tidak berubah.
- b. Pembuktian kualitas model optimasi yang diusulkan diuji menggunakan perhitungan teoritis, tidak diaplikasikan dalam sistem rantai pasok yang sebenarnya.
- c. Penelitian ini tidak bertujuan untuk membandingkan dengan hasil optimasi algoritma lain.

## BAB II

### 2. KAJIAN LITERATUR

Dalam bab ini akan dilakukan kajian mengenai penelitian terdahulu mengenai Joint Total Cost (*JTC*), teori permainan Stackelberg dan algoritma evolusi yang digunakan dalam optimasi suatu rantai pasok.

#### 2.1. Join Total Cost (*JTC*)

Salah satu kata kunci dalam manajemen rantai pasok adalah integrasi, sehingga, penelitian mengenai optimasi rantai pasok selalu melibatkan keputusan bersama diantara semua rantai yang terlibat. Salah satu keputusan yang diambil dalam sebuah rantai adalah jumlah produk yang dipesan oleh pembeli (*buyer*) kepada produsen (*vendor*) dan juga jumlah produksi di produsen karena adanya permintaan dari pembeli. Penentuan jumlah pesanan pembeli harus dilakukan secara bersama-sama dengan jumlah produksi produsen dan itu dinamakan dengan *Joint Economic Lot Size (JELS)*. Optimasi JELS biasanya dilakukan dengan tujuan meminimasi *Joint Total Cost (JTC)* untuk semua mata rantai dalam suatu sistem rantai pasok.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas JELS dengan berbagai kondisi. Jin et al. (2023) telah melakukan kajian mengenai JELS yang dianggap sebagai pengembangan model *Economic Order Quantity (EOQ)*. Pada kajian tersebut, ide yang dikembangkan adalah menentukan alokasi order kepada beberapa produsen untuk memenuhi permintaan yang terjadi di pembeli. Dalam kajian tersebut, inventory dan backlog adalah diijinkan dan beberapa produsen berkumpul adalah untuk mengurangi biaya set-up yang terjadi di produsen.

JELS adalah permasalahan yang kompleks, sehingga jumlah variabel keputusan bisa lebih dari 100 variabel. Hal ini disebabkan karena model JELS akan melibatkan semua rantai dalam suatu rantai pasok. Sarakhsi et al. (2016) telah

membangun suatu pendekatan hybrid, yang terdiri dari algoritma heuristic yang kemudian diselesaikan menggunakan suatu algoritma optimasi. Model yang dikembangkan dapat memberikan solusi yang baik untuk sistem rantai pasok dengan harga produk yang sensitive terhadap permintaan dan juga untuk berbagai jenis kebijakan pengiriman.

Model lain dari JELS yang telah dikembangkan oleh peneliti sebelumnya adalah dengan mempertimbangkan kesempatan berinvestasi untuk jangka panjang dan juga kolaborasi finansial (Marchi et al., 2016). Tujuan dari model tersebut dibangun adalah untuk menjalin kerjasama antar rantai pasok untuk jangka panjang. Sebuah pembeli dapat berinvestasi di pemasok agar pemasok dapat memasok produk secara lebih stabil.

Abdelsalam dan Ellassal (2014) juga telah mengembangkan model JELS untuk sistem rantai pasok 2 lapis. Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian yang telah dilakukan oleh Ben-Daya et al. (2013), dengan menghilangkan asumsi bahwa permintaan selalu tetap dan biaya simpan dan pesan yang tetap. Model dibangun berdasarkan kebijakan persediaan pengaman terpusat dan terdistribusi.

Model JELS lain telah dibuat oleh Sari et al. (2012). Pada penelitian ini, model JELS dibangun berdasarkan potongan harga produk yang berlaku secara sementara yang ditawarkan pemasok kepada manufaktur. Model yang dihasilkan dapat digunakan untuk mempelajari perilaku manufaktur sebagai pembeli karena adanya potongan harga.

## **2.2. Teori Permainan *Stackelberg* dalam Rantai Pasok**

Dalam suatu rantai pasok, persaingan antar 2 perusahaan atau lebih adalah sering terjadi. Biasanya, perusahaan yang sudah lebih dahulu memasuki pasar akan menjadi pemasok kebutuhan utama bagi konsumen. Namun demikian, tidak

menutup kemungkinan perusahaan baru yang memasuki suatu pasar dapat mendominasi perusahaan lain yang sudah ada. Sehingga, akan ada perusahaan mayor atau utama yang memasok kebutuhan konsumen dan ada perusahaan minor yang memasok kebutuhan sisa dari perusahaan mayor.

Pada kondisi dimana ada lebih dari satu perusahaan, maka biasanya perusahaan minor akan menyurup strategi setelah mengetahui strategi yang diambil oleh perusahaan mayor. Metode yang dapat digunakan untuk menganalisis kasus tersebut adalah teori permainan *Stackelberg*. Beberapa penelitian terdahulu yang telah membahas mengenai teori permainan *Stackelberg* dalam rantai pasok akan diulas dalam sub bab berikut.

Khanlarzade dan Farughi (2024) telah membangun model optimasi rantai pasok berbasis teori permainan Stackelberg dengan kondisi perusahaan minor benar-benar tidak mengetahui strategi dari perusahaan mayor. Perusahaan minor diasumsikan tetap menjalankan aktivitas produksi secara normal, namun demikian, hanya dapat memenuhi kebutuhan konsumen sisa dari perusahaan mayor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang dibangun dapat konvergen sehingga dapat menghasilkan solusi yang optimal.

Babaeinesami et al. (2023) telah menggunakan teori permainan Stackelberg untuk mengoptimasi sistem rantai pasok tertutup. Dalam penelitian tersebut, pemasok dan pamanufaktur bertindak sebagai perusahaan mayor sedangkan distributor, konsumen dan penjual (*retailer*) bertindak sebagai perusahaan minor. Model yang dibangun kemudian dioptimasi menggunakan Algoritma Genetik (AG) dan algoritma serigala abu-abu (*grey wolf optimisation*)

Aplikasi teori permainan untuk sistem rantai pasok tertutup lainnya telah dikaji oleh Tang, et al. (2020). Dalam kajian itu, teori permainan Stackelberg digunakan untuk menentukan titik keseimbangan pengembalian produk ke produsen pada kondisi pasar yang kompetitif dan kondisi pasar yang tersentral.

Pada penelitian tersebut, model dibangun juga telah memperhatikan motivasi konsumen membeli produk yang ramah lingkungan.

Teori permainan Stackelberg juga telah diaplikasikan untuk menganalisis model pembayaran yang terbaik oleh sebuah mata rantai dalam suatu sistem rantai pasok. Cao et al. (2022) telah membangun model untuk mengoptimasi pemilihan model pembayaran dengan mempertimbangkan kualitas investasi dan kredit bank. Sistem rantai pasok yang diteliti bersifat erdesentralisasi, sehingga antara pemasok dan pamanufaktur mempunyai kebebasan yang tinggi dalam menentukan pilihan pembelian. Terdapat tiga skenario pembayaran yang digunakan yaitu pembayaran di muka, pembayaran normal dan pembayaran tertunda. Optimasi antar pemasok dan pamanufaktur dilakukan secara bersama-sama sehingga model yang dibangun mampu memberikan solusi global optimal.

Wu et al. (2021) telah mengembangkan teori permainan Stackelberg untuk memodelkan rantai pasok yang terdiri dari pemasok dan pamanufaktur dalam kondisi yang tidak merugi. Model yang telah dibangun kemudian dibandingkan dengan model yang telah ada yaitu berdasarkan model penjual koran (*newspaper boy model*). Model yang dibangun menunjukkan hasil yang baik, yaitu dapat meningkatkan utilitas asset dari pemasok sehingga dapat meningkatkan profit dari pemasok dan pamanufaktur.

Teori permainan Stackelberg juga telah diaplikasikan dalam sistem rantai pasok dengan konfigurasi produk keluarga (*product family*) yang dinamis (Pakseresht et. al., 2020). Terdapat tiga fungsi tujuan yaitu memaksimalkan profit dan memaksimalkan utilitas konsumen yang merupakan fungsi tujuan di perusahaan mayor dan meminimasi total biaya rantai pasok yang merupakan fungsi tujuan di perusahaan minor. Algoritma *Particle Swarm Optimisation* (PSO) telah digunakan untuk mengoptimasi model yang telah dibangun.

### 2.3. Algoritma Evolusi dalam Rantai Pasok

Optimasi sistem rantai pasok yang melibatkan semua mata rantai pasti akan mempunyai parameter dan variabel keputusan dalam jumlah yang banyak. Sehingga, algoritma optimasi berbasis evolusi, seperti AG, PSO atau algoritma yang lain. Di sub bab ini, akan diulas beberapa penelitian sebelumnya yang telah menggunakan algoritma optimasi berbasis evolusi dalam suatu sistem rantai pasok.

Wang et al. (2022) telah menggunakan AG paralel untuk mengoptimasi rencana produksi TFT-LCD dengan batasan kapasitas. Optimasi rencana produksi dilakukan dalam suatu rantai pasok multi eselon. Tujuan dari optimasi adalah untuk memaksimalkan profit untuk semua mata rantai dalam sistem rantai pasoknya, dengan memperhatikan beberapa variabel, seperti alokasi sumber daya untuk kapasitas produksi dan transportasi, manajemen komponen, transformasi kapasitas serta tarik ulur antara *inventory* dan *back-order*. Hasil studi menunjukkan kinerja dari AG paralel lebih baik dari algoritma optimasi heuristik.

AG juga telah banyak dimodifikasi agar dapat menyelesaikan kasus optimasi rantai pasok yang kompleks. Gholizadeh dan Fazlollahtabar (2020) telah memodifikasi AG standar untuk mengoptimasi sistem rantai pasok siklus tertutup untuk meningkatkan tingkat hijau (*green level*). AG yang dimodifikasi dengan tujuan untuk mempercepat waktu komputasi agar solusi yang dihasilkan dapat diterapkan dalam industri.

Nezamoddini et al. (2020) telah mengkombinasikan AG dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk mengoptimasi sebuah rantai pasok dengan memperhatikan resiko eksternal dan internal. JST digunakan untuk memahami kondisi rantai pasok berdasarkan data-data masa lalu dan AG digunakan untuk mengoptimasi rantai pasok yang telah dikenali oleh JST. Hasil optimasi menunjukkan bahwa optimasi dapat meningkatkan keuntungan untuk keseluruhan rantai pasok dan dapat menurunkan jumlah persediaan di semua rantai pasok.

Dalam sistem rantai pasok, lokasi dari suatu pusat distribusi (*Distribution Centre/DC*) dapat ditentukan secara bersama-sama dengan kebijakan inventori yang akan diterapkan. Ketika permintaan bersifat stokastik, maka model optimasi untuk rantai pasok tersebut akan menjadi sangat kompleks. Fathi et al. (2021) telah mengembangkan AG yang dihibridkan dengan sebuah algoritma heuristik untuk menentukan lokasi dari beberapa DC dengan satu pemasok. Teori antrian digunakan untuk memodelkan aliran barang masuk dan keluar. Hasil optimasi menunjukkan keberhasilan AG yang diusulkan dalam kasus tersebut.

Rostami et al. (2020) telah menghibridkan AG dengan algoritma *variable neighbourhood search* untuk meningkatkan produktivitas rantai pasok dengan konsep *cellular manufacturing system* terintegrasi dengan desain produk. Fungsi tujuan dirumuskan untuk *multi-objectives* dan *multi-choice goal programming* dengan fungsi utilitas dan AG yang diusulkan mampu untuk menyelesaikan fungsi tujuan tersebut.

Dari kajian literatur di atas, maka dapat disimpulkan bahwa untuk sistem rantai pasok dengan pemasok yang lebih dari satu, maka teori permainan Stackelberg dapat digunakan untuk memodelkan pasokan produk ke semua konsumen. Untuk mengoptimasi sistem rantai pasok, maka total biaya harus ditentukan secara terintegrasi untuk semua rantai pasok yang disebut dengan JTC dengan menentukan JELS. Jumlah variabel keputusan yang akan dioptimasi dalam suatu jaringan rantai pasok akan banyak, sehingga algoritma berbasis evolusi dapat digunakan sebagai algoritma optimasinya.

## **BAB III**

### **3. METODE PENELITIAN**

Pada bab ini, akan dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam melakukan penelitian. Secara garis besar, langkah penelitian adalah seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1.

#### **3.1. Identifikasi Masalah**

Tahap awal dalam penelitian ini adalah pengidentifikasian masalah. Langkah ini dilakukan dengan mengamati perilaku dari sistem rantai pasok yang diteliti. Langkah ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah yang sebenarnya terjadi dari gejala-gejala yang muncul di rantai pasok yang diteliti.

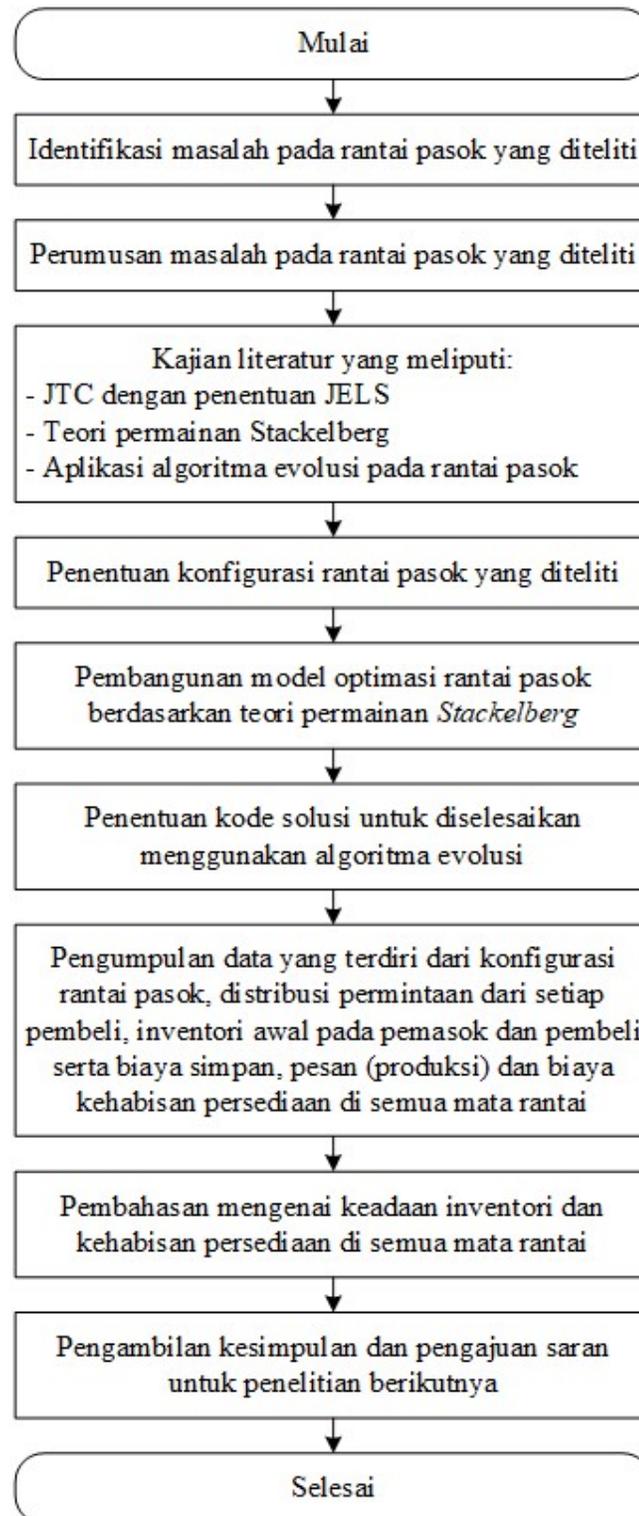
#### **3.2. Perumusan Masalah**

Pada tahap ini dilakukan perumusan masalah yang terjadi pada rantai pasok yang diteliti. Dari gejala yang muncul dari sistem rantai pasok yang diteliti, masih terdapat kekurangan persediaan di tingkat pembeli (*buyer*). Padahal pada rantai pasok yang diteliti terdapat 2 pemasok (*vendor*), sehingga jumlah variabel keputusan akan banyak. Sehingga, masalah yang akan diselesaikan adalah bagaimana model optimasi untuk rantai pasok multi eselon dengan permintaan probabilistik dengan pendekatan teori permainan *Stackelberg* yang akan diselesaikan menggunakan algoritma evolusi.

#### **3.3. Kajian Literatur**

Dalam langkah ini dilakukan kajian literatur untuk mengetahui perkembangan penelitian yang sejenis. Terdapat 3 bidang penelitian yang dikaji yaitu *JTC* dengan

penentuan *JELS*, teori permainan *Stackelberg*, dan penggunaan algoritma optimasi berbasis evolusi dalam rantai pasok. Tujuan lain dari melakukan kajian literatur ini adalah untuk mendapatkan dasar yang kuat untuk menjadikannya sebagai pedoman dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi.

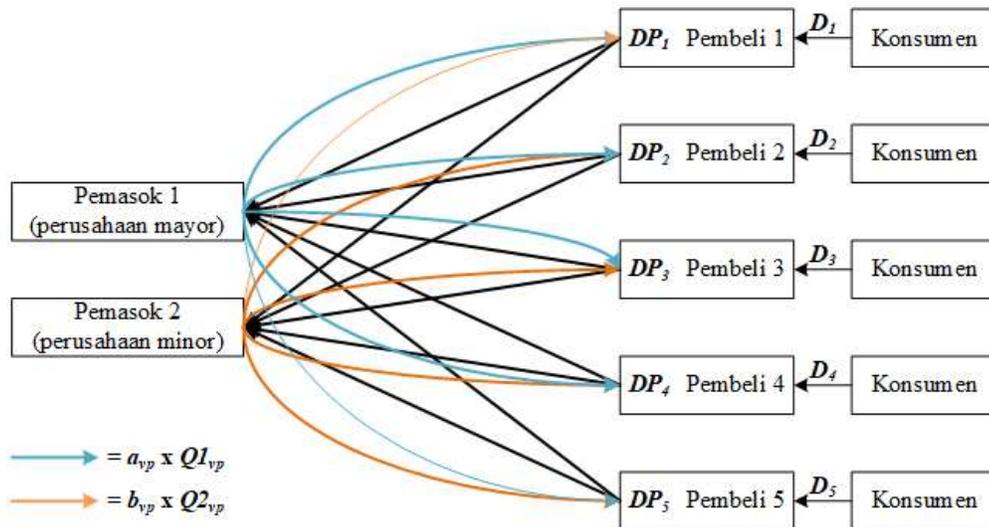


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.4. Pembangunan Model Optimasi Rantai Pasok Berbasis *Stackelberg*

#### 3.4.1. Penentuan konfigurasi rantai pasok yang diteliti

Pada langkah ini akan ditentukan diagram rantai pasok yang diteliti, sehingga terlihat jelas aliran data dan aliran barangnya. Sistem rantai pasok yang diteliti memiliki 2 pemasok yang bertindak sebagai perusahaan mayor dan perusahaan minor. Kedua pemasok tersebut akan memasok 5 pembeli yang menerima permintaan stokastik dari konsumen. Produk yang diteliti adalah produk utama saja berupa kain batik yang siap jahit. Berikut ini adalah diagram yang menggambarkan konfigurasi rantai pasok yang diteliti.



Gambar 3.2 Konfigurasi rantai pasok yang diteliti

#### 3.4.2. Penentuan parameter model optimasi

Parameter model optimasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- $V$  : jumlah pemasok
- $P$  : jumlah pembeli
- $A$  : biaya pemesanan (per sekali pesan per kilogram)
- $h$  : biaya penyimpanan (per unit per hari)
- $\pi$  : keuntungan yang hilang karena kehabisan persediaan (per unit)

$T$  : jumlah periode pembuatan model

Indeks yang digunakan:

$v$  : indeks pemasok

$p$  : indeks pembeli

$d$  : indeks permintaan

$t$  : indeks hari

### 3.4.3. Penentuan variabel keputusan model optimasi

Pada tingkat pembeli, kebijakan inventori yang digunakan adalah memeriksa inventori setiap saat dan melakukan pemesanan kepada pemasok. Pemasok yang bertindak sebagai perusahaan mayor akan menentukan jumlah produk yang dipesan oleh setiap pembeli dan pemasok yang bertindak sebagai perusahaan minor akan menentukan jumlah produk yang dikirim ke setiap pembeli setelah mengetahui jumlah produk yang dikirim oleh pemasok yang bertindak sebagai perusahaan mayor. Sehingga, variabel keputusan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$DP_p$  : jumlah pemesanan yang dilakukan oleh pembeli- $p$

$r_p$  : titik pemesanan kembali pembeli- $p$

$a$  : porsi pengiriman barang dari pemasok yang bertindak sebagai perusahaan mayor

$b$  : porsi pengiriman barang dari pemasok yang bertindak sebagai perusahaan minor

$tp_v$  : titik produksi kembali pemasok- $v$

$Q1_v$  : jumlah produk yang dikirimkan oleh pemasok yang bertindak sebagai perusahaan mayor

$Q2_v$  : jumlah produk yang dikirimkan oleh pemasok yang bertindak sebagai perusahaan minor

### 3.1.1 Pembangunan model optimasi

Fungsi tujuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah meminimasi *JTC*, yang merupakan total biaya yang terjadi di semua mata rantai. Komponen *JTC* adalah biaya pesan, biaya penyimpanan dan keuntungan yang hilang yang terjadi di semua pembeli dan biaya set-up produksi, biaya penyimpanan dan keuntungan yang hilang yang terjadi di semua pemasok. Sehingga, model fungsi tujuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$BSP = \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T \max(0, I_{tp} + X1_{tp} + X2_{tp} - (D_{tp} \times si_t)) \times h_p$$

$$BKP = \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T \max(0, D_{tp} - I_{tp} - X1_{tp} - X2_{tp}) \times \pi_p$$

$$BPP = \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T \sum_{v=1}^V SP_{ptv} \times A_{pv}$$

$$BSV = \sum_{v=1}^V \sum_{t=1}^T \max(0, I_{tv} + X1_{tv} + X2_{tv} - D_{tv}) \times h_v$$

$$BKV = \sum_{v=1}^V \sum_{t=1}^T \max(0, D_{tv} - I_{tv} - PQ_{tv}) \times \pi_v$$

$$BSV = BPP = \sum_{v=1}^V \sum_{t=1}^T SM_{vt} \times A_{vt}$$

$$JTC = BSP + BKP + BPP + BSV + BKV + BSV$$

Dimana:

*BSP* : total biaya simpan pembeli

*BKP* : total biaya kehabisan persediaan pembeli

*BPP* : total biaya pemesanan pembeli

*BSV* : total biaya simpan pemasok

*BKV* : total biaya kehabisan persediaan pemasok

*PQ* : kuantitas produksi pemasok

*BSV* : total biaya set-up produksi pemasok

*si<sub>t</sub>* : seasonal index for time-*t*

Batasan-batasan yang digunakan agar model optimasi yang terbentuk dapat diselesaikan adalah sebagai berikut:

$$I_{tp} = I_{t-1p} + X1_{t-1p} + X2_{t-1p} - D_{t-1}$$

$$X1_{tp} = a_p \times Q1_{tp}$$

$$X2_{tp} = a_p \times Q2_{tp}$$

### **3.1.2 Penentuan kode solusi untuk diselesaikan dengan algoritma evolusi**

Algoritma evolusi akan mengkodekan solusi yang akan diselesaikan menjadi bentuk kromosom, seperti yang terjadi di AG. Solusi yang akan dicari dalam kasus ini adalah titik pemesanan ulang di setiap pembeli, jumlah pemesanan dari setiap pembeli, titik produksi kembali di setiap pemasok dan jumlah produksi dan yang dikirim setiap pemasok ke setiap pembeli serta porsi pengiriman dari pemasok yang menjadi perusahaan mayor dan yang menjadi perusahaan minor. Sehingga, pengkodean solusi yang akan dipakai adalah  $r_1, DP1, r_2, DP2, r_3, DP3, r_4, DP4, r_5, DP5, tp_1, PQ1, tp_2, PQ2$ .

### **3.1.3 Pengumpulan data**

Data-data yang akan dikumpulkan adalah konfigurasi rantai pasok yang diteliti, distribusi probabilitas permintaan yang terjadi di semua pembeli, biaya pesan, biaya simpan dan keuntungan yang hilang di semua pembeli, inventori awal di semua mata rantai, biaya set-up produksi di semua pemasok, biaya simpan dan keuntungan yang hilang di semua pemasok

### **3.1.4 Pengolahan data**

Model akan dibangun berdasarkan model simulasi menggunakan spreadsheet Microsoft Excel. Setelah model dibangun, kemudian akan digunakan untuk

mengolah data yang telah dikumpulkan. Algoritma evolusi yang akan digunakan adalah yang telah tersedia pada Microsoft Excel.

### **3.1.5 Pembahasan**

Pembahasan akan difokuskan pada keadaan inventori dan kehabisan persediaan yang terjadi di semua mata rantai. Selain itu, pembahasan juga akan difokuskan pada porsi pemenuhan permintaan oleh pemasok yang menjadi perusahaan mayor dan minor, sehingga dapat digunakan sebagai ide manajerial bagi setiap pemasok.

### **3.1.6 Penarikan kesimpulan dan saran**

Kesimpulan akan ditarik untuk menjawab masalah yang telah dirumuskan. Selain itu, saran bagi penelitian selanjutnya juga akan dituliskan untuk melanjutkan penelitian ini.

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Pengumpulan Data

Data-data dalam penelitian ini adalah data-data sekunder yang sudah siap diolah menggunakan model optimasi yang sudah dibangun. Data-data yang diperlukan adalah data-data biaya baik di pembeli dan pemasok serta data distribusi statistik permintaan yang diterima oleh pembeli dari para konsumennya. Adapun data-data biaya yang ada di pembeli adalah seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data-data biaya di semua pembeli

<b>Pembeli</b>	<b>Item</b>	<b>Cost</b>	<b>Dimensi</b>
1	<i>A1</i>	13000	/4 pcs
	<i>h1</i>	50	/unit/hari
	<i><math>\pi</math>1</i>	20000	/unit
2	<i>A2</i>	8000	/4 pcs
	<i>h2</i>	50	/unit/ hari
	<i><math>\pi</math>2</i>	25000	/unit
3	<i>A3</i>	10000	/4 pcs
	<i>h3</i>	50	/unit/ hari
	<i><math>\pi</math>3</i>	25000	/unit
4	<i>A4</i>	8000	/4 pcs
	<i>h4</i>	50	/unit/ hari
	<i><math>\pi</math>4</i>	35000	/unit
5	<i>A5</i>	13000	/4 pcs
	<i>h5</i>	50	/unit/ hari
	<i><math>\pi</math>5</i>	25000	/unit

Data berikutnya yang diambil dalam penelitian ini adalah pola data permintaan yang diterima oleh para pembeli. Data-data permintaan dari konsumen masa lalu telah dikumpulkan sebanyak 60 data (60 hari atau 2 bulan) dan kemudian

diuji dengan modul “distfit” yang ada di bahasa pemrograman *python*. Hasil pengujian adalah seperti yang tertera di Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Data distribusi permintaan di pembeli (buyer)

Pembeli 1	Pembeli 2	Pembeli 3	Pembeli 4	Pembeli 5
Normal(10,2)	Normal(7, 3)	Uniform(7, 18)	Uniform(9, 15)	Normal(15, 5)

Data berikutnya adalah data-data biaya yang terjadi di Pemasok 1 dan Pemasok 2. Tabel 4.3 menunjukkan biaya-biaya yang terjadi di pemasok 1 dan pemasok 2.

Tabel 4.3 Biaya-biaya yang terjadi di pemasok 1 dan pemasok 2

Pemasok	Item	Nilai	Dimensi
1	<i>S1</i>	5700	/10 pcs
	<i>h1</i>	3500	/unit/hari
	<i>π1</i>	5500	/unit
	<i>Leadtime</i>	6	hari
2	<i>S2</i>	5700	/10 pcs
	<i>h2</i>	3500	/unit/hari
	<i>π2</i>	5500	/unit
	<i>Leadtime</i>	3	hari

## 4.2 Pengolahan Data

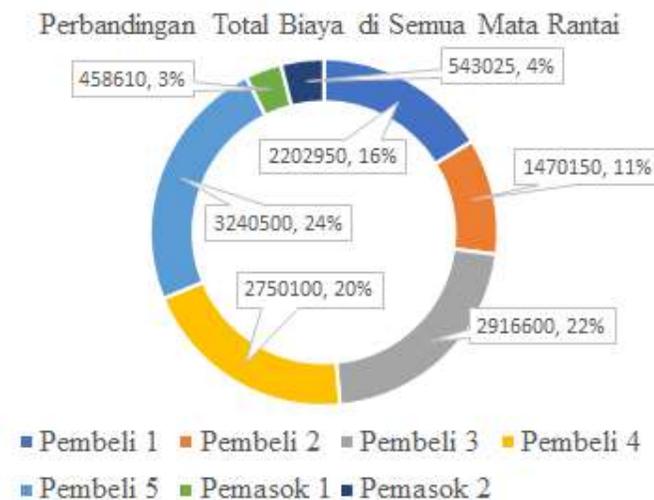
Model yang telah dibangun di Bab 3 kemudian diaplikasikan dalam model *spreadsheet* menggunakan *Microsoft Excel*. Fungsi dalam *Microsoft Excel* yang digunakan untuk mensimulasikan permintaan yang berdistribusi normal dari konsumen adalah “=round(norm.inv(rand(), nilai rata-rata permintaan, standar deviasi permintaan)”. Sedangkan fungsi dalam *Microsoft Excel* yang digunakan untuk mensimulasikan permintaan konsumen yang berdistribusi uniform adalah “=randbetween(batas bawah, batas atas)”. Penyelesaian model menggunakan algoritma evolusi yang ada di *Solver, Microsoft Excel*. Hasil dari optimasi menggunakan algoritma evolusi adalah seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil optimasi menggunakan algoritma evolusi

Pembeli 1		Pembeli 2		Pembeli 3		Pembeli 4	
<i>DP1</i>	<i>r1</i>	<i>DP2</i>	<i>r2</i>	<i>DP3</i>	<i>r3</i>	<i>DP4</i>	<i>r4</i>
20	185	42	167	60	51	75	78
Pembeli 5		Pemasok 1		Pemasok 2		Pengiriman Produk	
<i>DP5</i>	<i>r5</i>	<i>Q1</i>	<i>tp1</i>	<i>Q2</i>	<i>tp2</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
58	86	8	156	195	3	0.527	0.473

Dari Tabel 4.1 di atas, maka dapat diketahui bahwa semua pembeli sebaiknya mempunyai titik pemesanan kembali yang cukup tinggi. Ini bertujuan untuk meminimasi total biaya kehabisan persediaan selama waktu tunggu pemesanan (*ordering lead time*) dengan cara memperbanyak persediaan. Sehingga, permintaan selama masa tunggu pemesanan dapat dipenuhi menggunakan persediaan yang ada. Fenomena yang tidak sama terjadi di pemasok 1 dan pemasok 2. Pada pemasok 1 disarankan untuk mempunyai titik pemesanan kembali yang relatif tinggi yaitu sebanyak 156 unit, sedangkan pada pemasok 2 adalah disarankan membuat persediaan menjadi sedikit yaitu 3 unit.

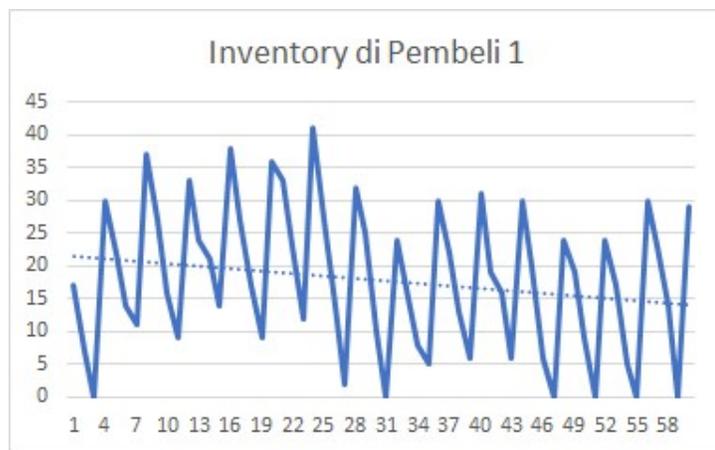
*JTC* dengan solusi seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.4 di atas adalah Rp. 13.581.935,-. Gambar 4.1 menunjukkan prosentase total biaya yang terjadi di setiap mata rantai.



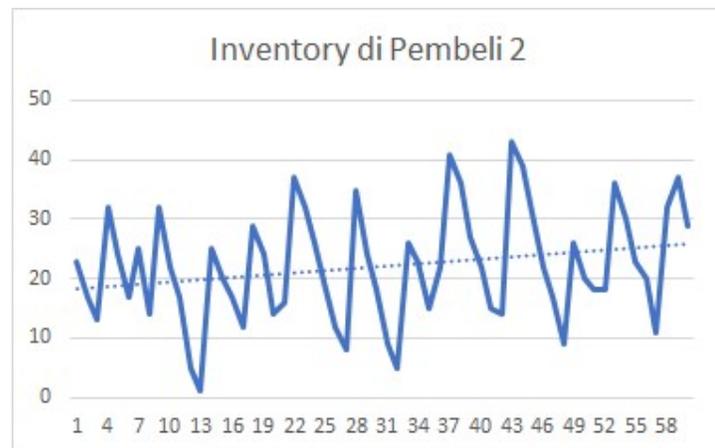
Gambar 4.1 Prosentase total biaya yang terjadi di semua mata rantai

Dari Gambar 4.1 di atas, maka dapat diketahui bahwa porsi terbesar dari total biaya terdapat di Pembeli 5. Porsi total biaya terbesar setelah Pembeli 5 adalah Pembeli 3, sedangkan di semua pemasok, porsi total biaya yang terjadi adalah hampir sama.

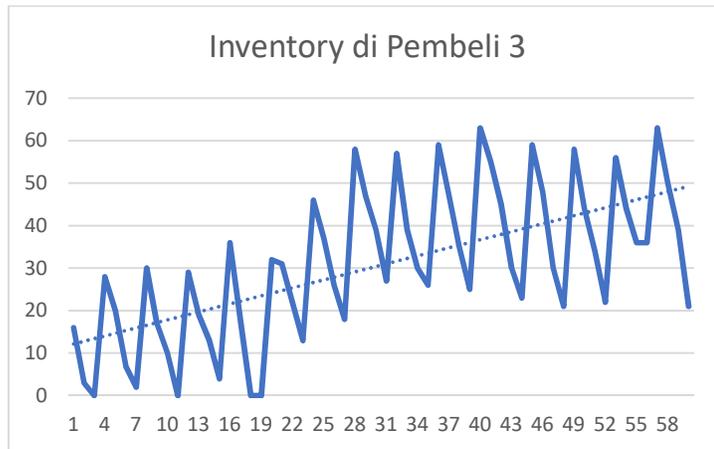
Setelah optimasi dilakukan, dapat dilihat juga grafik kondisi inventory untuk setiap pembeli seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.2 sampai dengan Gambar 4.7.



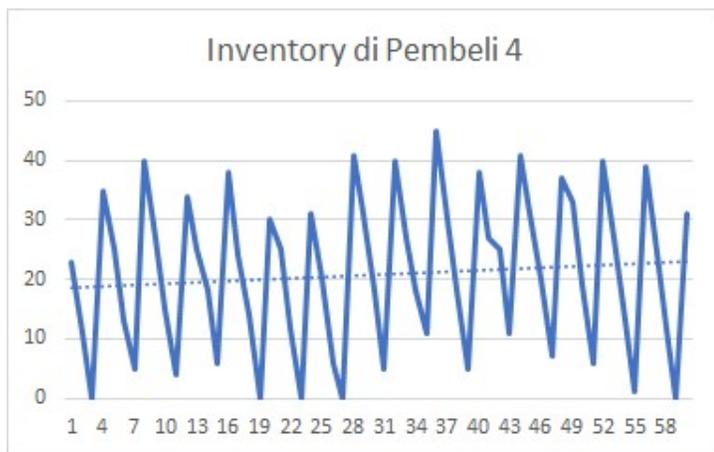
Gambar 4.2. Grafik *inventory* di Pembeli 1



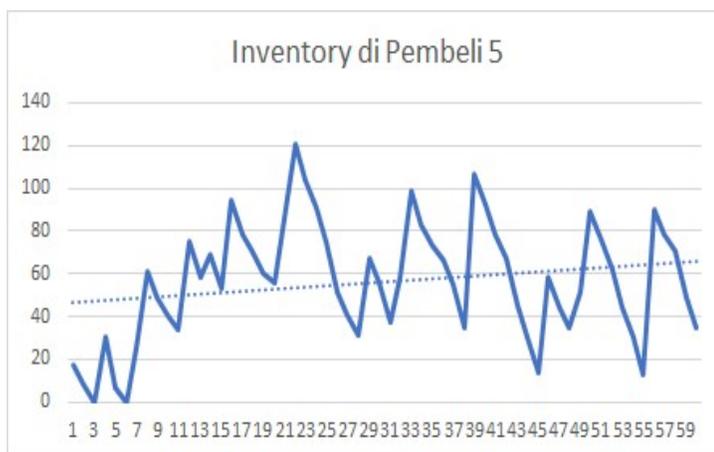
Gambar 4.3. Grafik *inventory* di Pembeli 2



Gambar 4.4. Grafik *inventory* di Pembeli 3



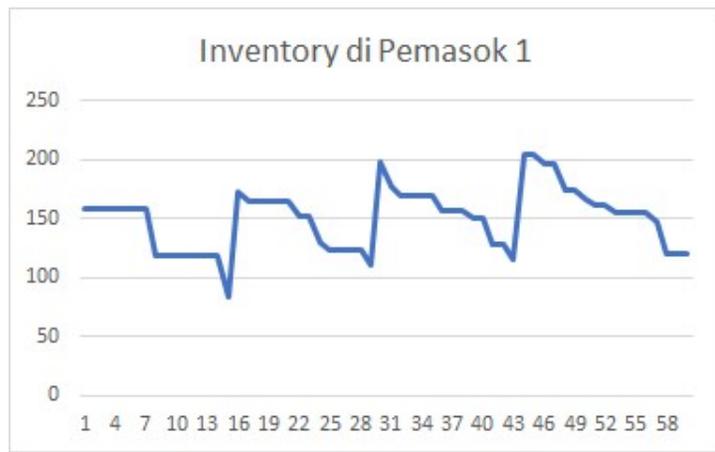
Gambar 4.5. Grafik *inventory* di Pembeli 4



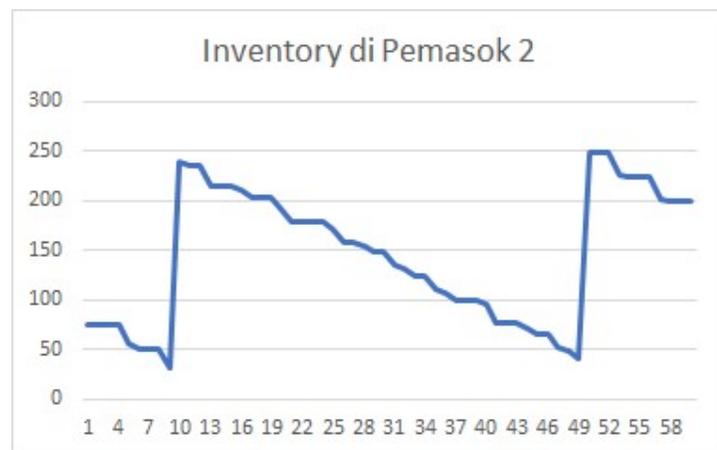
Gambar 4.5. Grafik *inventory* di Pembeli 5

Dari grafik inventory di setiap pembeli, dapat diketahui bahwa semua pembeli mengalami inventory yang sangat berfluktuasi untuk mengantisipasi permintaan yang tidak pasti. Namun demikian, hanya ada 1 pembeli yang mengalami pola permintaan dengan trend positif (naik) yang cukup tinggi, yaitu Pembeli 3. Ini disebabkan karena pola permintaan yang dialami Pembeli 3 adalah yang paling berfluktuasi, yaitu berdistribusi  $Uniform(7, 18)$ , dibandingkan dengan pembeli lainnya.

Hasil pengolahan data berikutnya adalah pola inventory yang terjadi di kedua pemasok, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Grafik inventory di Pemasok 1



Gambar 4.7 Grafik inventory di Pemasok 2

Dari grafik inventory di kedua pembeli, terlihat bahwa kedua pemasok memiliki inventory yang cukup stabil. Namun demikian, Pemasok 2 yang saat ini menjadi pemasok minor, bukan utama, akan tetapi mulai memiliki inventory yang relatif lebih tinggi dibandingkan Pemasok 1 yang menjadi pemasok mayor. Ini disebabkan karena *leadtime* pemenuhan permintaan yang lebih pendek dibandingkan dengan Pemasok 1, sehingga selama periode simulasi, Pemasok 2 akan menerima pesanan yang lebih banyak dari konsumen.

Selain itu, fluktuasi permintaan dari para pembeli cukup tinggi, sehingga membuat Pemasok 2 yang mempunyai *leadtime* yang lebih pendek memerlukan proteksi inventory yang lebih tinggi. Ini dapat dilihat dari grafik di Gambar 4.7 yang setiap siklus inventorynya menunjukkan kuantitas yang cukup tinggi. Inventory yang tinggi dapat ditekan dengan menaikkan titik pemesanan kembali, namun itu akan menjadi keputusan yang memudahkan dalam mengendalikan inventory namun dengan total biaya yang tidak optimum.

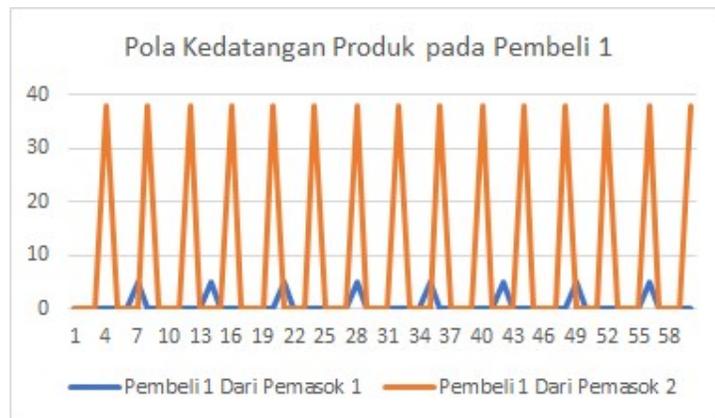
## BAB V

### 4. PEMBAHASAN

Pembahasan diarahkan kepada konfirmasi hasil pemodelan dengan kondisi nyata yang terjadi, serta terjadinya kehabisan persediaan dan juga porsi pemenuhan permintaan oleh Pemasok 1 dan Pemasok 2

#### 4.1. Konformasi Hasil Pemodelan dengan Kondisi Nyata

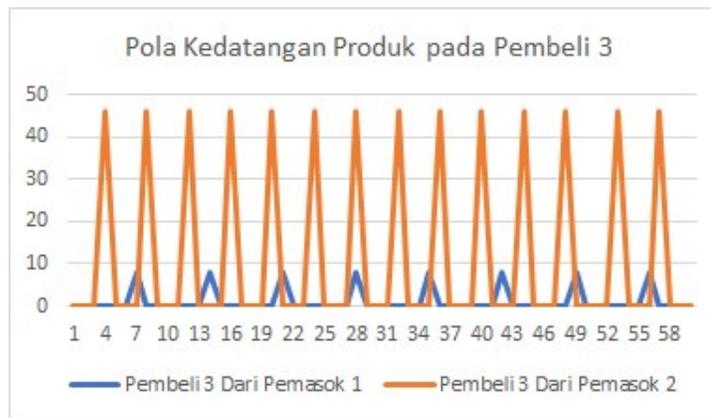
Untuk mengetahui perilaku dari sistem simulasi yang dibangun dengan *spreadsheet* apakah sudah mewakili *leadtime* produksi dari masing-masing pemasok, maka perlu digambarkan pola kedatangan produk yang dipesan oleh setiap pembeli, yang seperti ditunjukkan oleh Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.5 di bawah ini.



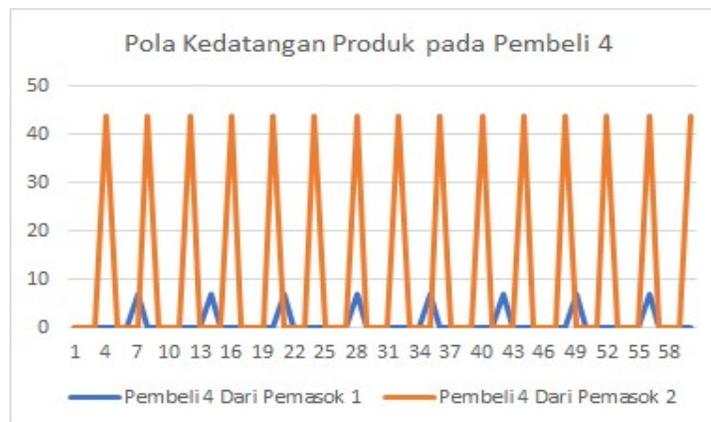
Gambar 5.1 Pola penerimaan pesanan oleh Pembeli 1 dari semua pemasok



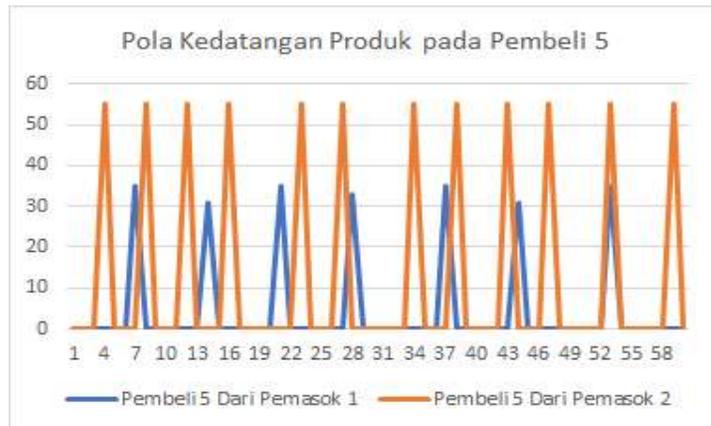
Gambar 5.2 Pola penerimaan pesanan oleh Pembeli 2 dari semua pemasok



Gambar 5.3 Pola penerimaan pesanan oleh Pembeli 3 dari semua pemasok



Gambar 5.4 Pola penerimaan pesanan oleh Pembeli 4 dari semua pemasok



Gambar 5.5 Pola penerimaan pesanan oleh Pembeli 5 dari semua pemasok

Dari grafik pola penerimaan semua pembeli, dapat diketahui bahwa sistem optimasi yang dibangun menggunakan model simulasi dalam *spreadsheet* adalah sesuai dengan kondisi sebenarnya, yang ditunjukkan oleh penerimaan produk oleh pembeli yang sesuai dengan *leadtime* produksi dari setiap pemasok.

#### 4.2. Analisis Terhadap Terjadinya Kehabisan Persediaan

Salah satu yang menyebabkan total cost yang masih cukup tinggi untuk semua mata rantai adalah karena biaya kehabisan persediaan yang diukur dari profit per unit produk yang hilang dan itu cukup tinggi. Hasil optimasi yang dilakukan menggunakan algoritma evolusi hanya berlaku setelah inventory awal di semua pembeli telah habis. Ini disebabkan karena inventory awal di semua pembeli telah diketahui sebelumnya karena ini merupakan hasil keputusan dari perencanaan sebelumnya yang dilakukan oleh perusahaan.

Dari hasil pemodelan, diketahui bahwa inventory awal di semua pembeli termasuk cukup rendah, sehingga biasanya kehabisan persediaan terjadi di awal periode perencanaan. Pembeli 3 mempunyai pola permintaan yang paling berfluktuatif, sehingga mengalami biaya kehabisan persediaan yang paling besar. Gambar 5.1 berikut menyajikan prosentase biaya kehabisan persediaan di semua pembeli.



Gambar 5.1 Proporsi total biaya kehabisan persediaan di semua pembeli

Dari Gambar 5.1 di atas terlihat bahwa proporsi total biaya kehabisan persediaan tertinggi adalah Pembeli 3 yaitu setinggi 43%. Masalah ini dapat diselesaikan dengan mengaplikasikan hasil optimasi untuk inventory awal berikutnya.

#### 4.3. Analisis Terhadap Terjadinya Proporsi Pemenuhan Permintaan Semua Pemasok

Hasil optimasi menggunakan teori permainan Stackelberg menunjukkan bahwa proporsi pemenuhan permintaan oleh Pemasok 1 dan Pemasok 2 adalah 62.85% dan 37.15%. Namun demikian, sebenarnya Pemasok 2 telah menunjukkan peran pasokan yang cukup tinggi karena mempunyai leadtime pengiriman produk yang lebih pendek dibandingkan Pemasok 1. Hal ini dapat memberikan masukan kepada pihak manjerial, bahwa pemendekan leadtime akan berdampak pada peningkatan proporsi pemenuhan permintaan yang dapat juga meningkatkan profit.

## BAB VI

### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah

- a. Model optimasi dari rantai pasok yang diteliti dapat dibangun dengan mengidentifikasi terlebih dahulu biaya-biaya yang terjadi di setiap rantai. Kemudian dilanjutkan dengan menyusun setiap komponen biaya dan variabel serta parameter yang terlibat dalam penyusunan total biaya di setiap mata rantai. Dalam penelitian ini, teori permainan *Stackelberg* telah diubah menjadi model optimasi, dengan variabel keputusannya adalah proporsi pemenuhan permintaan oleh setiap pemasok. Ini berbeda dengan teori permainan *Stackelberg* konvensional yang akan mencari nilai proporsi pemenuhan permintaan setiap pemasok secara iteratif sampai tercapai kondisi yang *steady-state*.
- b. Algoritma evolusi memerlukan batas atas dan batas bawah untuk semua variabel keputusan yang akan dioptimasi. Dalam penelitian ini, batas bawah semua variabel digunakan nilai 0 karena berhubungan dengan jumlah pesanan dan jumlah produksi yang tidak mungkin negatif. Batas atas ditentukan dengan cara diperkirakan suatu nilai yang tidak mungkin tercapai karena data masa lalu semua mata rantai memang menunjukkan tidak pernah mencapai nilai tersebut. Perkiraan hipotetis dilakukan karena tidak ada metode formal yang dapat digunakan untuk menentukan batas atas variabel keputusan tanpa diketahui parameter yang terlibat.

## **5.2. Saran**

Saran untuk penelitian berikutnya adalah:

- a. Mempertimbangkan leadtime pengiriman yang probabilistic untuk semua mata ranti. Hal ini sangat mungkin terjadi karena situasi bisnis saat ini yang semakin bersaing.
- b. Melibatkan variabel inventory awal sebagai variabel keputusan untuk menghindari total biaya kekurangan persediaan yang relatif tinggi.
- c. Membangun model inventory menggunakan konsep vendor-managed inventory (VMI) yang saat ini sangat mungkin dilakukan dengan dukungan teknologi untuk memonitor inventory semua pembeli.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelsalam, H.M. and Elassal, M.M. 2014. Joint economic lot sizing problem for a three-Layer supply chain with stochastic demand. *Int. J. Production Economics*, vol. 155, 272–283.
- Babaeinesami, A., Ghasemi, P., Abolghasemian, M. and Chobar, A.P. 2023. A Stackelberg game for closed-loop supply chains under uncertainty with genetic algorithm and gray wolf optimization. *Supply Chain Analytics*, vol. 4, 1-16.
- Cao, B.B., You, T.H. Ou, C.X.J., Zhu, H. and Liu, C.Y. 2022. Optimizing payment schemes in a decentralized supply chain: A Stackelberg game with quality investment and bank credit. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 168, 1-124.
- Fathi, M., Khakifirooz, M., Diabat, A. and Chen, H. 2021. An integrated queuing-stochastic optimization hybrid Genetic Algorithm for a location-inventory supply chain network. *Int. J. Production Economics*, vol. 237, 1-13.
- Jin, Q., Wu, Y., Zeng, Y.L. and Zhang, L. 2023. Population monotonic allocation schemes for the two-period economic lot-sizing games. *Operations Research Letters*, vol. 51 no. 3, 296-303.
- Khanlarzade, N. and Farughi, H. 2024. Modeling the Stackelberg game with a boundedly rational follower in deterioration supply chain-based interaction with the leader's hybrid pricing strategy. *Expert Systems with Applications*, vol. 237, 1-17.
- Marchi, B., Ries, J.M., Zanoni, S. and Glock, C.H. 2016. A joint economic lot size model with financial collaboration and uncertain investment opportunity. *Int. J. Production Economics*, vol. 176, 170-182.
- Nezamoddini, N. Gholami, A. and Aqlan, F. 2020. A risk-based optimization framework for integrated supply chains using genetic algorithm and artificial neural networks. *Int. J. Production Economics*, vol. 225, 1-12.
- Pakseresht, M., Mahdavi, I., Shirazi, B. and Mahdavi-Amiri, N. 2020. Co-reconfiguration of product family and supply chain using leader–follower

Stackelberg game theory: Bi-level multi-objective optimization. *Applied Soft Computing Journal*, vol. 91, 1-16.

Rostami, A., Paydar, M.M. and Asadi-Gangraj, E. 2020. A hybrid genetic algorithm for integrating virtual cellular manufacturing with supply chain management considering new product development. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 145, 1-11.

Sarakhsi, M.K., Ghomi, S.M.T.F. and Karimi, B. 2016. A new hybrid algorithm of scatter search and Nelder–Mead algorithms to optimize joint economic lot sizing problem. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, vol. 292, 387-401.

Sari, D.P., Rusdiansyah, A. and Huang, L. 2012. Models of Joint Economic Lot-sizing Problem with Time-based Temporary Price Discounts. *Int. J. Production Economics*, vol. 139, 145-154.

Tang, S., Wang, W. and Zhou, G. 2020. Remanufacturing in a competitive market: A closed-loop supply chain in a Stackelberg game framework. *Expert Systems with Applications*, vol. 161, 1-14.

Wang, K.M., Wang, K.J. and Chen, C.C. 2022. Capacitated production planning by parallel genetic algorithm for a multi-echelon and multi-site TFT-LCD panel manufacturing supply chain. *Applied Soft Computing*, vol. 127, 1-13.

Wu, C., Liu, X. and Li, A. 2021. A loss-averse retailer–supplier supply chain model under trade credit in a supplier-Stackelberg game. *Mathematics and Computers in Simulation*, vol. 182, 353-365.