

**OPTIMASI UKURAN LOT PADA SISTEM RANTAI PASOK
MULTI ESELON DENGAN *REACTIVE LATERAL*
*TRANSSHIPMENT***

(Studi Kasus: UMKM Batik X Yogyakarta)

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Ichsan Dio Rinaldi
No. Mahasiswa : 19 522 131

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

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 13 September 2023



(Ichsan Dio Rinaldi)

19522131

SURAT BUKTI PENELITIAN



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4100, 4101
F. (0274) 895007
E. fti@uii.ac.id
W. fti.uui.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor : 252/Ka.Lab.Datmin/70/Lab.Datmin/IX/2023

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Kami yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa mahasiswa dengan keterangan sebagai berikut :

Nama : Ichsan Dio Rinaldi

No. Mhs : 19522131

Dosen Pembimbing : Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

Telah selesai melaksanakan penelitian yang berjudul "Optimasi Ukuran Lot Pada Sistem Rantai Pasok Multi Eselon Dengan Reactive Lateral Transshipment" di Laboratorium Data Mining, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia tercatat mulai tanggal 17Juli sampai dengan tanggal 16 Agustus 2023.

Demikian surat keterangan kami keluarkan, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 14 September 2023

Kepala Laboratorium
Data Mining

Annisa Uswatun Khasanah, ST., M.B.A., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

OPTIMASI UKURAN LOT PADA SISTEM RANTAI PASOK
MULTI ESELON DENGAN *REACTIVE LATERAL*
TRANSSHIPMENT

(Studi Kasus: UMKM Batik X Yogyakarta)



Dosen Pembimbing

(Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**OPTIMASI UKURAN LOT PADA SISTEM RANTAI PASOK MULTI ESELON
DENGAN *REACTIVE LATERAL TRANSshipment*
(Studi Kasus: UMKM Batik X Yogyakarta)**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

**Nama : Ichsan Dio Rinaldi
No. Mahasiswa : 19 522 131**

**Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 30 - 09 - 2023**

Tim Penguji

Ir. Muhammad Ridwan Andi P., S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.
Ketua

Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc.
Anggota I

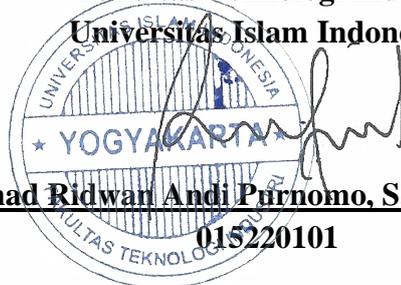
Dian Janari, S.T., M.T.
Anggota II



Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.
015220101



HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua dan saudara tercinta yang selalu mendoakan, memberikan motivasi, serta memberikan jasa yang tak terbalaskan bagi kehidupan saya, serta rekan seperjuangan kuliah yang selalu memotivasi.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S. Al-Baqarah, 2:286)

“Dan bersabarlah. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”

(Q.S. Al-Anfal, 8:46)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Optimasi Ukuran Lot Pada Sistem Rantai Pasok Multi Eselon Dengan Reactive Lateral Transshipment**”. Penyusunan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, serta kerja sama dari berbagai pihak dan ridho dari Allah SWT sehingga kendala-kendala yang penulis hadapi dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, ilmu, petunjuk, nasehat, motivasi, dan dorongan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Kedua orang tua tercinta, ayahanda Mochammad Arief Rachmad Dani dan Ibunda saya Nisfi Minsyahri yang telah menjadi sosok paling berpengaruh dalam hidup penulis yang selalu memberikan doa, nasehat, motivasi, dukungan, kasih sayang, perhatian dan cinta yang tak terhingga kepada penulis dalam menempuh pendidikan.

5. Saudara kandung penulis Irfan Bachri Ariyanto, S. Kom dan Annisa Tri Wulandari yang telah banyak memberikan bantuan serta dukungan untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Sahabat seperjuangan kuliah dari Balikpapan terkhusus untuk Tiara Dwi Utami, Luthfi Sukriansyah Fitra, S. Kom dan Jasmine Erina Firdaus.
7. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Industri 2019, atas segala bantuan dan kerjasamanya. Terkhusus untuk Ori, Rizha, Imam, Qowi, Majiid, Kevin, Daffa, Wira, Tiara, dan Gadis yang selalu memberikan dukungan dan banyak membantu penulis.
8. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Industri terkhusus untuk pengurus inti HMTI dan Bidang Rumah Tangga Periode 2021/2022 yang selalu memberikan dukungan dan membantu penulis berprogress dalam bidang akademik maupun non-akademik selama masa perkuliahan.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan Tugas Akhir.

Yogyakarta, 09 September 2023



Ichsan Dio Rinaldi

ABSTRAK

UMKM merupakan salah satu bagian dari perekonomian Indonesia yang independen dan memiliki potensi yang besar dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Terdapat berbagai macam bidang UMKM yang ada di Indonesia salah satunya yaitu sektor industri batik, salah satu provinsi di Indonesia dengan penyumbang batik terbesar yaitu pada provinsi DI Yogyakarta yang di mana berdasarkan data dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan (2020) pada tahun 2019 terdapat 1.195 UMKM serta memiliki nilai produksi mencapai Rp 300 miliar. UMKM Batik X Yogyakarta yang merupakan salah satu UMKM penghasil batik di DI Yogyakarta diharuskan untuk memiliki strategi agar tetap dapat bersaing dengan UMKM batik lainnya, strategi yang dapat dilakukan yaitu dengan memperhatikan *supply chain management* terutama pada aspek pengelolaan manajemen persediaan yang baik antara pemasok dan pembeli. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi ukuran lot dan total biaya gabungan menggunakan model JELS dengan mempertimbangkan *reactive lateral transshipment* yang merupakan kondisi di mana pembeli dapat melakukan pemesanan antar pembeli. Model JELS memungkinkan pembeli melakukan optimasi ukuran lot pemesanan dan pemasok melakukan optimasi ukuran lot produksi sehingga dapat meminimasi total biaya gabungan. Optimasi dilakukan dengan menggunakan *Solver Evolutionary* pada *Microsoft Excel*, pada penelitian ini akan membandingkan 2 jenis model yaitu model tanpa koordinasi yang merupakan kondisi di mana optimasi dilakukan secara masing-masing antara pembeli dan pemasok, sedangkan model dengan koordinasi merupakan kondisi di mana optimasi dilakukan secara terintegrasi. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh jumlah lot ukuran optimal terdapat pada model dengan koordinasi dengan biaya total gabungan sebesar Rp.1.232.404.600,00, sedangkan pada model tanpa koordinasi sebesar Rp.1.280.191.700,00. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model dengan koordinasi mengalami penghematan sebesar Rp.47.787.100,00 atau sebesar 14.37%.

Kata Kunci: *Joint Economic Lot Size*, Manajemen Persediaan, *Transshipment*, Optimasi Ukuran Lot

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Kajian Literatur.....	8
2.2 <i>Research Gap</i>	14
2.3 Landasan Teori	15
2.3.1 <i>Supply Chain</i>	15
2.3.2 <i>Supply Chain Management</i>	15
2.3.3 Eselon dalam <i>Supply Chain Management</i>	17
2.3.4 Manajemen Persediaan.....	17
2.3.5 Fungsi Persediaan.....	20
2.3.6 Metode Pengendalian Persediaan.....	21

2.3.7	Model Ukuran Lot Ekonomis Gabungan (<i>Joint Economic Lot Size</i>)....	22
2.3.8	Model <i>Transshipment</i>	24
2.3.9	Produksi Tidak Sempurna (<i>Imperfect Production</i>).....	24
2.3.10	Algoritma Evolusi (<i>Evolutionary Algorithm</i>).....	24
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Objek dan Subjek Penelitian	27
3.2	Jenis Data Penelitian	27
3.3	Alur Penelitian.....	28
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		32
4.1	Pengumpulan Data.....	32
4.2	Deskripsi Sistem	33
4.3	Komponen Model	35
4.3.1	Notasi Model.....	35
4.3.2	Variabel Keputusan dan Kriteria Performansi.....	36
4.3.3	Asumsi dan Batas Model.....	36
4.4	Pengembangan Formulasi Model Matematika	37
4.4.1	Fungsi Tujuan	37
4.4.2	Total Biaya Pembeli (TC_b)	37
4.4.3	Total Biaya Pemasok (TC_v).....	39
4.4.4	Total Biaya Gabungan (JTC).....	41
4.5	Algoritma Model Pemecah Solusi	41
4.5.1	Model Tanpa Koordinasi	42
4.5.2	Model Dengan Koordinasi.....	45
4.6	Validasi Model	47
4.6.1	Validasi Probabilitas Produk Cacat.....	49
4.7	Pengolahan Data	53
4.7.1	Contoh Perhitungan Model Tanpa Koordinasi	53
4.7.2	Contoh Perhitungan Model Dengan Koordinasi.....	64
4.7.3	Rangkuman Perhitungan Model Tanpa Koordinasi.....	67
4.7.4	Rangkuman Perhitungan Model Dengan Koordinasi.....	80
BAB V PEMBAHASAN		86
5.1	Analisis Perbandingan Variabel Keputusan	86

5.2	Analisis Perbandingan Total Biaya Pembeli.....	89
5.3	Analisis Perbandingan Total Biaya Pemasok.....	91
5.4	Analisis Perbandingan Total Biaya Gabungan.....	91
BAB VI PENUTUP		94
6.1	Kesimpulan.....	94
6.2	Saran	94
DAFTAR PUSTAKA		96
LAMPIRAN		A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Research Gap</i>	14
Tabel 4. 1 Data Biaya-Biaya Pemasok dan Pembeli	32
Tabel 4. 2 Data Biaya Pemesanan Antar Pembeli	33
Tabel 4. 3 Langkah-langkah Perhitungan Model Tanpa Koordinasi Pembeli	42
Tabel 4. 4 Langkah-langkah Perhitungan Model Tanpa Koordinasi Pemasok	43
Tabel 4. 5 Langkah-langkah Perhitungan Model Dengan Koordinasi	45
Tabel 4. 6 Validasi Model	47
Tabel 4. 7 Data Permintaan <i>Buyer 1</i> pada Produk Batik 1	53
Tabel 4. 8 Data Permintaan <i>Buyer 2</i> ke <i>Buyer 1</i>	54
Tabel 4. 9 Data Permintaan <i>Buyer 3</i> ke <i>Buyer 1</i>	55
Tabel 4. 10 Data <i>Buyer 1</i> pada Produk Batik 1	56
Tabel 4. 11 Hasil Model Simulasi Perhitungan <i>Buyer 1</i> pada Produk Batik 1	56
Tabel 4. 12 Hasil Optimasi <i>Buyer 1</i> pada Produk Batik 1	58
Tabel 4. 13 Data Pemasok pada Produk 1	60
Tabel 4. 14 Hasil Model Simulasi Perhitungan Pemasok pada Produk Batik 1	60
Tabel 4. 15 Hasil Optimasi Pemasok pada Produk Batik 1	62
Tabel 4. 16 Hasil Optimasi Pembeli Menggunakan Model Dengan Koordinasi	64
Tabel 4. 17 Hasil Optimasi Pemasok Menggunakan Model Dengan Koordinasi	64
Tabel 4. 18 Hasil Optimasi Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 1	68
Tabel 4. 19 Hasil Total Biaya Persediaan Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 1	68
Tabel 4. 20 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 1	68
Tabel 4. 21 Hasil Total Biaya Pemesanan Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 1	68
Tabel 4. 22 Hasil Total Biaya Pemesanan Antar <i>Buyer</i> pada Produk Batik 1	69
Tabel 4. 23 Hasil Total Biaya Keseluruhan <i>Buyer</i> pada Produk Batik 1	69
Tabel 4. 24 Total Biaya Persediaan Pemasok pada Produk Batik 1	69
Tabel 4. 25 Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok pada Produk Batik 1	69
Tabel 4. 26 Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok pada Produk Batik 1	69

Tabel 4. 27 Total Biaya <i>Rework</i> Pemasok pada Produk Batik 1	70
Tabel 4. 28 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 1	70
Tabel 4. 29 Hasil Optimasi Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 2.....	70
Tabel 4. 30 Hasil Total Biaya Persediaan Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 2.....	70
Tabel 4. 31 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 2.....	71
Tabel 4. 32 Hasil Total Biaya Pemesanan Pada Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 2.....	71
Tabel 4. 33 Hasil Total Biaya Pemesanan Antar <i>Buyer</i>	71
Tabel 4. 34 Hasil Total Biaya Keseluruhan <i>Buyer</i> pada Produk Batik 2.....	71
Tabel 4. 35 Hasil Total Biaya Persediaan Pemasok pada Produk Batik 2.....	72
Tabel 4. 36 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok pada Produk Batik 2.....	72
Tabel 4. 37 Hasil Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok pada Produk Batik 2.....	72
Tabel 4. 38 Hasil Total Biaya <i>Rework</i> Pemasok pada Produk Batik 2.....	72
Tabel 4. 39 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 2.....	72
Tabel 4. 40 Hasil Optimasi Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 3.....	73
Tabel 4. 41 Hasil Total Biaya Persediaan Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 3.....	73
Tabel 4. 42 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 3.....	73
Tabel 4. 43 Hasil Total Biaya Pemesanan Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 3.....	74
Tabel 4. 44 Hasil Total Biaya Pemesanan Antar <i>Buyer</i> pada Produk Batik 3.....	74
Tabel 4. 45 Hasil Total Biaya Keseluruhan <i>Buyer</i> pada Produk Batik 3.....	74
Tabel 4. 46 Hasil Total Biaya Persediaan Pemasok pada Produk Batik 3.....	74
Tabel 4. 47 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok pada Produk Batik 3.....	75
Tabel 4. 48 Hasil Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok pada Produk Batik 3.....	75
Tabel 4. 49 Hasil Total Biaya <i>Rework</i> Pemasok pada Produk Batik 3.....	75
Tabel 4. 50 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 3.....	75
Tabel 4. 51 Hasil Optimasi Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 4.....	75
Tabel 4. 52 Hasil Total Biaya Persediaan Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 4.....	76
Tabel 4. 53 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 4.....	76
Tabel 4. 54 Hasil Total Biaya Pemesanan Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 4.....	76
Tabel 4. 55 Hasil Total Biaya Pemesanan Antar <i>Buyer</i> pada Produk Batik 4.....	76
Tabel 4. 56 Hasil Total Biaya Keseluruhan <i>Buyer</i> pada Produk Batik 4.....	77

Tabel 4. 57 Hasil Total Biaya Persediaan Pemasok pada Produk Batik 4	77
Tabel 4. 58 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok pada Produk Batik 4	77
Tabel 4. 59 Hasil Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok pada Produk Batik 4	77
Tabel 4. 60 Hasil Total Biaya <i>Rework</i> Pemasok pada Produk Batik 4	77
Tabel 4. 61 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 4	78
Tabel 4. 62 Hasil Optimasi Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 5	78
Tabel 4. 63 Hasil Total Biaya Persediaan Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 5	78
Tabel 4. 64 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 5	78
Tabel 4. 65 Hasil Total Biaya Pemesanan Semua <i>Buyer</i> pada Produk Batik 5	79
Tabel 4. 66 Hasil Total Biaya Pemesanan Antar <i>Buyer</i> pada Produk Batik 5	79
Tabel 4. 67 Hasil Total Biaya Keseluruhan <i>Buyer</i> pada Produk Batik 5	79
Tabel 4. 68 Hasil Total Biaya Persediaan Pemasok pada Produk Batik 5	80
Tabel 4. 69 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok pada Produk Batik 5	80
Tabel 4. 70 Hasil Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok pada Produk Batik 5	80
Tabel 4. 71 Hasil Total Biaya <i>Rework</i> Pemasok pada Produk Batik 5	80
Tabel 4. 72 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 5	80
Tabel 4. 73 Hasil Total Biaya <i>Buyer</i> pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 1 .	81
Tabel 4. 74 Hasil Total Biaya Pemasok pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 1	81
Tabel 4. 75 Hasil Total Biaya Gabungan Produk Batik 1	81
Tabel 4. 76 Hasil Total Biaya <i>Buyer</i> pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 2 .	82
Tabel 4. 77 Hasil Total Biaya Pemasok pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 2	82
Tabel 4. 78 Hasil Total Biaya Gabungan Produk Batik 2	82
Tabel 4. 79 Hasil Total Biaya <i>Buyer</i> pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 3 .	83
Tabel 4. 80 Hasil Total Biaya Pemasok pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 3	83
Tabel 4. 81 Hasil Total Biaya Gabungan Produk Batik 3	83
Tabel 4. 82 Hasil Total Biaya <i>Buyer</i> pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 4 .	84

Tabel 4. 83 Hasil Total Biaya Pemasok pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 4	84
Tabel 4. 84 Hasil Total Biaya Gabungan Produk Batik 4	84
Tabel 4. 85 Hasil Total Biaya <i>Buyer</i> pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 5 .	85
Tabel 4. 86 Hasil Total Biaya Pemasok pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 5	85
Tabel 4. 87 Hasil Total Biaya Gabungan Produk Batik 5	85
Tabel 5. 1 Hasil Perbandingan Variabel Keputusan <i>Buyer</i> Antara Kedua Model	86
Tabel 5. 2 Hasil Perbandingan Variabel Keputusan Pemasok Antara Kedua Model.....	88
Tabel 5. 3 Hasil Perbandingan Total Biaya Pembeli	89
Tabel 5. 4 Hasil Total Penjumlahan Biaya Pembeli Pada Setiap Produk Batik.....	90
Tabel 5. 5 Hasil Perbandingan Total Biaya Pemasok.....	91
Tabel 5. 6 Hasil Perbandingan Total Biaya Gabungan	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Algoritma <i>Evolutionary</i>	25
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	28
Gambar 4. 1 <i>Business Process</i> UMKM Batik X Yogyakarta	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

UMKM merupakan salah satu bagian dari perekonomian Indonesia yang independen dan memiliki potensi yang besar dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat dari segi ekonomi dilihat dari tiga peranan UMKM terhadap perekonomian Indonesia meliputi sebagai sarana pemerataan ekonomi rakyat kecil, sarana mengentaskan kemiskinan dan sarana pemasukan devisa negara. Berdasarkan data dari Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah (2022) pada tahun 2021, terdapat jumlah UMKM di Indonesia sebanyak 64,2 juta dengan kontribusi terhadap produk domestik bruto (PDB) mencapai 61,07% atau sekitar Rp. 8.573,89 triliun. Kemudian UMKM juga dapat menyerap sebesar 97% dari total tenaga kerja dan mampu menghimpun hingga 60,4% dari total investasi di Indonesia.

Terdapat berbagai macam sektor UMKM di Indonesia, sektor industri batik menjadi salah satunya. Berdasarkan data Dinas Perindustrian dan Perdagangan (2020) pada tahun 2019 terdapat 1.195 UMKM batik di Daerah Istimewa Yogyakarta. Dari jumlah tersebut UMKM batik di Daerah Istimewa Yogyakarta dapat menyerap hingga 5.771 tenaga kerja serta memiliki nilai produksi mencapai Rp300 miliar. Sebagai salah satu provinsi dengan produksi batik terbesar di Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki peran penting dalam pertumbuhan ekonomi negara, namun juga menghadirkan sejumlah tantangan yang harus diatasi oleh pelaku UMKM batik agar dapat bersaing. Oleh karena itu, pelaku UMKM batik harus aktif mencari solusi guna meningkatkan kompetisi dan daya saing mereka.

Menurut Makalew *et al* (2019) salah satu aspek yang mendukung adalah dengan mengelola *Supply Chain Management* untuk meningkatkan kompetisi dan daya saing suatu usaha. *Supply Chain Management* sendiri merupakan suatu manajemen aliran bahan baku yang terintegrasi penuh yang terdiri dari pemasok bahan baku ke produksi, persediaan dan transportasi ke pengguna akhir (Tantra Wijaya & Melinda, 2023). Tujuan

dari penerapan *Supply Chain Management* adalah untuk memaksimalkan nilai keseluruhan yang dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan dan permintaan konsumen serta juga untuk meminimalkan keseluruhan biaya meliputi biaya pemesanan, penyimpanan, dan transportasi (Nabila et al., 2022). Sehingga tanpa adanya *Supply Chain Management* yang jelas akan mengakibatkan tidak teraturnya alur produksi sehingga mempengaruhi dari proses akhir produk dan berdampak pada penjualan yang tidak dapat terpenuhi, dengan tidak terpenuhinya penjualan maka suatu perusahaan atau bisnis tidak dapat berjalan dengan baik (Rozy et al., 2022).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Lutfiana & Puspitosari (2020) yang melakukan penelitian pada UMKM Jazid Bastomi Batik yang merupakan salah satu UMKM penghasil batik, terdapat permasalahan dalam *supply chain management* yaitu dari segi pengelolaan manajemen persediaan yang belum optimal, hal ini ditunjukkan dengan tingginya permintaan dari konsumen namun persediaan yang dimiliki UMKM belum dapat memenuhi permintaan konsumen. Berdasarkan permasalahan di atas dilihat bahwa manajemen persediaan pada sebuah usaha atau bisnis sangatlah penting untuk diterapkan. Terdapat beberapa hal penting yang dapat dipertimbangkan dalam manajemen persediaan yaitu ketepatan persediaan yang berupa jumlah ukuran (*lot*) pemesanan dan jumlah ukuran (*lot*) produksi (Yuniar & Wangsaputra, 2018).

Dalam manajemen persediaan konvensional, permasalahan persediaan pada pamanufaktur dan pembeli ditangani secara individual. Masing-masing eselon pamanufaktur dan pembeli memiliki kebijakan masing-masing dalam melakukan pengendalian persediaan. Eselon pamanufaktur akan melakukan produksi secara massal setiap hari untuk mendapatkan biaya produksi yang ekonomis, namun hal tersebut dapat menyebabkan kondisi gudang pada eselon manufaktur seringkali mengalami penumpukan. Di sisi lain jika permintaan dari eselon pembeli sedang tinggi, maka dapat menimbulkan kekurangan pada eselon manufaktur sehingga pembeli harus menunggu pesanan di periode yang akan datang (*backorder*) (Heryanto et al., 2019). Oleh sebab itu, penentuan *lot* seharusnya memperhatikan kepentingan dari kedua pihak agar meminimasi

total biaya persediaan gabungan dalam suatu rantai pasok. Pada rantai pasok dalam penentuan *lot sizing* yang melibatkan beberapa pihak dikenal dengan istilah *Joint Economic Lot Size* (JELS) (Agustian & Dahda, 2022). Model *Joint Economic Lot Size* (JELS) pertama kali diteliti dan dikembangkan oleh Goyal (1976) yang di mana beliau menyatakan bahwa dengan memperhitungkan ukuran lot yang ekonomis dapat memperkecil biaya rantai pasok secara signifikan. Namun model tersebut kemudian dikembangkan kembali oleh Banarjee (1986) menjadi model integrasi *vendor-buyer* yang di mana pihak pamanufaktur memproduksi dengan jumlah barang yang menggunakan sistem *lot for lot* guna memenuhi permintaan dari pembeli. Kemudian model tersebut dilakukan perbaikan kembali oleh Goyal (1988) dengan asumsi pengiriman dilakukan pada saat produksi barang telah selesai.

Model pengendalian persediaan seperti *Joint Economic Lot Size* (JELS) pada sistem rantai pasok mempertimbangkan *vendor* dan *buyers* yang terlibat dalam produksi dan pemesanan yang bertujuan untuk mengoptimalkan kebijakan penambahan persediaan untuk kedua pihak (Sebatjane & Adetunji, 2020), dikarenakan dalam kegiatan produksi aktual, tingkat produksi mungkin tidak cukup untuk memenuhi permintaan karena kapasitas yang tidak mencukupi. Ketika produk sangat dibutuhkan, kekurangan dalam pemenuhan permintaan akan mempengaruhi tingkat layanan pada masing-masing pihak pada suatu rantai pasokan (Sun & Zhang, 2019). Sehingga dibutuhkan model integrasi seperti *Joint Economic Lot Size* (JELS) agar dapat mengoptimalkan kebutuhan semua pihak dalam suatu rantai pasok seperti pemasok dan pembeli. Oleh sebab itu, model *Joint Economic Lot Size* (JELS) dapat melakukan optimasi terkait jumlah produksi bagi pihak pemasok sedangkan bagi pihak pembeli dapat melakukan optimasi terkait jumlah pesanan sehingga dapat meminimumkan total biaya gabungan dari kedua pihak.

UMKM Batik X merupakan salah satu bisnis penghasil batik yang ada Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada penelitian ini, UMKM Batik X merupakan pemasok dari beberapa pembeli yang di mana pembeli dapat melakukan pemesanan ke pemasok atau dari masing-masing pembeli dapat saling menjual dan membeli produk tersebut dalam skala kecil. Sehingga selain dapat saling menjual dan membeli antar pembeli, pembeli

juga menjual batik tersebut kepada konsumen akhir. Berdasarkan penjabaran tersebut, penelitian ini melibatkan fungsi *reactive lateral transshipment* yang merupakan suatu kondisi apabila pembeli mengalami kehabisan stok sehingga dapat melakukan permintaan produk *emergency* dalam skala kecil kepada pembeli lain. Dan pada penelitian ini terdapat multi eselon, yang di mana pada eselon pertama merupakan UMKM Batik X yang berperan sebagai pemasok yang melakukan penjualan produk ke pembeli, dan pada pada eselon kedua yaitu pembeli yang dapat menjual dan membeli produk ke pembeli lain sampai akhirnya kemudian diterima oleh konsumen akhir.

Terdapat permasalahan yang dialami oleh UMKM Batik X yaitu tidak terdapat koordinasi yang baik antara UMKM Batik X dengan pembeli-pembeli batik, dan permintaan yang tidak pasti yang dialami semua pembeli terhadap semua produk batik yang ada juga bersifat tidak pasti. Sehingga mengakibatkan frekuensi pemesanan yang kerap dan akan membuat biaya pemesanan semakin besar. Oleh sebab itu, beberapa dari pembeli yang mengalami permintaan yang tidak pasti melakukan permintaan produk *emergency* kepada pembeli lain, namun juga dikarenakan belum adanya koordinasi yang baik antar pembeli lain, sehingga terkadang pembeli lain belum dapat memenuhi permintaan mengenai produk *emergency* dari pembeli lain. Dan dari pihak pemasok yaitu UMKM Batik X Yogyakarta memiliki sistem produksi yang tidak sempurna, sehingga dalam setiap proses produksi masih berpotensi menghasilkan produk cacat. Sehingga dibutuhkan suatu metode untuk menyelesaikan permasalahan untuk menentukan jumlah ukuran lot pemesanan yang optimal bagi pembeli dan ukuran lot produksi yang optimal bagi pemasok secara terintegrasi agar dapat meminimasi total biaya gabungan dari kondisi permintaan pelanggan yang bersifat tidak pasti.

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan dibutuhkan penyelesaian masalah berupa model pengendalian persediaan *Joint Economic Lot Size* (JELS) dikarenakan dengan model tersebut dapat memungkinkan peneliti untuk melakukan optimasi mengenai ukuran lot pada suatu rantai pasok sehingga dapat meminimasi terkait biaya gabungan dari kedua pihak, namun juga tidak lupa dengan memperhatikan probabilitas cacat yang dialami oleh pemasok. Dalam penerapan model *Joint Economic Lot Size*

(JELS) digunakan pendekatan berupa algoritma model matematis yaitu algoritma *evolutionary*, algoritma *evolutionary* dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah yang beragam, mulai dari masalah yang memiliki struktur yang sangat kompleks hingga masalah yang relatif sederhana (Suwarman, 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dipaparkan maka dapat disusun suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa jumlah lot gabungan yang optimal dengan menggunakan model *Joint Economic Lot Size* (JELS) ?
2. Berapa total biaya gabungan yang optimal antara pemasok dan pembeli dengan menggunakan model *Joint Economic Lot Size* (JELS) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah di atas, dapat diketahui mengenai tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Dapat menentukan jumlah lot gabungan dari pemasok dan pembeli yang optimal menggunakan model *Joint Economic Lot Size* (JELS).
2. Dapat menentukan total biaya gabungan dari pemasok dan pembeli yang optimal menggunakan model *Joint Economic Lot Size* (JELS).

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti

Sebagai sarana untuk mengimplementasikan ilmu teori teknik industri yang telah diperoleh di bangku perkuliahan pada sistem industri nyata, serta dapat menambah wawasan selama melakukan penelitian pada UMKM Batik X.

Dapat menjadi masukan kepada UMKM Batik X dalam melakukan pengelolaan persediaan kedepannya.

2. Bagi UMKM Batik X

Dapat menjadikan hasil dari penelitian sebagai salah satu bahan pertimbangan untuk menyelesaikan permasalahan yang dialami oleh UMKM Batik X

3. Bagi Universitas

Sebagai bahan untuk menambah referensi bagi penelitian yang berkaitan dengan penggunaan model *Joint Economic Lot Size* (JELS) dengan sistem *transshipment*.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian digunakan agar dapat lebih terfokus pada tujuan penelitian. Adapun batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem rantai pasok yang diteliti merupakan sistem rantai pasok multi eselon yang terdiri dari eselon pertama yaitu UMKM Batik X sebagai pemasok dan eselon kedua yaitu pembeli.
2. Pada sistem rantai pasok yang diteliti pada penelitian ini adalah sistem rantai pasok pemasok tunggal dan multi pembeli yang terdiri dari 5 pembeli.
3. Produk yang dihasilkan oleh pemasok dalam penelitian ini adalah multi produk yang terdiri dari 5 produk batik.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dibuat agar penulisan pada laporan akhir jelas dan terstruktur. Berikut merupakan sistematika penulisan laporan secara garis besar pada setiap bab nya.

BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama yaitu pendahuluan, berisi tentang penjelasan singkat mengenai latar belakang dari penelitian, rumusan masalah yang didasarkan dari latar belakang penelitian, tujuan dari penelitian, manfaat bagi peneliti, objek penelitian, dan universitas, batasan-batasan masalah agar penelitian dapat terfokus pada tujuan penelitian, dan yang terakhir yaitu sistematika penulisan pada penelitian ini.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab kedua yaitu kajian pustaka, berisi tentang kajian induktif dan kajian deduktif yang berguna sebagai dasaran untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada latar belakang. Kajian induktif diperoleh dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan

dengan topik penelitian kali ini, sedangkan kajian deduktif diperoleh dari buku, jurnal terkait, *website* atau artikel resmi dan sumber-sumber lainnya yang valid.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ketiga yaitu metode penelitian, berisi tentang penjelasan singkat dari penelitian yang terdiri dari objek penelitian, data yang akan digunakan, serta tahapan-tahapan apa saja yang akan dilakukan secara ringkas dan jelas dalam bentuk *flowchart*.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab keempat yaitu pengumpulan dan pengolahan data, berisi tentang proses pengumpulan dan pengolahan data menggunakan metode yang telah dipilih untuk mencapai tujuan dari penelitian. Kemudian hasil dari pengolahan ditampilkan dalam bentuk tabel, gambar, maupun grafik.

BAB V PEMBAHASAN

Bab kelima yaitu pembahasan, berisi tentang pembahasan dan analisis mengenai hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Pada bab ini akan diperoleh kesimpulan dari penelitian serta rekomendasi yang dapat diberikan pada objek penelitian.

BAB VI PENUTUP

Bab terakhir yaitu penutup, berisi tentang kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil dari pembahasan dan analisis dari penelitian. Dan terdapat saran yang diberikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian induktif dilakukan untuk mengetahui mengenai penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti. Kajian induktif pada penelitian kali ini akan berkaitan tentang permasalahan pada pengendalian persediaan dengan menggunakan metode yang relevan. Berikut ini merupakan penelitian-penelitian terdahulu yang akan menjadi acuan peneliti dalam melaksanakan penelitian kali ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Heryanto *et al* (2019) dengan judul “Pengendalian Persediaan Produk Obat Herbal pada Permintaan Probabilistik Menggunakan Joint Economic Lot Size” yang bertujuan untuk meminimasi mengenai total biaya persediaan produk obat herbal. Pada penelitian ini peneliti menggunakan model *Joint Economic Lot Size* yang merupakan penggabungan dari model *Cardenas-Barron* tentang EPQ *Backorder* dan model *Ben-Daya* dan *Hariga* tentang model integrasi pemasok dan pembeli tunggal. Hasil dari penelitian menunjukkan adanya penurunan total biaya persediaan yang signifikan dengan total biaya aktual yaitu sebesar Rp. 5.500.371,476/bulan dan setelah menggunakan metode usulan diperoleh total biaya keseluruhan Rp. 4.604.766,665/bulan. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh penghematan sebesar Rp. 895.604,811/bulan.

Penelitian yang dilakukan oleh Khadiqa (2022) dengan judul “Model Persediaan Gabungan *Joint Economic Lot Size* (JELS) Untuk Menentukan Tingkat Persediaan Optimal Batu Bara PLTU” yang bertujuan untuk mengembangkan model persediaan gabungan pada sistem persediaan batu bara PLTU, mengetahui alokasi batu bara dari pemasok yang tepat, beserta nilai *order quantity*, *safety stock*, dan *reorder point* yang optimal dari pihak PLTU maupun pemasok. Pada penelitian ini peneliti menggunakan model *Joint Economic Lot Size* guna menentukan tingkat persediaan yang optimal. Berdasarkan hasil penelitian dengan simulasi menggunakan *Monte Carlo* diperoleh nilai *order quantity* sebesar 13.005,89 ton, *safety stock* 106.666 ton, dan *reorder point* 205.032

ton dengan total biaya gabungan yang minimum, sehingga diperoleh hasil yang optimal baik dari sisi PLTU maupun pemasok. Penggunaan model JELS pada sistem persediaan batu bara PLTU Rembang mampu menghemat total biaya gabungan sebesar 2,70% per-tahun, dibandingkan dengan model tanpa integrasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Sun & Zhang (2019) dengan judul “*The single-manufacturer single-retailer integrated production-delivery lot sizing model with production capacity under stochastic lead time demand*” yang bertujuan untuk menentukan jumlah pemesanan yang optimal, titik pemesanan kembali, dan lead time. Pada penelitian ini peneliti menggunakan model *production-delivery lot sizing*. Produsen memproduksi produk pada tingkat yang terbatas dan tingkat produk diasumsikan lebih kecil dari tingkat permintaan pasar, dan permintaan bersifat stokastik. Peneliti menggunakan *lead time* dan *reorder point* sebagai variabel keputusan. Berdasarkan dari hasil contoh numerik menunjukkan bahwa model tersebut sangat menghemat biaya sistem terintegrasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Utama *et al* (2022) dengan judul “*Optimization of Joint Economic Lot Size Model for Vendor-Buyer with Exponential Quality Degradation and Transportation by Chimp Optimization Algorithm*” yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah *Inventory* pada sistem rantai pasok *Single Vendor-Single Buyer* sehingga dapat memberikan keuntungan baik kedua pihak. Terdapat 3 variabel yang digunakan yaitu waktu siklus persediaan (T), frekuensi pemesanan bahan baku (m), dan frekuensi pengiriman barang jadi ke pembeli (n). Pada penelitian ini pun menggunakan *Chimp Optimization Algorithm* (ChOA) untuk memperoleh model matematis yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada studi kasus. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi transportasi pemesanan bahan baku (m) dan produk jadi ke pembeli (n) dapat meningkatkan biaya total dan mengurangi keuntungan total bersama.

Penelitian yang dilakukan oleh Sarkar & Giri (2020) dengan judul “*Stochastic supply chain model with imperfect production and controllable defective rate*” yang bertujuan untuk mengetahui keputusan yang optimal dan kebijakan investasi yang terbaik untuk meminimalkan total biaya yang dikeluarkan oleh pembeli dan penjual. Digunakan

algoritma yang efisien untuk menentukan kebijakan yang optimal. Model tersebut diilustrasikan melalui model matematis. Dari hasil model matematis, diperoleh bahwa penghematan yang signifikan dapat dicapai melalui pengurangan *lead time*, biaya pemesanan, dan tingkat kecacatan produk.

Penelitian yang dilakukan oleh Gharaei *et al* (2020) dengan judul “*Joint Economic Lot-sizing in Multi-product Multi-level Integrated Supply Chains: Generalized Benders Decomposition*” yang bertujuan untuk menentukan kebijakan ukuran lot ekonomi bersama dan panjang periode optimal sedemikian rupa sehingga total biaya persediaan SC diminimalkan, sementara kendala stokastik dipenuhi. Rumusan matematis dari studi kasus adalah stokastik, MINLP, berskala besar dan sulit dipecahkan. Dalam hal ini, peneliti menggunakan *Generalized Benders Decomposition* (GBD) untuk meminimalkan model penelitian MINLP. Hasil model matematis dan analisis sensitivitas menggambarkan bahwa metode yang diusulkan memiliki kinerja yang memuaskan dalam memberikan solusi yang optimal.

Penelitian yang dilakukan oleh Agustian & Dahda (2022) dengan judul “*Pengembangan Model Persediaan Single Vendor Multi Buyer Dengan Kebijakan Rework*” yang bertujuan untuk menentukan ukuran lot produksi dan meminimalisasi total biaya persediaan. Pada penelitian ini menggunakan model penentuan ukuran produksi pada sistem rantai pasok *single vendor* dan *multi buyer* dengan *Economic Production Quantity* (EPQ) dengan mempertimbangkan kecacatan produk. Penelitian ini menggunakan algoritma sederhana dan analisis sensitivitas untuk menentukan biaya total persediaan yang minimum. Dari hasil contoh perhitungan numerik yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin rendahnya persentase kecacatan produk x dan semakin menurunnya jumlah permintaan akan menyebabkan total biaya persediaan yang menurun sehingga akan didapatkan hasil total biaya persediaan yang minimum.

Penelitian yang dilakukan oleh Shekarabi *et al* (2019) dengan judul “*Modelling and optimal lot-sizing of integrated multi-level multi-wholesaler supply chains under the shortage and limited warehouse space: generalised outer approximation*” yang bertujuan untuk menentukan jumlah lot optimum dan volume lot optimum untuk meminimumkan total biaya rantai pasok, sedangkan kendala stokastik terpenuhi. Pada penelitian ini

menggunakan model yang berskala besar dan sulit dipecahkan, sehingga peneliti menggunakan metode yang efisien yang dapat menyelesaikan kompleksitas model yang digunakan. Algoritma *Generalised outer approximation* (GOA) digunakan untuk membantu peneliti menemukan lot dan volume lot produk yang optimal dalam model MINLP rantai pasok. Pada hasil penelitian diperoleh total biaya rantai terintegrasi yang minimum.

Penelitian yang dilakukan oleh Hidayat et al (2020) dengan judul “Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Kerupuk Mentah Potato dan Kentang Keriting Menggunakan Metode *Economic Order Quantity* (EOQ)” yang bertujuan untuk mengetahui jumlah pemesanan yang tepat dalam setiap pembelian sehingga mencegah adanya kekurangan bahan baku, dan dengan biaya persediaan yang lebih hemat. Digunakan metode EOQ untuk menganalisis pengendalian persediaan bahan baku dengan melakukan analisis *safety stock* (SS), *max inventory* (MI), *total inventory cost* (TIC), dan *reorder point* (ROP). Hasil analisis menggunakan EOQ menunjukkan metode EOQ lebih hemat dibandingkan dengan kebijakan perusahaan dengan nilai EOQ rata-rata pada bahan baku *potato* adalah 344 kg sedangkan kentang keriting 234 kg.

Penelitian yang dilakukan oleh Uyun et al (2020) dengan judul “Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Menggunakan Metode *Material Requirement Planning* (MRP)” yang bertujuan untuk mengetahui jumlah pemesanan dan waktu yang optimal dalam melakukan pemesanan bahan baku sehingga mampu meminimalkan total biaya persediaan yang dikeluarkan oleh perusahaan. Penelitian ini menggunakan metode MRP dengan perhitungan *lot sizing* menggunakan POQ atau *Period Order Quantity*. Hasil perhitungan menggunakan POQ diperoleh biaya persediaan dari perusahaan sebesar Rp. 30.996.913.120,- yang di mana dapat menghemat biaya persediaan sebesar 74% dari biaya persediaan awal yaitu Rp. 117.742.013.800,-.

Penelitian yang dilakukan oleh Sutrisna et al (2021) dengan judul “Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Menerapkan Metode EOQ (*Economic Order Quantity*) pada PT. Jatisari Furniture Work” yang bertujuan untuk mengetahui persediaan bahan baku yang ideal dari perusahaan dan efisiensi biaya produksi. Penelitian ini menggunakan metode EOQ yang mempertimbangkan variabel *Safety stock*, *reorder*

point, dan *total inventory cost*. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode EOQ, diperoleh biaya persediaan bahan baku sebesar Rp. 20.588.914,71 dengan biaya awal yang dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp. 186.214.000. Dari perbandingan tersebut, perusahaan dapat melakukan penghematan pada biaya persediaan bahan baku sebesar Rp. 165.625.085,29.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahmanto & Dahda (2022) dengan judul “*Integrated Inventory Model for Single Vendor Single Buyer Considering the Level of Product Defects*” yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya persediaan gabungan dengan mempertimbangkan adanya produk cacat. Pada penelitian ini digunakan model JELS dan Algoritma iterasi untuk memperoleh nilai optimal dari frekuensi pengiriman dan lama siklus dalam menghasilkan total biaya persediaan gabungan yang minimum. Hasil dari contoh numerik dan analisis sensitivitas menunjukkan bahwa model terintegrasi yang diusulkan dapat memberikan penghematan biaya yang cukup signifikan seiring dengan tingginya persentase produk cacat.

Penelitian yang dilakukan oleh Marchi *et al* (2020) dengan judul “*Joint Economic Lot Size Models with Warehouse Financing and Financial Contracts for Hedging Stocks Under Different Coordination Policies*” yang bertujuan untuk melakukan optimasi jumlah ukuran lot dan meminimalisir total biaya pada rantai pasok dengan dua kebijakan yang berbeda. Penelitian ini menggunakan model JELS dengan memperhatikan variabel *order quantity*, *number of shipment between vendor and buyer*, dan *production rate*. Hasil penelitian menunjukkan dengan menggunakan contoh numerik pada dua kebijakan memungkinkan untuk mengurangi total biaya pada rantai pasok.

Penelitian yang dilakukan oleh Lath *et al* (2021) dengan judul “*Two echelon Economic Lot Sizing Problems with Geometric Shipment Policy Backorder Price Discount and Optimal Investment To Reduce Ordering Cost*” yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh investasi pada pengurangan biaya pemesanan, diskon pada pemesanan kembali, dan pengurangan waktu tunggu. Penelitian ini menggunakan model JELS dengan mengembangkan dua model yang mengasumsikan bahwa *lead time demand* mengikuti distribusi normal dan distribusi bebas dengan mengusulkan suatu algoritma. Dua jenis investasi juga digabungkan untuk mengurangi biaya pemesanan yang terdiri

dari *logarithmic investment function* dan *power investment function*. Hasil numerik mengungkapkan bahwa perusahaan dapat memperoleh penghematan yang signifikan apabila waktu tunggu permintaan mengikuti distribusi normal dan biaya pemesanan dapat diminimalisir jika *power investment function* digunakan.

Penelitian yang dilakukan oleh Dahda & Andesta (2022) dengan judul “Ukuran Lot yang Ekonomis pada Model Persediaan Integrasi *Single vendor* dan *Single buyer*” yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya persediaan gabungan dari *vendor* dan *buyer* dengan membandingkan dua model persediaan *vendor* yang di mana dari kedua model tersebut hanya dibedakan pada waktu pengiriman awal. Penelitian ini menggunakan metode EOQ/EPQ dan algoritma *iterative* untuk menentukan ukuran produksi yang optimal dan nilai pada masing-masing variabel keputusan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh biaya persediaan yang lebih kecil pada model persediaan *vendor* pertama yaitu sebesar 114 unit sedangkan pada model persediaan *vendor* kedua yaitu 142 unit.

Penelitian yang dilakukan oleh Kusumawardhani (2022) yang merupakan salah satu Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri dengan judul “Model Penentuan Ukuran Lot Gabungan Dalam Sistem Rantai Pasok *Single Vendor-Multi Buyer* Dengan *Reactive Lateral Transshipment*” yang bertujuan untuk menentukan jumlah lot gabungan dan total biaya gabungan yang optimal. Pada penelitian ini digunakan dua model sebagai pembanding yaitu model tanpa koordinasi dan model dengan koordinasi, dari kedua model tersebut digunakan beberapa perhitungan seperti total biaya *lost sales* pemasok dan pembeli, total biaya pemesanan ke pemasok dan ke pembeli lain, total biaya simpan pemasok dan pembeli, total biaya *setup* pemasok. Kemudian digunakan *Solver Evolutionary* untuk memperoleh jumlah lot gabungan dan total biaya gabungan yang optimal pada kedua model. Berdasarkan hasil dari *Solver Evolutionary*, diperoleh jumlah lot gabungan yang optimal pada model dengan koordinasi dengan total biaya gabungan sebesar Rp1.154.828.600,00 dibandingkan dengan total biaya gabungan pada model tanpa koordinasi yaitu sebesar Rp1.170.316.700,00, di mana pada model dengan koordinasi memberikan penghematan sebesar Rp15.488.100,00 atau sebanyak 1,32%.

2.2 Research Gap

Berikut merupakan perbedaan pada penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan saat ini.

Tabel 2. 1 *Research Gap*

No.	Peneliti	Eselon	Model	Mempertimbangkan Produk Cacat	Reactive Lateral Transshipment	Jenis Permintaan
1	Heryanto <i>et al</i> (2019)	2	JELS	Tidak	Tidak	Probabilistik
2	Khadiqa (2022)	2	JELS	Tidak	Tidak	Stokastik
3	Sun & Zhang (2019)	2	<i>Production-Delivery</i>	Tidak	Tidak	Stokastik
4	Utama <i>et al</i> (2022)	2	JELS	Tidak	Tidak	Deterministik
5	Sarkar & Giri (2020)	2	JIT	Tidak	Tidak	Stokastik
6	Gharaei <i>et al</i> (2020)	4	MINLP	Tidak	Tidak	Stokastik
7	Agustian & Dahda (2022)	2	EOQ/EPQ	Ya	Tidak	Diskrit
8	Shekarabi <i>et al</i> (2019)	3	MINLP	Tidak	Tidak	Stokastik
9	Hidayat <i>et al</i> (2020)	2	EOQ	Tidak	Tidak	Diskrit
10	Uyun <i>et al</i> (2020)	2	POQ	Tidak	Tidak	Probabilistik
11	Sutrisni <i>et al</i> (2021)	2	EOQ	Tidak	Tidak	Probabilistik
12	Rahmanto & Dahda (2022)	2	JELS	Ya	Tidak	Stokastik
13	Marchi <i>et al</i> (2020)	2	JELS	Tidak	Tidak	Deterministik
14	Latha <i>et al</i> (2021)	2	JELS	Tidak	Tidak	Stokastik
15	Dahda & Andesta (2022)	2	EOQ/EPQ	Tidak	Tidak	Deterministik
16	Kusumawardhani (2022)	2	JELS	Tidak	Ya	Probabilistik
	Penelitian ini (2023)	2	JELS	Ya	Ya	Stokastik

2.3 Landasan Teori

2.3.1 *Supply Chain*

Supply chain adalah jaringan perusahaan-perusahaan yang bekerja sama untuk menciptakan dan mendistribusikan produk jadi ke tangan pelanggan. Perusahaan-perusahaan yang dapat disebut seperti *supplier*, pabrik, distributor, toko atau ritel, serta perusahaan-perusahaan pendukung proses dari *supply chain* seperti perusahaan jasa logistik (Yusuf & Soediantono, 2022). Tujuan dari *supply chain* adalah agar jaringan perusahaan-perusahaan dapat melakukan proses pengadaan dan penyaluran barang dengan baik hingga ke tangan pelanggan (Novita & Rochman, 2019).

Pada suatu *supply chain* biasanya terdapat 3 macam aliran yang harus dikelola oleh suatu perusahaan. Aliran yang pertama yaitu aliran barang yang mengalir dari hulu (*upstream*) ke hilir (*downstream*) seperti contohnya yaitu bahan baku yang dikirim dari *supplier* ke pabrik, setelah produk selesai diproduksi di pabrik, produk akan dikirimkan ke distributor lalu ke pembeli, kemudian dari pembeli ke pelanggan akhir. Aliran yang kedua yaitu aliran keuangan yang mengalir dari hulu ke hilir. Aliran yang ketiga yaitu aliran informasi yang terjadi dari hulu ke hilir dan sebaliknya. Informasi yang dimaksud yaitu seperti tentang persediaan produk yang masih ada pada masing-masing *retailer* yang sering dibutuhkan oleh distributor maupun pabrik dan informasi tentang ketersediaan kapasitas produksi yang dimiliki oleh *supplier* yang sering dibutuhkan oleh pabrik (Haudi et al., 2022).

2.3.2 *Supply Chain Management*

Supply Chain Management adalah sebuah pendekatan terintegrasi dan terkoordinasi yang efisien antara pemasok (*supplier*), pabrik (manufaktur), distributor, *wholesaler*, pembeli (*retailer*), dan pelanggan akhir, yang di mana berawal dari suatu bahan baku yang belum memiliki nilai jual kemudian diproduksi menjadi produk jadi, kemudian didistribusikan dalam jumlah yang benar atau tepat, lokasi yang tepat dan waktu yang tepat guna meminimalisir biaya dan meningkatkan tingkat kepuasan pelayanan (Hahn, 2020).

Menurut Michael Hugos (2011) dalam bukunya yang berjudul *Essentials of Supply Chain Management*, dalam suatu rantai pasokan, perusahaan harus membuat suatu keputusan individual dan bersama dalam lima bidang utama, yaitu sebagai berikut

1. Produksi

Dalam bidang produksi, perusahaan harus membuat keputusan seperti produk apa yang diinginkan oleh pasar, banyaknya produk yang harus diproduksi dan kapan produk tersebut diproduksi. Sehingga dari keputusan tersebut, perusahaan dapat membuat suatu penjadwalan produksi induk yang terkait dengan kapasitas pabrik, penyeimbangan dan penjadwalan, pengendalian kualitas, dan pemeliharaan peralatan.

2. Persediaan

Dalam bidang persediaan, terdapat beberapa pertimbangan harus diperhatikan seperti persediaan apa saja yang harus disimpan pada setiap tahap dalam rantai pasokan, banyaknya persediaan yang harus disimpan sebagai bahan baku, barang setengah jadi, dan barang jadi. Dikarenakan tujuan dari persediaan yaitu dapat berfungsi sebagai penyangga dari ketidakpastian permintaan dari suatu rantai pasokan. Namun, perlu diperhatikan bahwa penyimpanan persediaan dalam jumlah besar membutuhkan biaya yang besar. Sehingga dari perusahaan perlu menentukan jumlah persediaan yang optimal dan penentuan titik pemesanan ulang.

3. Lokasi

Suatu perusahaan pun juga harus menentukan mengenai lokasi fasilitas untuk produksi dan penyimpanan persediaan dengan biaya yang efisien, sehingga dari pertimbangan yang tepat, perusahaan dapat menentukan alur yang tepat untuk mendistribusikan produk kepada konsumen secara efisien dan efektif.

4. Transportasi

Dalam menentukan bentuk transportasi yang tepat, perusahaan harus menentukan bagaimana persediaan dapat dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain dengan moda transportasi yang tepat.

5. Informasi

Informasi merupakan suatu hal yang krusial dikarenakan dengan informasi yang akurat dapat memudahkan antar perusahaan untuk menciptakan koordinasi yang lebih baik dan dapat mengambil keputusan yang tepat. Sehingga dengan informasi yang jelas dan tepat, keputusan-keputusan strategik dapat diambil, seperti penentuan apa yang akan diproduksi dan berapa banyak produk yang akan diproduksi, di mana lokasi untuk produksi dan menyimpan persediaan, dan moda transportasi yang terbaik untuk memindahkan produk.

2.3.3 Eselon dalam *Supply Chain Management*

Eselon dalam *supply chain management* merupakan istilah yang mengacu pada lokasi atau tempat di dalam suatu rantai pasokan di mana suatu aktivitas atau proses tertentu berlangsung. Penelitian yang dilakukan oleh Sebatjane (2022) melibatkan tiga eselon dalam penelitian rantai pasok makanan yang di mana dari setiap eselon memiliki tugas masing masing, seperti pada eselon pertama yaitu *farming echelon* yang memiliki tugas untuk menghasilkan hewan ternak, kemudian hasil ternak akan dipindahkan ke eselon berikutnya yaitu *processing echelon* yang memiliki tugas untuk memproses hewan ternak untuk kemudian dijual ke *retailer echelon* yang di mana proses permintaan konsumen atas persediaan yang diproses akan dipenuhi melalui *retailer echelon*. Dari salah satu contoh penelitian di atas dapat dikatakan bahwa setiap eselon dalam rantai pasok memiliki tugas dan tanggung jawab masing-masing dalam mengelola aliran barang dari pemasok hingga pelanggan akhir.

2.3.4 Manajemen Persediaan

Persediaan dapat didenifisikan sebagai barang-barang yang dimiliki oleh perusahaan yang di mana dapat berbentuk bahan baku untuk proses produksi ataupun barang jadi yang memiliki nilai jual yang disediakan oleh perusahaan untuk memenuhi permintaan konsumen pada waktu tertentu (Daud, 2017). Namun dalam suatu proses produksi, persediaan tidak hanya didefinisikan sebagai suatu bahan baku ataupun barang jadi, terdapat empat jenis persediaan, yaitu (Lahu & Sumarauw, 2017):

1. Persediaan bahan baku (*raw material*) adalah bahan-bahan yang dibeli namun belum dilakukan proses produksi. Bahan baku dapat diperoleh dari sumber alam atau dibeli melalui *supplier* (penghasil bahan baku)
2. Persediaan barang setengah jadi (*work in process*) adalah komponen atau bahan baku yang telah melewati suatu proses produksi/telah melewati beberapa proses perubahan, namun belum selesai sepenuhnya dan akan diproses kembali menjadi barang jadi.
3. Persediaan pasokan pemeliharaan/perbaikan/operasi (*maintenance, repair, operating*) adalah persediaan yang digunakan oleh perusahaan untuk melakukan pemeliharaan, perbaikan, dan operasional untuk menjaga agar keberlangsungan dan fungsi mesin-mesin yang digunakan pada proses produksi tetap produktif.
4. Persediaan barang jadi (*finished good*) adalah produk yang telah selesai melewati proses produksi yang memiliki nilai jual.

Persediaan biasanya dapat dikaitkan dengan besarnya biaya yang dikeluarkan dikarenakan dalam setiap keputusan penentuan besarnya jumlah persediaan, pertimbangan pada biaya juga perlu diperhatikan agar penggunaan biaya dapat ditekan seminimal mungkin, menurut Ristono (2009) terdapat empat biaya persediaan:

1. Biaya Pembelian (*Purchase Cost*)
Biaya pembelian merupakan harga per unit apabila barang dibeli dari pihak luar, atau biaya produksi per unit apabila diproduksi dalam perusahaan atau dapat dikatakan juga sebagai semua biaya yang digunakan untuk membeli suku cadang.
2. Biaya pemesanan atau biaya persiapan (*Order cost atau set up cost*)
Biaya pemesanan adalah biaya yang dikeluarkan berdasarkan dari besar kecilnya frekuensi pemesanan ke pihak pemasok, semakin besar pemesanan yang dilakukan maka semakin besar pula biaya pemesanan yang harus dikeluarkan perusahaan, biaya pemesanan tersebut meliputi:
 - a. Biaya persiapan pesanan, seperti biaya yang dilakukan untuk melakukan komunikasi dengan pihak pemasok.

- b. Biaya penerimaan barang, seperti biaya pembongkaran dan pemasukan barang ke gudang, dan biaya pemeriksaan barang.
 - c. Biaya proses-proses pembayaran, seperti biaya pembuatan cek dan pengiriman cek.
 - d. Biaya pengiriman pesanan ke gudang.
3. Biaya simpan (*holding cost* atau *carrying cost*)

Biaya simpan merupakan biaya yang dikeluarkan atas investasi dalam persediaan dan pemeliharaan maupun investasi sarana fisik untuk menyimpan persediaan. Besarnya biaya penyimpanan sangat bergantung pada jumlah rata-rata penyimpanan produk dalam gudang, semakin banyak rata-rata jumlah persediaan, maka biaya yang diperlukan juga akan semakin besar dan sebaliknya, biaya simpan tersebut meliputi:

- a. Biaya sewa atau penggunaan gudang
 - b. Biaya pemeliharaan barang
 - c. Biaya pemanasan atau pendingin apabila suatu produk membutuhkan dalam kondisi suhu tertentu agar kualitas dari produk tersebut dapat terjaga.
4. Biaya kekurangan persediaan (*Stock out cost*)

Biaya kekurangan persediaan adalah biaya yang dikeluarkan dikarenakan konsekuensi ekonomi atas kekurangan baik dari luar atau dari dalam perusahaan. Kekurangan di luar terjadi apabila permintaan konsumen yang tidak dipenuhi dan kekurangan dari dalam terjadi apabila suatu departemen tidak memenuhi kebutuhan departemen lain. Biaya ini kerap muncul dikarenakan persediaan yang lebih kecil dari jumlah yang dibutuhkan.

Berdasarkan dari biaya-biaya persediaan di atas, suatu perusahaan harus membuat pertimbangan antara biaya yang minimal dan layanan terhadap pelanggan yang di mana hal tersebut merupakan tujuan dari manajemen persediaan.

Menurut Deveshwar dan Modi (2013), manajemen persediaan adalah sebuah metode yang digunakan perusahaan untuk mengatur, menyimpan, dan mengganti persediaan untuk menjaga persediaan barang yang memadai dan juga meminimalkan

biaya. Hal tersebut juga mencakup pencacatan dan pengamatan tingkat stok, memperkirakan permintaan persediaan di masa depan, dan menentukan kapan dan bagaimana mengatur persediaan tersebut. Selain itu, penerapan proses manajemen persediaan yang efektif dapat membantu efisiensi operasional perusahaan, meningkatkan layanan terhadap pelanggan, mengurangi persediaan dan biaya distribusi, dan juga memungkinkan perusahaan untuk mengetahui barang dan tanggal kadaluwarsanya barang tersebut sebagai akibat dari penyeimbangan antara ketersediaan dan permintaan (Pandey, 2004).

2.3.5 Fungsi Persediaan

Menurut Herjanto (2007) terdapat beberapa fungsi dari persediaan untuk memenuhi kebutuhan yang krusial bagi perusahaan, yaitu:

1. Menghilangkan kemungkinan adanya keterlambatan pengiriman bahan baku atau barang yang dibutuhkan oleh perusahaan.
2. Meminimalisir risiko apabila terdapat produk yang dipesan memiliki kualitas yang kurang baik sehingga harus dikembalikan.
3. Mengantisipasi risiko apabila terjadi kenaikan harga barang atau inflasi.
4. Untuk menyimpan bahan baku yang diproduksi secara musiman agar tidak menghambat proses produksi apabila bahan baku yang dibutuhkan tidak tersedia di pasaran.
5. Mendapatkan keuntungan bagi perusahaan dengan pembelian berdasarkan diskon kuantitas.
6. Memberikan pelayanan kepada pelanggan dengan tersedianya barang yang diperlukan

Berdasarkan fungsi persediaan, persediaan dapat dikelompokkan kedalam empat jenis, yaitu:

1. *Fluctuation Stock*, merupakan jenis persediaan yang digunakan untuk menjaga apabila terjadinya fluktuasi permintaan yang diluar dari perkiraan sebelumnya, dan untuk mengantisipasi apabila terjadi kesalahan atau penyimpangan dalam perkiraan penjualan, waktu produksi, atau pengiriman barang.

2. *Anticipation Stock*, merupakan jenis persediaan yang digunakan untuk memenuhi permintaan yang dapat diperkirakan, misalnya pada saat musim permintaan yang tinggi dan kapasitas produksi pada saat itu tidak mampu memenuhi permintaan. Persediaan ini juga dapat ditujukan untuk menjaga kemungkinan sukarnya diperoleh bahan baku agar proses produksi tetap berjalan.
3. *Lot Size Inventory*, merupakan jenis persediaan yang diproduksi dalam jumlah yang lebih besar dari kebutuhan pada saat itu. Persediaan ini dilakukan untuk memperoleh keuntungan dari harga barang (berupa diskon) dikarenakan membeli dalam jumlah yang besar, atau untuk mendapatkan penghematan dari biaya pengangkutan per unit yang lebih rendah.
4. *Pipeline Inventory*, merupakan persediaan yang dalam proses pengiriman dari tempat asal atau produksi ke tempat di mana produk itu akan digunakan atau dijual. Misalnya seperti barang yang dikirim dari pabrik menuju tempat di mana barang tersebut akan dijual yang di mana pengiriman tersebut dapat memakan waktu hingga beberapa hari atau minggu.

2.3.6 Metode Pengendalian Persediaan

Menurut Ishak (2010) dalam melakukan penyelesaian masalah mengenai pengendalian persediaan dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Pengendalian Persediaan Secara Statistik (*Statistical Inventory Control*)
Dalam penggunaan metode ini dibutuhkan pendekatan ilmu matematika dan statistik dalam melakukan pemecahan masalah kuantitatif dalam sistem persediaan. Metode ini pun digunakan untuk mencari jawaban optimal mengenai:
 - a. Jumlah ukuran pemesanan ekonomis (EOQ)
 - b. Titik pemesanan kembali (*Reorder Point*)
 - c. Jumlah cadangan pengaman (*Safety Stock*) yang dibutuhkan
2. Metode Perencanaan Kebutuhan Material (*Material Requirement Planning*)
Penggunaan metode pengendalian secara tradisional kurang efektif apabila digunakan pada kasus permintaan yang bersifat tidak bebas (*independent*) yang di mana maksud dari permintaan tidak bebas yaitu permintaan yang memiliki

ketergantungan antara kebutuhan satu komponen dengan komponen lainnya. MRP atau *Material Requirement Planning* merupakan sistem yang dirancang untuk situasi permintaan bergelombang yang secara tipikal karena permintaan tersebut dependen. Oleh karena itu penggunaan sistem MRP bertujuan untuk:

- a. Menjaga persediaan pada saat dibutuhkan untuk memenuhi jadwal produksi, menjadi persediaan produk bagi konsumen.
 - b. Menjaga tingkat persediaan pada kondisi minimum untuk mengurangi biaya persediaan.
 - c. Merencanakan jadwal pengiriman, penjadwalan, dan aktivitas pembelian.
3. Metode Persediaan *Just In Time* (JIT)

Metode persediaan *Just In Time* adalah suatu metode yang digunakan untuk mengurangi atau meniadakan jumlah persediaan, dalam perhitungan metode didasarkan pada model persediaan deterministik (EOQ) atau model probabilitistik P atau Q yang digunakan sebagai masukan dalam perhitungan metode JIT.

2.3.7 Model Ukuran Lot Ekonomis Gabungan (*Joint Economic Lot Size*)

Dalam permasalahan persediaan, banyak pihak yang melakukan perhitungan jumlah persediaan yang optimal secara individual, seperti pada pihak produsen yang menghitung sendiri jumlah *lot* produksi yang optimal dengan model seperti model EPQ sedangkan dari pihak pembeli menghitung jumlah *lot* pemesanan yang optimal dengan model EOQ, namun dalam kondisi nyata belum tentu perhitungan optimal dari kedua pihak dapat saling menguntungkan, bisa saja perhitungan optimal dari pihak produsen justru dapat merugikan dari pihak pembeli dan sebaliknya, oleh karena itu dari pihak produsen dan pembeli dapat melakukan koordinasi mengenai jumlah *lot* produksi dan jumlah *lot* pemesanan yang biasa dikenal dengan istilah *Joint Economic Lot Size* (JELS) (Agustian & Dahda, 2022).

Model *Joint Economic Lot Size* (JELS) adalah suatu model di mana produsen dan pembeli melakukan koordinasi dalam penentuan *lot* produksi dan *lot* pemesanan yang di mana jumlah keseluruhannya merupakan jumlah optimal sehingga dapat menguntungkan kedua belah pihak dan dapat meminimalkan biaya gabungan. Konsep *Joint Economic Lot*

Size pertama kali diperkenalkan oleh Goyal pada tahun 1976, solusi yang diperoleh dari model tersebut memberikan penghematan yang signifikan pada total biaya persediaan gabungan, kemudian pada tahun 1986, Benerjee mengemukakan teori *lot for lot* yang berjudul “*A Joint Economic Lot Size Model for Purchaser and Vendor*”. Lalu pada tahun 2000 Goyal mengeluarkan jurnal yang bertujuan untuk memberikan komentar pada teori yang dikemukakan oleh Benerjee dengan judul “*A Joint Economic Lot Size Model for Purchaser and Vendor: A Comment*” (Suseno & Faritsy, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Pujawan dan Kingsman (2002) mengembangkan model persediaan pemasok-pembeli yang di mana pada model ini pembeli menginginkan pengiriman dilakukan sebanyak n kali, sedangkan produksi yang dilakukan adalah sebanyak m kali. Jika pengiriman dilakukan sebanyak q kali, maka lot pemesanan pembeli dirumuskan sebagai nq dan lot produksi dirumuskan sebagai mq . Peneliti melakukan perbandingan antara model *lot streaming* dengan tanpa *lot streaming* untuk 2 kasus yang berbeda, yaitu apabila keputusan dilakukan masing-masing pihak dengan apabila keputusan dilakukan secara bersama-sama. Solusi yang didapatkan yaitu bahwa koordinasi yang baik antara pemasok dan pembeli dalam penentuan frekuensi pengiriman dan waktu produksi akan menghasilkan penghematan total biaya persediaan yang cukup signifikan.

Beberapa model yang dikembangkan masih mengasumsikan menggunakan permintaan deterministik, padahal dalam kondisi nyata permintaan akan bervariasi dari waktu ke waktu yang disebabkan oleh berbagai macam hal. Asumsi permintaan deterministik tersebut akan membuat model persediaan yang ada sulit untuk diterapkan dalam kondisi nyata (Jauhari et al., 2009). Salah satu keuntungan penerapan model *Joint Economic Lot Size* (JELS) yaitu mampu menghasilkan total biaya persediaan yang lebih rendah sehingga keuntungan bersih dapat dibagi oleh kedua pihak, namun terdapat keterbatasan dalam penerapan JELS yaitu (Lee, 2005) :

1. Untuk dapat menjadikan informasi transparan, penting untuk mengembangkan kepercayaan pada hubungan antara penjual dan pembeli yang mungkin sebelumnya bersifat adversial atau konfrontatif,

2. Penggunaan JELS hanya memberikan informasi tentang serangkaian tindakan terbaik yang dapat diambil oleh penjual dan pembeli untuk meminimalkan biaya rantai pasokan, diperlukan mekanisme untuk mengalokasikan manfaat rantai pasokan antar mitra.

2.3.8 Model *Transshipment*

Dalam suatu rantai pasok, model transportasi pada umumnya mengasumsikan bahwa suatu barang dikirimkan langsung dari sumber ke tujuan untuk meminimumkan total biaya pengiriman. Dalam *transshipment*, pengiriman tidak harus dilakukan secara langsung, melainkan dapat melalui ke satu atau beberapa tempat perantara (Aisyah et al., 2018). Pada penelitian ini, istilah *reactive lateral transshipment* dapat diterapkan yang di mana *lateral transshipment* adalah proses pemindahan barang dari satu lokasi ke lokasi lainnya dalam suatu rantai pasok, sementara *reactive lateral transshipment* merupakan keadaan untuk merespon suatu kondisi di mana salah satu titik penyimpanan mengalami kehabisan stok atau memiliki resiko untuk kehabisan stok sedangkan titik penyimpanan lain masih memiliki stok yang cukup. Sehingga dalam model ini suatu titik penyimpanan yang mengalami kehabisan stok dapat melakukan permintaan stok berskala kecil kepada titik penyimpanan lainnya (Paterson et al., 2011).

2.3.9 Produksi Tidak Sempurna (*Imperfect Production*)

Dalam setiap alur proses produksi, tidak dapat dipungkiri bahwa proses yang tidak sempurna akan menghasilkan produk cacat dengan probabilitas tertentu. Tingginya probabilitas produk cacat akan berdampak pada kerugian keuntungan perusahaan karena meningkatnya biaya perbaikan dan biaya lain yang terkait dengan kerugian keuntungan (Rizky et al., 2022). Agar dapat kembali memiliki nilai jual, produk cacat tersebut diharuskan untuk dilakukan pengerjaan ulang (*rework*) dengan biaya tertentu (Sarkar & Giri, 2020).

2.3.10 Algoritma Evolusi (*Evolutionary Algorithm*)

Metode *evolutionary algorithm* merupakan suatu metode di dalam *solver Microsoft Excel* yang dapat digunakan untuk mencari solusi optimal suatu model (Yulianto et al., 2020).

Evolutionary Algorithm secara umum adalah suatu algoritma optimasi yang terinspirasi dari teori Darwin mengenai kapabilitas alami suatu individu yang bisa beradaptasi dengan baik di alam. Gagasan dari teknik algoritma evolusi ini adalah seperti dalam suatu lingkungan dengan keterbatasan sumber daya, populasi individu bersaing untuk mendapatkan sumber daya tersebut, sehingga terjadi seleksi alam di mana individu yang paling cocok akan bertahan hidup (*survival of the fittest*). Situasi ini menghasilkan kemunculan populasi yang terdiri dari individu yang paling mampu beradaptasi (*survival of the fittest*).



Gambar 2. 1 Algoritma *Evolutionary*

Menurut Yu dan Gen (2010), terdapat tiga karakteristik utama dari penggunaan *Evolutionary Algorithm*, yaitu (Senatra & Widyadana, 2022):

1. Berbasis populasi, *Evolutionary Algorithm* menyimpan beberapa kelompok solusi yang dinamakan populasi untuk melakukan optimasi atau mempelajari suatu masalah secara paralel.
2. Berorientasi pada *fitness*, pada setiap solusi dalam suatu populasi disebut individu, setiap individu memiliki representasi gen-nya yang disebut kode (*code*) dan evaluasi performa yang bernama *fitness value*. *Evolutionary Algorithm* lebih mengutamakan individu atau solusi dengan nilai *fit* yang lebih baik sebagai dasar optimasi dan konvergensi dari algoritma tersebut.
3. Tergerak oleh variasi, masing-masing individu akan mengalami berbagai perubahan melalui variasi untuk menirukan perubahan genetik yang penting untuk mencari daerah populasi.

Menurut Hillier dan Lieberman pada penelitian yang diteliti oleh Yulianto et al (2020) menyatakan bahwa *evolutionary algorithm* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode *metaheuristic algorithm* lainnya yaitu:

1. Kompleksitas fungsi objektif tidak mempengaruhi *evolutionary algorithm*, selama fungsi tersebut dapat dievaluasi untuk masalah uji coba yang diberikan.
2. Kompleksitas dari kendala yang ada tidak mempengaruhi *evolutionary algorithm* secara substansial.
3. *Solver* evolutionary sendiri tidak terjebak pada lokal optimum suatu hasil dan akan terus bekerja secara random untuk mencari hasil yang lebih optimal lagi. *evolutionary algorithm* juga dapat menemukan hasil global optimum dalam prosesnya jika dijalankan secara terus-menerus, sehingga metode ini sangat cocok digunakan untuk permasalahan yang cenderung kecil.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek dan Subjek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah persediaan produk yang optimal pada pemasok dan pembeli untuk memenuhi dari ketidakpastian permintaan pelanggan. Dan subjek pada penelitian ini yaitu pada UMKM Batik X yang berada di Yogyakarta yang pada rantai pasok ini berperan sebagai pemasok atau pembeli tunggal produk batik yang memproduksi beberapa produk batik dan melakukan distribusi kepada pembeli sebanyak 5 pembeli yang berperan sebagai *reseller*. Pada penelitian ini berfokus dalam mencari solusi optimal dari ukuran lot pemesanan, lot produksi dan titik pemesanan ulang dengan memperhatikan sistem *transshipment* dan probabilitas produk cacat.

3.2 Jenis Data Penelitian

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa data sekunder dan kajian pustaka. Data sekunder adalah data diperoleh melalui sumber data yang telah ada sebelumnya, dapat diperoleh dari instansi terkait, penelitian terdahulu, jurnal buku, atau sumber lain yang berkaitan (Aziz et al., 2021). Dan pada penelitian ini, peneliti memperoleh kajian pustaka yang bersumber dari jurnal, buku, laporan, artikel dan penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang diangkat. Pada penelitian ini, terdapat beberapa data yang diperlukan yang terdiri dari data pemasok dan pembeli. Untuk data yang dimiliki oleh pemasok UMKM Batik X Yogyakarta adalah sebagai berikut:

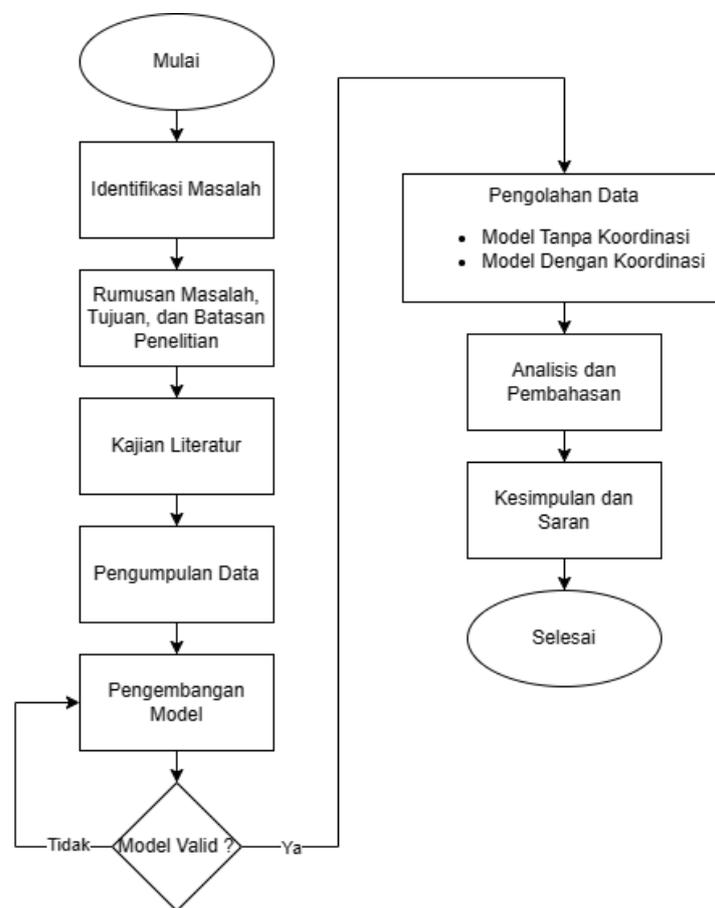
1. Data pemesanan dari pembeli,
2. Data probabilitas produk cacat,
3. Biaya persiapan (*setup*),
4. Biaya penyimpanan (*holding*),
5. Biaya *Lost Sales*,
6. Biaya *Rework*

Sedangkan terdapat kebutuhan data dari pembeli adalah sebagai berikut:

1. Data distribusi permintaan dari konsumen dan antar pembeli,
2. Biaya pemesanan ke pemasok,
3. Biaya pemesanan antar pembeli,
4. Biaya penyimpanan,
5. Biaya *Lost Sales*

3.3 Alur Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari alur penelitian:

1. Mulai

Tahapan ini merupakan tahapan paling awal dan menginisiasi seluruh tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini,

2. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, peneliti melakukan identifikasi masalah yang terjadi pada UMKM Batik X Yogyakarta. Terdapat permasalahan yang dialami oleh UMKM Batik X Yogyakarta yaitu tidak terdapat koordinasi yang baik antara pihak pemasok dan pembeli. Dan dari pembeli juga mengalami permintaan yang tidak pasti dari pelanggan sehingga membuat frekuensi pemesanan yang kerap dan akan membuat biaya pesan semakin besar. Belum ada koordinasi yang baik mengenai pemesanan produk batik antara antar pembeli. Dan dari pihak pemasok masih memiliki sistem produksi yang tidak sempurna, sehingga masih berpotensi memproduksi adanya produk cacat.

3. Rumusan Masalah, Tujuan, dan Batasan Penelitian

Pada tahap ini, peneliti menentukan rumusan masalah, tujuan penelitian, serta batasan penelitian guna membantu peneliti agar terfokus pada pemecahan masalah yang ada pada tahap identifikasi masalah dan mencapai tujuan penelitian.

4. Kajian Literatur

Kajian literatur pada penelitian ini terdiri dari kajian deduktif dan kajian induktif. Kajian deduktif berisi tentang kajian teoritis pada penelitian, pada penelitian ini kajian deduktif membahas mengenai *supply chain management*, persediaan, metode pengendalian persediaan, metode *Joint Economic Lot Size (JELS)*, produksi tidak sempurna, dan model algoritma *evolutionary*. Sedangkan untuk kajian induktif yaitu membahas mengenai penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki topik yang relevan dengan penelitian yang diangkat yang kemudian dibuat *research gap* untuk membedakan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan.

5. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan data yang diperlukan untuk penelitian, yang kemudian akan diolah pada tahap selanjutnya. Pada penelitian ini digunakan data sekunder dari UMKM Batik X Yogyakarta.

6. Pengembangan Model

Pada tahap ini, peneliti akan membangun sebuah model matematis yang menjadi fokus dari penelitian. Langkah pertama yang dilakukan yaitu menjelaskan karakteristik sistem yang diteliti, kemudian dilakukan pengembangan model matematis dengan

mempertimbangkan variabel-variabel yang digunakan. Model yang telah dibangun akan diverifikasi kembali guna memastikan bahwa model yang dibangun telah merepresentasi model dalam kondisi nyata atau tidak dan juga memiliki dimensi satuan yang sama atau tidak. Apabila model valid maka akan dilanjutkan ke tahap pengolahan data dengan analisis numerik, namun apabila tidak maka model perlu dikembangkan kembali.

7. Pengolahan Data

Setelah data yang dibutuhkan telah diperoleh, tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan numerik dengan model yang telah dikembangkan. Pada tahap ini akan dibangun dua bentuk model yaitu model tanpa koordinasi dan model dengan koordinasi.

- 1) Pada model tanpa koordinasi yaitu model yang dibangun dengan melakukan optimasi secara individu antara pemasok dan pembeli dengan menggunakan *solver Evolutionary*, dengan langkah-langkah yaitu dengan men-*generate* pola permintaan yang telah diperoleh menggunakan *Microsoft Excel* dengan fungsi = NORMNIV untuk pola berdistribusi normal dan = RANDBETWEEN untuk pola berdistribusi *uniform*, kemudian dilakukan perhitungan biaya-biaya yang digunakan untuk memperoleh total biaya pemasok dan total biaya pembeli, kemudian dilakukan optimasi menggunakan *solver Evolutionary* dengan batasan-batasan yang telah ditentukan untuk mengetahui berapa ukuran lot pemesanan dan produksi yang optimal untuk memperoleh total biaya pemesanan dan total biaya produksi yang optimal.
- 2) Pada model dengan koordinasi yaitu model yang dibangun dengan melakukan perhitungan optimasi gabungan antara pemasok dan pembeli dengan menggunakan *solver Evolutionary*, dengan menggunakan data yang telah diperoleh pada tahap pengolahan model tanpa koordinasi sehingga dapat langsung dilakukan perhitungan biaya-biaya yang digunakan untuk memperoleh total biaya gabungan, kemudian dilakukan optimasi ukuran lot pemesanan dan ukuran lot produksi menggunakan *solver Evolutionary* dengan

batasan-batasan yang telah ditentukan untuk mengetahui total biaya gabungan yang optimal.

8. Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini, dilakukan analisis dan pembahasan pada hasil perhitungan menggunakan *solver Evolutionary* antara kedua model yang telah dilakukan pada tahap pengolahan data. Analisis dilakukan dengan melakukan perbandingan terhadap variabel keputusan berupa ukuran lot pemesanan, ukuran lot produksi, titik pemesanan kembali, dan titik produksi kembali, serta kriteria performansi penelitian yang berupa total biaya gabungan antara model tanpa koordinasi dan model dengan koordinasi. Pada tahapan ini juga dilakukan pembahasan mengenai penghematan yang terjadi antara kedua model.

9. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini yaitu di mana peneliti menyimpulkan hasil penelitian yang di mana menjawab dari rumusan masalah pada penelitian serta memberikan saran serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan bertujuan agar dapat memenuhi semua kebutuhan pada penelitian yang akan dilakukan. Dalam penelitian ini, data yang dibutuhkan merupakan data sekunder dari UMKM Batik X Yogyakarta, berikut merupakan data yang digunakan dalam penelitian ini

Tabel 4. 1 Data Biaya-Biaya Pemasok dan Pembeli

Jenis Biaya	Jenis Produk Batik					Satuan
	Batik 1	Batik 2	Batik 3	Batik 4	Batik 5	
Vendor						
Biaya <i>setup</i> (S)	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	Rp/unit/setup
Biaya simpan (<i>hv</i>)	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	Rp/unit/bulan
Biaya <i>lost sales</i> (<i>lv</i>)	5.500	6.500	4.000	7.000	4.000	Rp/unit
Biaya <i>rework</i> (<i>g</i>)	1.500	1.300	1.300	1.300	1.300	Rp/unit
Buyer 1						
Biaya pesan (A)	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	Rp/4pcs
Biaya simpan (<i>hb</i>)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	Rp/unit/bulan
Biaya <i>lost sales</i> (<i>lb</i>)	20.000	25.000	20.000	20.000	25.000	Rp/unit
Buyer 2						
Biaya pesan (A)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	Rp/4pcs
Biaya simpan (<i>hb</i>)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	Rp/unit/bulan
Biaya <i>lost sales</i> (<i>lb</i>)	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	Rp/unit
Buyer 3						
Biaya pesan (A)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	Rp/4pcs
Biaya simpan (<i>hb</i>)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	Rp/unit/bulan
Biaya <i>lost sales</i> (<i>lb</i>)	25.000	30.000	25.000	30.000	25.000	Rp/unit
Buyer 4						
Biaya pesan (A)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	Rp/4pcs
Biaya simpan (<i>hb</i>)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	Rp/unit/bulan
Biaya <i>lost sales</i> (<i>lb</i>)	35.000	25.000	25.000	25.000	25.000	Rp/unit
Buyer 5						
Biaya pesan (A)	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	Rp/4pcs
Biaya simpan (<i>hb</i>)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	Rp/unit/bulan
Biaya <i>lost sales</i> (<i>lb</i>)	25.000	25.000	25.000	35.000	30.000	Rp/unit

Dan dalam proses *transshipment* atau pemesanan antar pembeli terdapat biaya pemesanan antar pembeli sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Data Biaya Pemesanan Antar Pembeli

Hubungan	Jumlah Biaya Pemesanan (A)	Satuan
<i>Buyer 1 ke Buyer 5</i>	13.000	Rp/4 unit
<i>Buyer 2 ke Buyer 1</i>	8.000	Rp/4 unit
<i>Buyer 3 ke Buyer 1</i>	8.000	Rp/4 unit
<i>Buyer 3 ke Buyer 5</i>	8.000	Rp/4 unit
<i>Buyer 4 ke Buyer 2</i>	8.000	Rp/4 unit

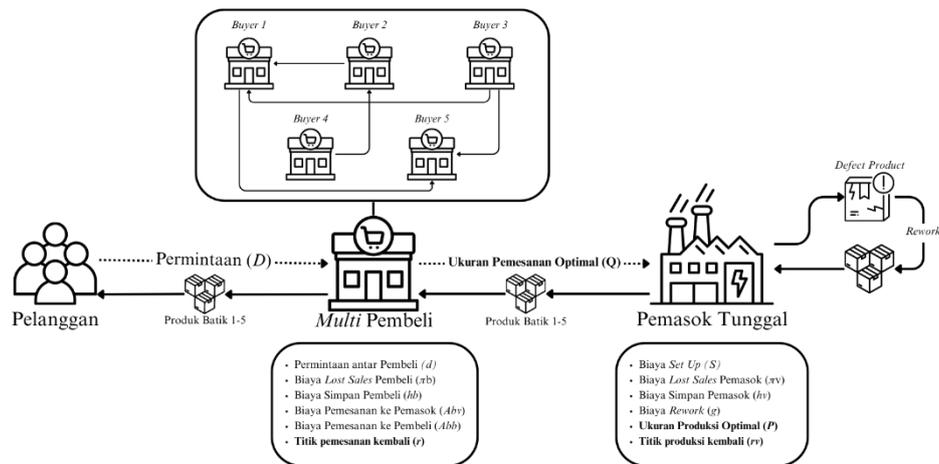
4.2 Deskripsi Sistem

Pada penelitian ini, sistem yang akan dipertimbangkan yaitu suatu rantai pasok yang terdiri dari *multi* eselon yaitu eselon pertama adalah pemasok atau *vendor* dan eselon kedua adalah pembeli atau *buyer*, dan pada penelitian ini terdiri dari pemasok tunggal (*single vendor*) dan multi pembeli (*multi buyer*). Dan pada penelitian ini juga mempertimbangkan sistem *lateral transshipment* antar pembeli, yang merupakan kondisi di mana pembeli dapat melakukan pembelian produk dengan pembeli lainnya untuk memenuhi permintaan pelanggan.

Proses rantai pasokan yang terjadi diawali dengan pembeli yang terdiri dari 5 pembeli yaitu *Buyer 1*, *Buyer 2*, *Buyer 3*, *Buyer 4*, dan *Buyer 5* menerima adanya sejumlah permintaan dari pelanggan akhir. Kemudian pembeli melakukan pengecekan ketersediaan stok produk di gudang, apabila stok produk telah mencapai titik pemesanan ulang (*reorder point*) maka pembeli akan melakukan pemesanan produk dengan jumlah produk sebanyak Q unit kepada pihak pemasok dengan biaya pemesanan sebesar A . Selanjutnya pemasok akan menerima informasi pemesanan dari pembeli, dan mulai melakukan beberapa ukuran lot produksi sebesar P dengan biaya *set up* sebesar S .

Pada penelitian ini permintaan pelanggan bersifat stokastik berdistribusi normal dengan rata-rata D dan standar deviasi σ atau berdistribusi *uniform*. Permintaan antar pembeli berdistribusi *uniform* sedangkan *lead time* dalam penelitian ini adalah konstan. Permintaan yang bersifat stokastik juga menyebabkan risiko adanya kekurangan persediaan (*shortage*) berupa *Lost Sales* yang biayanya ditanggung oleh pembeli.

Dikarenakan dari pemasok masih memiliki proses produksi yang tidak sempurna yang di mana apabila suatu mesin telah mencapai jumlah produksi tertentu akan mengalami turunnya performa, sehingga terkadang mengalami adanya produk cacat dengan probabilitas (θ). Apabila terjadi produk yang cacat, maka produk tersebut harus dilakukan pengerjaan ulang (*rework*) dengan biaya sebesar g , namun pada produk cacat yang dihasilkan, hanya beberapa produk yang dapat dilakukan pengerjaan ulang (*rework*).



Gambar 4. 1 *Business Process* UMKM Batik X Yogyakarta

Dalam sistem yang dikembangkan terdapat dua model yaitu model tanpa koordinasi yang merupakan kondisi di mana setiap eselon pada rantai pasok mengambil keputusan secara mandiri tanpa berkomunikasi atau berkoordinasi secara efektif dengan eselon lainnya. Dalam model ini, setiap eselon berfokus untuk memaksimalkan keuntungan tanpa memperhatikan dampak eselon lain pada suatu rantai pasok. Terdapat contoh model tanpa koordinasi yaitu pada suatu rantai pasok pakaian ritel, eselon produsen pakaian memproduksi pakaian sesuai dengan perkiraan permintaan mereka sendiri, kemudian dari eselon distributor melakukan pembelian secara besar-besaran dari produsen sesuai dengan estimasi mereka sendiri, sedangkan dari eselon pengecer menentukan pesanan mereka berdasarkan penilaian mereka sendiri terhadap permintaan konsumen tanpa berbagi informasi *real-time* dengan distributor atau produsen.

Kemudian terdapat model dengan koordinasi yang merupakan kondisi di mana setiap eselon rantai pasokan berusaha untuk bekerja bersama secara efisien dan berkoordinasi untuk mencapai tujuan bersama. Terdapat contoh model dengan koordinasi yaitu pada suatu rantai pasok peralatan elektronik, eselon produsen dan distributor melakukan koordinasi dengan berbagi informasi yang diperlukan seperti biaya yang diperlukan, tingkat permintaan komponen, waktu pengiriman. Kemudian produsen dan distributor merencanakan pesanan bersama seperti menentukan berapa banyak komponen yang akan dipesan dan dengan frekuensi seberapa sering pesanan akan dilakukan.

4.3 Komponen Model

4.3.1 Notasi Model

Berikut merupakan notasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

Indeks

- v : pemasok (*vendor*)
 b : indeks pembeli (*buyer*), $b = 1, 2, 3, 4, 5$
 p : indeks produk, $p = 1, 2, 3, 4, 5$
 t : periode, $t = 1, 2, \dots, T$

Parameter

- D : permintaan pembeli ke pemasok (unit)
 d : permintaan antara pembeli ke pembeli lain (unit)
 σ : standar deviasi permintaan pembeli (unit/bulan)
 P : ukuran lot produksi pemasok (unit/bulan)
 Q : ukuran lot pemesanan pembeli (unit)
 A : biaya pemesanan pembeli ke pemasok (Rp/4pcs)
 A_{bb} : biaya pemesanan pembeli ke pembeli lain (Rp/4pcs)
 S : biaya *setup* pemasok per sekali *setup* (Rp/unit/bulan)
 h_v : biaya simpan pemasok per unit per tahun (Rp/unit/bulan)
 h_b : biaya simpan pembeli per unit per tahun (Rp/unit/bulan)
 r_v : titik produksi ulang pemasok (unit)

r_b	: titik pemesanan ulang pembeli (<i>reorder point</i>)	(unit)
L	: panjang waktu tenggang (<i>lead time</i>)	(bulan)
l_v	: keuntungan yang hilang (<i>lost sales</i>) pemasok	(Rp/unit)
l_b	: keuntungan yang hilang (<i>lost sales</i>) pembeli	(Rp/unit)
g	: biaya pengerjaan ulang (<i>rework</i>) pemasok	(Rp/unit)
C	: jumlah produk cacat	(unit)
c	: jumlah produk cacat yang dapat di- <i>rework</i>	(unit)
JTC	: total biaya persediaan gabungan	(Rp)

4.3.2 Variabel Keputusan dan Kriteria Performansi

Variabel keputusan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Q^*	: ukuran lot pemesanan optimal pembeli	(unit)
P^*	: ukuran lot produksi optimal pemasok	(unit)
r_b^*	: titik pemesanan ulang pembeli	(unit)
r_v^*	: titik produksi ulang pemasok	(unit)

Dan berikut merupakan kriteria performansi yang digunakan:

TC_b	: total biaya dari pembeli
TC_v	: total biaya dari pemasok
JTC	: total biaya gabungan pembeli dan pemasok

4.3.3 Asumsi dan Batas Model

Terdapat asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model ini terbatas pada sistem persediaan pemasok tunggal, *multi* pembeli, dan *multi* produk.
2. Biaya transportasi per unit dari *vendor* ke *buyer* maupun dari *buyer* ke *buyer* lain adalah bersifat konstan dan independent terhadap jumlah pemesanan, sehingga biaya transportasi dapat diabaikan.
3. *Leadtime* adalah konstan yaitu 1 bulan.
4. Tingkat produksi lebih besar dari total permintaan ($P \geq D$).

5. Tidak mempertimbangkan *safety stock* dan *backorder*.
6. Tidak ada *quantity discount*.
7. Biaya-biaya yang ada dalam penelitian ini adalah konstan tidak dipengaruhi oleh inflasi dan lainnya.
8. Dari pemasok masih memiliki sistem produksi yang tidak sempurna, sehingga pada saat produksi mencapai 5000 unit produksi, terjadi kekurangan performa pada mesin produksi sehingga kerap mengalami kecacatan pada periode berikutnya.

4.4 Pengembangan Formulasi Model Matematika

4.4.1 Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan pada model yang dikembangkan yaitu untuk meminimasi total biaya gabungan antara pemasok dan pembeli yang terdiri dari biaya persediaan pemasok, biaya *setup* produksi, biaya *lost sales* pemasok, biaya *rework*, biaya persediaan pembeli, biaya pemesanan ke pemasok, biaya *lost sales* pembeli, dan biaya pemesanan antar pembeli. Variabel keputusan dari model ini yaitu jumlah pemesanan produk dari pembeli ke pemasok, titik pemesanan kembali serta jumlah produksi yang optimal dari pemasok, sehingga diperoleh fungsi tujuan dari model ini sebagai berikut:

$$\text{Minimasi } JTC = TC_v + TC_b \quad \dots(4.1)$$

Terkait komponen biaya yang terlibat pada fungsi tujuan akan dijelaskan secara rinci pada sub bab berikut:

4.4.2 Total Biaya Pembeli (TC_b)

1. Biaya Persediaan Pembeli

Biaya persediaan pembeli merupakan biaya yang dikeluarkan oleh pembeli dalam menangani penyimpanan produk. Biaya persediaan pembeli merupakan biaya antara total dari jumlah persediaan selama periode tertentu dikalikan dengan biaya simpan pembeli per unit. Berikut merupakan rumus dalam menentukan biaya persediaan pembeli:

$$HC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p I_{btp} \times h_b \quad \dots(4.2)$$

Di mana:

I_{btp} : Persediaan yang dimiliki oleh pembeli b , periode t , dan produk p

h_{bp} : Biaya penyimpanan per unit pembeli b pada produk p

2. Biaya *Lost Sales* Pembeli

Biaya kekurangan (*Shortage Cost*) terdiri dari dua bagian yaitu ekspektasi biaya *backorder* dan biaya *Lost Sales* (hilangnya penjualan). Biaya *shortage* muncul ketika terjadi ketidaksediaan produk pada waktu yang diperlukan dan tidak ada persediaan di gudang. Pada penelitian ini kekurangan persediaan dianggap sebagai *Lost Sales* dan diasumsikan pembeli tidak melakukan *backorder* atau pemesanan ulang secara mendadak. *Lost sales* terjadi apabila pembeli tidak sanggup memenuhi permintaan pelanggan, yang di mana hal tersebut terjadi apabila terdapat permintaan yang lebih besar dari stok produk yang tersedia di gudang. Berikut merupakan rumus total biaya *Lost Sales* yang ditanggung pembeli:

$$SC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p LS_{btp} \times l_b \quad \dots(4.3)$$

Di mana:

LS_{btp} : *Lost sales* yang terjadi pada pembeli b , periode t , dan produk p

l_b : Biaya *lost sales* per unit yang ditanggung oleh pembeli b , dan produk p

3. Biaya Pemesanan ke Pemasok

Biaya pemesanan merupakan banyaknya biaya yang dikeluarkan oleh pembeli b pada saat melakukan pemesanan ke pemasok. Berikut merupakan rumus biaya pemesanan ke pemasok:

$$OC_{bv} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p Q_{btp} \times A_{bv} \quad \dots(4.4)$$

Di mana:

Q_{btp} : Banyaknya pemesanan yang dilakukan oleh pembeli b , periode t , produk p ke pemasok.

A_{bv} : Biaya pemesanan pembeli b ke pemasok

4. Biaya Pemesanan antar Pembeli

Biaya pemesanan antar pembeli merupakan biaya yang dikeluarkan pada saat pembeli melakukan pemesanan produk ke pembeli lain. Data permintaan antar pembeli didapatkan dari hasil *generate random* berdasarkan data distribusi *uniform* menggunakan *Microsoft Excel*. Berikut merupakan rumus biaya pemesanan antar pembeli:

$$OC_{bb} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p d_{btp} \times A_{bb} \quad \dots(4.5)$$

Di mana:

d_{btp} : pemesanan yang dilakukan antar pembeli pada produk b , periode t , pembeli p

A_{bb} : biaya pemesanan antar pembeli

4.4.3 Total Biaya Pemasok (TC_v)

1. Biaya Persediaan Pemasok (*Inventory Cost*)

Biaya persediaan pemasok atau dapat disebut biaya simpan merupakan biaya yang dikeluarkan oleh pemasok dalam menangani penyimpanan produk. Biaya persediaan dapat diperoleh dari perkalian antara total jumlah persediaan pada periode tertentu dengan biaya simpan pemasok per unit. Berikut merupakan rumus total biaya persediaan pemasok:

$$HC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{vtp} \times h_v \quad \dots(4.6)$$

Di mana:

I_{vtp} : Persediaan yang dimiliki oleh *vendor* pada periode t dan produk p

h_v : Biaya simpan pada produk p milik pemasok

2. Biaya *Lost Sales* Pemasok

Biaya *lost sales* pemasok terjadi apabila pemasok tidak dapat memenuhi permintaan dari pembeli sehingga terjadi *lost sales* yang ditanggung oleh pemasok, pada penelitian ini produk cacat yang tidak dapat di-*rework* dianggap sebagai *lost sales*. Berikut merupakan rumus biaya *lost sales* pemasok:

$$SC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t X_{vtp} \times l_v \quad \dots(4.7)$$

Di mana:

X_{vtp} : *Lost sales* yang terjadi pada *vendor* pada periode t dan produk p

l_v : Biaya *lost sales* yang ditanggung oleh *vendor* per unit

3. Biaya *Setup*

Biaya *setup* merupakan biaya yang diperoleh dari perkalian antara jumlah produksi dalam satu kali *setup* dikalikan dengan biaya *setup* yang harus dikeluarkan untuk setiap kali produksi. Berikut merupakan rumus total biaya *setup* yang harus dikeluarkan oleh *vendor*:

$$SC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t P \times S \quad \dots(4.8)$$

4. Biaya *Rework*

Biaya *rework* merupakan biaya yang diperoleh dikarenakan terdapat kecacatan produk sehingga diperlukan pengerjaan ulang, total biaya *rework* diperoleh dari perkalian banyaknya produk cacat yang dapat di-*rework* dengan biaya *rework*. Berikut merupakan rumus total biaya *rework* yang harus dikeluarkan oleh *vendor*:

$$RC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t c_{vtp} \times g_{vp} \quad \dots(4.9)$$

Di mana:

c_{vtp} : jumlah produk cacat yang dapat di-*rework* pada *vendor*, periode t , dan produk p

g_{vp} : biaya *rework* yang ditanggung oleh *vendor* pada produk p

4.4.4 Total Biaya Gabungan (*JTC*)

Total biaya gabungan dapat diperoleh dari penjumlahan total biaya antara pembeli dan pemasok. Sehingga total biaya gabungan dapat diperoleh dengan model matematis yang dirumuskan sebagai berikut:

$$JTC = HC_b + SC_b + OC_{bv} + OC_{bb} + HC_v + SC_v + SC + RC \quad \dots(4.10)$$

Di mana:

HC_b : total biaya persediaan pembeli

SC_b : total biaya *Lost Sales* pembeli

OC_v : total biaya pemesanan pembeli ke pemasok

OC_{bb} : total biaya pemesanan pembeli ke pembeli

HC_v : total biaya persediaan pemasok

SC_v : total biaya *Lost sales* pemasok

SC : total biaya *setup* pemasok

RC : total biaya *rework* pemasok

4.5 Algoritma Model Pemecah Solusi

Model pemecah solusi yang akan dilakukan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu solusi model sendiri ril tanpa koordinasi dan solusi model dengan koordinasi.

4.5.1 Model Tanpa Koordinasi

Model tanpa koordinasi adalah kondisi di mana pengambilan keputusan dilakukan secara masing-masing antara pemasok dan pembeli. Pembeli melakukan optimasi nilai Q dan r sendiri dan pemasok juga melakukan hal yang serupa yaitu melakukan optimasi nilai P dan r secara masing-masing. Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan model tanpa koordinasi.

Tabel 4. 3 Langkah-langkah Perhitungan Model Tanpa Koordinasi Pembeli

Pembeli	
No	Langkah - langkah
1	<p><i>Generate</i> data permintaan pada masing-masing pembeli untuk setiap produk batik dengan menggunakan fungsi <i>Ms. Excel</i> untuk distribusi normal dengan fungsi, $= INT(NORMNIV(RAND()); D; \sigma)$,</p> <p>sedangkan untuk distribusi <i>uniform</i> dapat menggunakan fungsi, $= RANDBETWEEN(Batas Atas; Batas Bawah)$</p>
2	<p>Membuat model simulasi perhitungan menggunakan tabel <i>Excel</i> yang terdiri dari tabel perhitungan total permintaan dari pelanggan dan pembeli lain, total persediaan akhir, banyaknya <i>lost sales</i>, dan total pemesanan. Rumusnya sebagai berikut:</p> <p>Total Permintaan = Permintaan Pelanggan + Permintaan Pembeli Persediaan Akhir = Persediaan Awal – Total Permintaan</p> <p><i>Lost sales</i> terjadi apabila terdapat permintaan yang lebih besar dari persediaan yang ada atau kondisi di mana persediaan akhir kurang dari 0 atau bernilai negatif. Hal tersebut dapat diketahui berarti permintaan pelanggan tidak dapat terpenuhi.</p>
3	<p>Pemesanan Q_b terjadi apabila persediaan akhir kurang dari nilai <i>reorder point</i> dan tidak melakukan order pada periode sebelumnya. Nilai Q_b dan r_b pada awal perhitungan diasumsikan belum ada atau menggunakan angka <i>random</i> untuk kemudian dioptimasi menggunakan <i>solver Microsoft Excel</i> dengan algoritma <i>Evolutionary</i>. Fungsi tujuan adalah melakukan minimasi total biaya masing-</p>

Pembeli	
No	Langkah - langkah
	masing pembeli untuk setiap produk, dengan variabel pengubah Q_b dan r_b serta batasan-batasan tertentu.
4	Menghitung total biaya persediaan pembeli dengan rumus: $HC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p I_{btp} \times h_b$
5	Menghitung total biaya <i>lost sales</i> pembeli dengan rumus: $SC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p X_{btp} \times l_b$
6	Menghitung total biaya pemesanan ke pemasok dan biaya pemesanan antar pembeli dengan rumus berikut: $OC_{bv} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p Q_{btp} \times A_{bv}$ $OC_{bb} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p d_{btp} \times A_{bb}$
7	Menghitung total biaya pembeli (TC_b) dengan menjumlahkan biaya persediaan pembeli, biaya <i>lost sales</i> pembeli, biaya pemesanan ke pemasok dan biaya pemesanan ke pembeli lain. $TC_b = HC_b + SC_b + OC_{bv} + OC_{bb}$

Tabel 4. 4 Langkah-langkah Perhitungan Model Tanpa Koordinasi Pemasok

Pemasok	
No	Langkah - langkah
1	Data permintaan pemasok didapatkan dari total jumlah pemesanan yang dilakukan oleh pembeli untuk setiap produk selama periode t , total jumlah permintaan dapat dirumuskan sebagai berikut:

Pemasok

No	Langkah - langkah
----	-------------------

$$D = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p Q_b$$

Di mana :

Q_b = Jumlah pemesanan dari pembeli b

- 2 Membuat model simulasi perhitungan menggunakan tabel *Ms. Excel*, terdapat tabel yang diperlukan dalam melakukan perhitungan yaitu perhitungan total permintaan, total persediaan akhir, banyaknya *lost sales* dan total produksi. Berikut merupakan rumus perhitungan:

Total Permintaan = Total Pesanan Pembeli

Persediaan Akhir = Persediaan Awal – Permintaan

Lost sales terjadi apabila permintaan lebih besar daripada persediaan yang ada atau persediaan akhir kurang dari 0 atau negatif. Hal tersebut dapat diketahui berarti permintaan pelanggan tidak dapat terpenuhi.

- 3 Pemasok melakukan produksi apabila persediaan akhir kurang dari nilai produksi kembali (*reorder point*). Nilai P dan r_v optimal dihitung menggunakan *solver Evolutionary* pada *Ms. Excel*. Fungsi tujuan dari penggunaan *solver Evolutionary* adalah untuk meminimasi total biaya pemasok untuk setiap produk, dengan variabel pengubah P dan r_v serta batasan-batasan tertentu.
-

- 4 Menghitung total biaya persediaan pemasok untuk setiap produk dari semua buyer dengan rumus berikut:

$$HC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{vtp} \times h_v$$

- 5 Menghitung total biaya *Lost Sales* pemasok dengan rumus berikut:

$$SC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t X_{vtp} \times l_v$$

- 6 Menghitung total biaya *setup* pemasok dengan rumus berikut:
-

Pemasok	
No	Langkah - langkah
	$SC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t P \times S$
7	Menghitung total biaya <i>rework</i> pemasok dengan rumus berikut:
	$RC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t c_{vtp} \times g_{vp}$
8	Menghitung total biaya pemasok (TC_v) dengan menjumlahkan biaya persediaan, biaya <i>Lost Sales</i> dan biaya <i>setup</i> .
	$TC_v = HC_v + SC_v + SC + RC$

4.5.2 Model Dengan Koordinasi

Model dengan koordinasi adalah kondisi di mana pengambilan keputusan dilakukan secara terintegrasi antara pemasok dan pembeli. Pada model tersebut dilakukan optimasi biaya pada total biaya gabungan antara pemasok. Berikut merupakan langkah-langkah dari penggunaan model dengan koordinasi:

Tabel 4. 5 Langkah-langkah Perhitungan Model Dengan Koordinasi

No.	Langkah-langkah
1.	Menggunakan model awal yang sudah ada pada perhitungan sebelumnya
2.	Melakukan optimasi dengan melakukan <i>solver Evolutionary</i> pada <i>Ms. Excel</i> dengan opsi fungsi tujuan adalah sel total biaya gabungan antara semua pembeli dan pemasok. Variabel pengubah adalah nilai Q_b dan r_b dari pembeli dan P dan r_v dari pemasok yang diperoleh pada perhitungan sebelumnya. Terdapat batasan-batasan yang digunakan dalam melakukan optimasi sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> Nilai Q_b, r_b, P, dan r_v merupakan bilangan integer Terdapat batas bawah pada nilai Q_b dan r_v yaitu ≥ 0 atau bernilai positif Sedangkan batas atas pada nilai Q_b dan r_v yaitu ≤ 10000

d. Nilai P dan r_v bernilai positif

e. Nilai P lebih besar sama dengan nilai permintaan terbesar ($P \geq D$)

3. Menghitung total persediaan akhir pembeli, total *lost sales* pembeli, total pemesanan pembeli, total persediaan akhir pemasok, total *lost sales* pemasok, dan total produksi pemasok.

4. Menghitung total persediaan akhir pembeli dengan menggunakan rumus berikut:

$$HC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p I_{btp} \times h_b$$

5. Menghitung total biaya *lost sales* pembeli dengan menggunakan rumus berikut:

$$SC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p X_{btp} \times l_b$$

6. Menghitung total biaya pemesanan ke pemasok dan biaya pemesanan antar pembeli dengan menggunakan rumus berikut:

$$OC_{bv} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p Q_{btp} \times A_{bv}$$

$$OC_{bb} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p d_{btp} \times A_{bb}$$

7. Menghitung total biaya persediaan pemasok pada setiap produk dari semua pembeli dengan menggunakan rumus berikut:

$$HC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{vtp} \times h_v$$

8. Menghitung total biaya *lost sales* pemasok dengan menggunakan rumus berikut:

$$SC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t X_{vtp} \times l_v$$

9. Menghitung total biaya *setup* pemasok dengan menggunakan rumus berikut:

$$SC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t P \times S$$

10. Menghitung biaya *rework* pemasok dengan menggunakan rumus berikut:

$$RC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t c_{vtp} \times g_{vp}$$

11. Menghitung total biaya pembeli dan pemasok dengan menjumlahkan biaya-biaya berikut:

$$JTC = HC_b + SC_b + OC_{bv} + OC_{bb} + HC_v + SC_v + SC + RC$$

4.6 Validasi Model

Validasi model pada penelitian ini merupakan tahap pembuktian formulasi model dari model yang telah dikembangkan dengan melakukan pengecekan dimensi satuan model. Tahapan untuk melakukan validasi model dapat dilakukan dengan memeriksa kesesuaian dimensi satuan pada ruas kanan dan kiri. Pada tahapan ini digunakan sumber penelitian terdahulu dari Kusumawardhani (2022) sebagai dasaran pada validasi model yang akan dilakukan dengan penambahan variabel yaitu Biaya *Rework*. Berikut merupakan hasil validasi pada model yang dikembangkan:

Tabel 4. 6 Validasi Model

Persamaan	Pemeriksaan Satuan	Status
Biaya simpan pembeli	$HC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p I_{btp} \times h_b$ $HC_b = \frac{unit}{bulan} \times \frac{Rp/unit}{bulan}$ $HC_b = \frac{unit}{bulan} \times \frac{Rp/unit}{bulan}$ $HC_b = Rp$	Valid

Persamaan	Pemeriksaan Satuan	Status
Biaya <i>lost sales</i> pembeli	$SC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p X_{btp} \times l_b$ $SC_b = unit \times \frac{Rp}{unit}$ $SC_b = \cancel{unit} \times \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $SC_b = Rp$	Valid
Biaya pemesanan pembeli ke pemasok	$OC_{bv} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p Q_{btp} \times A_{bv}$ $OC_{bv} = unit \times \frac{Rp}{unit}$ $OC_{bv} = \cancel{unit} \times \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $OC_{bv} = Rp$	Valid
Biaya pemesanan pembeli ke pembeli	$OC_{bb} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p d_{btp} \times A_{bb}$ $OC_{bb} = unit \times \frac{Rp}{unit}$ $OC_{bb} = \cancel{unit} \times \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $OC_{bb} = Rp$	Valid
Biaya simpan pemasok	$HC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{vtp} \times h_v$ $HC_v = \frac{unit}{bulan} \times \frac{Rp/unit}{bulan}$ $HC_v = \frac{\cancel{unit}}{bulan} \times \frac{Rp/\cancel{unit}}{bulan}$ $HC_v = Rp$	Valid

Persamaan	Pemeriksaan Satuan	Status
Biaya <i>lost sales</i> pemasok	$SC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t X_{vtp} \times l_v$ $SC_v = unit \times \frac{Rp}{unit}$ $SC_v = \cancel{unit} \times \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $SC_v = Rp$	Valid
Biaya <i>setup</i> pemasok	$SC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t P \times S$ $SC = \frac{unit}{bulan} \times \frac{Rp/unit}{bulan}$ $SC = \frac{\cancel{unit}}{bulan} \times \frac{Rp/\cancel{unit}}{bulan}$ $SC = Rp$	Valid
Biaya <i>rework</i> pemasok	$RC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t c_{vtp} \times g_{vp}$ $RC = unit \times \frac{Rp}{unit}$ $RC = \cancel{unit} \times \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $RC = Rp$	Valid

4.6.1 Validasi Asumsi Probabilitas Produk Cacat

Pada penelitian ini dari pihak pemasok yaitu UMKM Batik X Yogyakarta memiliki potensi terjadinya produk cacat pada setiap 5000 produksi yang disebabkan oleh turunnya performa dari mesin produksi yang menyebabkan adanya potensi memproduksi produk

cacat. Pada sistem produksi dari UMKM X Yogyakarta memiliki probabilitas cacat sebesar 0 - 40% dari jumlah produksi pada periode tertentu sehingga digunakan fungsi $=INT((RANDBETWEEN(0,40)/100)*Jumlah\ Produksi)$. Kemudian dari jumlah produk cacat yang dihasilkan, hanya sebesar 40% dari jumlah produk cacat yang dapat dilakukan *rework*, sehingga dari banyaknya produk cacat yang diperoleh, digunakan fungsi $=ROUND(Jumlah\ Produk\ Cacat*0.4, 0)$ untuk memperoleh banyaknya produk cacat yang dapat dilakukan *rework* yang di mana sisa 60% dari produk cacat yang diperoleh tersebut tidak dapat dilakukan *rework* dan masuk dalam *lost sales*.

Untuk mengetahui kapan produksi tersebut akan mengalami potensi memproduksi produk cacat yaitu dengan melakukan penjumlahan kumulatif dari banyaknya produksi yang telah dilakukan pada periode sebelumnya, apabila jumlah produksi dalam beberapa periode telah mencapai kelipatan 5000 unit, maka pada aktivitas produksi periode tersebut akan memiliki potensi terjadinya produk cacat. Berikut merupakan contoh validasi asumsi probabilitas pada Produk Batik 1 antara hasil coba dengan data ril.

Periode (t)	Initial Inv.	Total Demand	End. Inv	Prod. Qty	Cum. Prod. Qty	Total Defect	Rework (40%)	Defect	Lost Sales	Abs. Inv
1	1412	1412	0	1450	1450	0	0	0	0	0
2	1450	0	1450	0	1450	0	0	0	0	1450
3	1450	1412	38	0	1450	0	0	0	0	38
4	38	0	38	0	1450	0	0	0	0	38
5	38	1412	-1374	1450	2900	0	0	0	1374	0
6	1450	0	1450	0	2900	0	0	0	0	1450
7	1450	1412	38	0	2900	0	0	0	0	38
8	38	0	38	0	2900	0	0	0	0	38
9	38	1412	-1374	1450	4350	0	0	0	1374	0
10	1450	0	1450	0	4350	0	0	0	0	1450
11	1450	1412	38	0	4350	0	0	0	0	38
12	38	0	38	0	4350	0	0	0	0	38
13	38	1412	-1374	1450	5800	536	214	322	1374	0
14	1128	0	1128	0	5800	0	0	0	0	1128
15	1128	1412	-284	1450	7250	0	0	0	284	0
16	1450	0	1450	0	7250	0	0	0	0	1450
17	1450	1412	38	0	7250	0	0	0	0	38
18	38	0	38	0	7250	0	0	0	0	38
19	38	1412	-1374	1450	8700	0	0	0	1374	0
20	1450	0	1450	0	8700	0	0	0	0	1450
21	1450	1412	38	0	8700	0	0	0	0	38
22	38	0	38	0	8700	0	0	0	0	38
23	38	1412	-1374	1450	10150	319	128	191	1374	0
24	1259	0	1259	0	10150	0	0	0	0	1259
25	1259	1412	-153	1450	11600	0	0	0	153	0
26	1450	0	1450	0	11600	0	0	0	0	1450
27	1450	1412	38	0	11600	0	0	0	0	38
28	38	0	38	0	11600	0	0	0	0	38
29	38	1412	-1374	1450	13050	0	0	0	1374	0
30	1450	0	1450	0	13050	0	0	0	0	1450
31	1450	1412	38	0	13050	0	0	0	0	38
32	38	0	38	0	13050	0	0	0	0	38
33	38	1412	-1374	1450	14500	0	0	0	1374	0
34	1450	0	1450	0	14500	0	0	0	0	1450
35	1450	1412	38	0	14500	0	0	0	0	38
36	38	0	38	0	14500	0	0	0	0	38
37	38	1412	-1374	1450	15950	395	158	237	1374	0
38	1213	0	1213	0	15950	0	0	0	0	1213
39	1213	1412	-199	1450	17400	0	0	0	199	0
40	1450	0	1450	0	17400	0	0	0	0	1450
41	1450	1412	38	0	17400	0	0	0	0	38
42	38	0	38	0	17400	0	0	0	0	38
43	38	1412	-1374	1450	18850	0	0	0	1374	0
44	1450	0	1450	0	18850	0	0	0	0	1450
45	1450	1412	38	0	18850	0	0	0	0	38
46	38	0	38	0	18850	0	0	0	0	38
47	38	1412	-1374	1450	20300	333	133	200	1374	0
48	1250	0	1250	0	20300	0	0	0	0	1250
49	1250	1412	-162	1450	21750	0	0	0	162	0
50	1450	0	1450	0	21750	0	0	0	0	1450
51	1450	1412	38	0	21750	0	0	0	0	38
52	38	0	38	0	21750	0	0	0	0	38
53	38	1412	-1374	1450	23200	0	0	0	1374	0
54	1450	0	1450	0	23200	0	0	0	0	1450
55	1450	1412	38	0	23200	0	0	0	0	38
56	38	0	38	0	23200	0	0	0	0	38
57	38	1412	-1374	1450	24650	0	0	0	1374	0
58	1450	0	1450	0	24650	0	0	0	0	1450
59	1450	1412	38	0	24650	0	0	0	0	38
60	38	0	38	0	24650	0	0	0	0	38

Gambar 4. 2 Validasi Hasil Coba Pada Produk Batik 1

Periode (t)	Initial Inv.	Total Demand	End. Inv	Prod. Qty	Cum. Prod. Qty	Total Defect	Rework (40%)	Defect	Lost Sales	Abs. Inv
1	1412	1412	0	1413	1413	0	0	0	0	0
2	1413	0	1413	0	1413	0	0	0	0	1413
3	1413	1412	1	0	1413	0	0	0	0	1
4	1	0	1	0	1413	0	0	0	0	1
5	1	1412	-1411	1413	2826	0	0	0	1411	0
6	1413	0	1413	0	2826	0	0	0	0	1413
7	1413	1412	1	0	2826	0	0	0	0	1
8	1	0	1	0	2826	0	0	0	0	1
9	1	1412	-1411	1413	4239	0	0	0	1411	0
10	1413	0	1413	0	4239	0	0	0	0	1413
11	1413	1412	1	0	4239	0	0	0	0	1
12	1	0	1	0	4239	0	0	0	0	1
13	1	1412	-1411	1413	5652	14	6	8	1411	0
14	1405	0	1405	0	5652	0	0	0	0	1405
15	1405	1412	-7	1413	7065	0	0	0	7	0
16	1413	0	1413	0	7065	0	0	0	0	1413
17	1413	1412	1	0	7065	0	0	0	0	1
18	1	0	1	0	7065	0	0	0	0	1
19	1	1412	-1411	1413	8478	0	0	0	1411	0
20	1413	0	1413	0	8478	0	0	0	0	1413
21	1413	1412	1	0	8478	0	0	0	0	1
22	1	0	1	0	8478	0	0	0	0	1
23	1	1412	-1411	1413	9891	0	0	0	1411	0
24	1413	0	1413	0	9891	0	0	0	0	1413
25	1413	1412	1	0	9891	0	0	0	0	1
26	1	0	1	0	9891	0	0	0	0	1
27	1	1412	-1411	1413	11304	226	90	136	1411	0
28	1277	0	1277	0	11304	0	0	0	0	1277
29	1277	1412	-135	1413	12717	0	0	0	135	0
30	1413	0	1413	0	12717	0	0	0	0	1413
31	1413	1412	1	0	12717	0	0	0	0	1
32	1	0	1	0	12717	0	0	0	0	1
33	1	1412	-1411	1413	14130	0	0	0	1411	0
34	1413	0	1413	0	14130	0	0	0	0	1413
35	1413	1412	1	0	14130	0	0	0	0	1
36	1	0	1	0	14130	0	0	0	0	1
37	1	1412	-1411	1413	15543	395	158	237	1411	0
38	1176	0	1176	0	15543	0	0	0	0	1176
39	1176	1412	-236	1413	16956	0	0	0	236	0
40	1413	0	1413	0	16956	0	0	0	0	1413
41	1413	1412	1	0	16956	0	0	0	0	1
42	1	0	1	0	16956	0	0	0	0	1
43	1	1412	-1411	1413	18369	0	0	0	1411	0
44	1413	0	1413	0	18369	0	0	0	0	1413
45	1413	1412	1	0	18369	0	0	0	0	1
46	1	0	1	0	18369	0	0	0	0	1
47	1	1412	-1411	1413	19782	0	0	0	1411	0
48	1413	0	1413	0	19782	0	0	0	0	1413
49	1413	1412	1	0	19782	0	0	0	0	1
50	1	0	1	0	19782	0	0	0	0	1
51	1	1412	-1411	1413	21195	310	124	186	1411	0
52	1227	0	1227	0	21195	0	0	0	0	1227
53	1227	1412	-185	1413	22608	0	0	0	185	0
54	1413	0	1413	0	22608	0	0	0	0	1413
55	1413	1412	1	0	22608	0	0	0	0	1
56	1	0	1	0	22608	0	0	0	0	1
57	1	1412	-1411	1413	24021	0	0	0	1411	0
58	1413	0	1413	0	24021	0	0	0	0	1413
59	1413	1412	1	0	24021	0	0	0	0	1
60	1	0	1	0	24021	0	0	0	0	1

Gambar 4. 3 Validasi Menggunakan Data Ril Pada Produk Batik 1

Pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa setiap jumlah produksi mencapai angka 5000 unit, maka pada periode tersebut akan mengalami adanya penurunan performa pada mesin yang menyebabkan adanya potensi produksi produk cacat. Pada Gambar 4.2, peneliti menggunakan data *dummy* yaitu sebesar 1450 unit dalam sekali produksi, sedangkan pada Gambar 4.3 peneliti menggunakan data ril yang merupakan hasil *Solver Evolutionary* yaitu sebesar 1413.

4.7 Pengolahan Data

Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan data yang di mana data yang diperoleh adalah berupa data sekunder yang telah dijelaskan pada bab metodologi penelitian. Pada tahap ini, peneliti menghitung model tanpa koordinasi dan model dengan koordinasi untuk mengetahui model yang paling optimal.

4.7.1 Contoh Perhitungan Model Tanpa Koordinasi

4.7.1.1 Perhitungan Biaya Pembeli

Langkah 1: *Generate Data Permintaan Pembeli*

Data permintaan dalam penelitian ini bersifat stokastik yang di mana data tersebut dapat berdistribusi normal atau *uniform* dengan jumlah permintaan pada setiap bulan yang bervariasi. Pada contoh perhitungan model tanpa koordinasi dilakukan pada permintaan dari *buyer 1* untuk produk 1 selama periode 60 bulan. Pada *buyer 1* memiliki rata-rata distribusi permintaan untuk produk 1 sebesar 300 unit dengan standar deviasi sebesar 35 unit. Berikut merupakan hasil *generate data* permintaan konsumen pada *buyer 1* untuk produk 1 selama periode 60 bulan:

Tabel 4. 7 Data Permintaan *Buyer 1* pada Produk Batik 1

Periode (bulan)	Permintaan (unit)	Periode (bulan)	Permintaan (unit)	Periode (bulan)	Permintaan (unit)
1	281	21	347	41	308
2	283	22	275	42	266
3	305	23	302	43	327
4	314	24	318	44	334
5	240	25	292	45	346
6	287	26	291	46	272
7	331	27	320	47	288
8	306	28	266	48	314

9	314	29	293	49	288
10	315	30	304	50	306
11	268	31	324	51	280
12	261	32	275	52	285
13	266	33	300	53	312
14	323	34	283	54	297
15	345	35	308	55	294
16	321	36	296	56	284
17	301	37	295	57	300
18	325	38	288	58	326
19	335	39	294	59	334
20	322	40	294	60	238

Selain menerima permintaan dari konsumen, *buyer 1* juga menerima permintaan produk 1 dari *buyer 2* dan *buyer 3* yang di mana merupakan konsep dari *lateral transshipment* di mana pembeli atau *buyer* dapat saling memenuhi permintaan dari satu pembeli ke pembeli lain. Pola permintaan dari pembeli lain berdistribusi *uniform*, untuk *buyer 2* memiliki batas bawah 2 dan batas atas 10, sedangkan *buyer 3* memiliki batas bawah 2 dan batas atas 15. Berikut merupakan hasil *generate* permintaan dari *buyer 2* ke *buyer 1*:

Tabel 4. 8 Data Permintaan *Buyer 2* ke *Buyer 1*

Periode (unit)	Permintaan (unit)	Periode (unit)	Permintaan (unit)	Periode (unit)	Permintaan (unit)
1	5	21	8	41	10
2	2	22	2	42	5
3	5	23	7	43	8
4	2	24	2	44	9
5	5	25	5	45	4
6	2	26	8	46	7
7	10	27	2	47	10
8	2	28	10	48	7
9	3	29	8	49	9
10	5	30	6	50	4
11	6	31	5	51	4
12	4	32	5	52	4
13	2	33	10	53	8
14	3	34	5	54	3
15	3	35	9	55	2
16	6	36	4	56	3
17	10	37	6	57	3

18	4	38	4	58	2
19	3	39	5	59	9
20	9	40	10	60	7

Berikut merupakan hasil *generate* permintaan produk 1 dari *buyer 3* ke *buyer 1*:

Tabel 4. 9 Data Permintaan *Buyer 3* ke *Buyer 1*

Periode (unit)	Permintaan (unit)	Periode (unit)	Permintaan (unit)	Periode (unit)	Permintaan (unit)
1	4	21	12	41	5
2	12	22	13	42	13
3	3	23	12	43	4
4	7	24	11	44	7
5	14	25	10	45	4
6	3	26	5	46	7
7	9	27	2	47	14
8	6	28	10	48	5
9	13	29	9	49	8
10	12	30	12	50	14
11	7	31	6	51	2
12	14	32	11	52	10
13	15	33	2	53	15
14	10	34	4	54	14
15	9	35	4	55	9
16	13	36	2	56	2
17	5	37	10	57	13
18	6	38	9	58	6
19	3	39	12	59	8
20	11	40	14	60	10

Langkah 2 : Membuat Model Simulasi Perhitungan Total permintaan, Total Persediaan, dan *Lost Sales*

Dalam tahap ini akan dilakukan contoh perhitungan model untuk *Buyer 1* pada produk 1, untuk perhitungan lengkap pada setiap *buyer* dan produk akan ditampilkan pada lembar lampiran.

Kebijakan pemesanan yang digunakan untuk *Buyer 1* pada produk 1 berdasarkan hasil dari optimasi menggunakan *Solver Evolutionary* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Data *Buyer 1* pada Produk Batik 1

Persediaan Awal (unit)	Jumlah Pemesanan Q (unit)	Reorder Point (unit)	Lead time (bulan)
300	626	2439	1

Tabel 4. 11 Hasil Model Simulasi Perhitungan *Buyer 1* pada Produk Batik 1

Periode (t)	Persediaan Awal (unit)	Total Permintaan (D)	Persediaan Akhir (I)	Jumlah Pesan (Q)	Jumlah Pesan ke <i>Buyer 5</i> (d)	Jumlah Lost Sales (X)	Stok Mutlak Persediaan Akhir
1	300	290	10	626	4	0	10
2	636	297	339	0	2	0	339
3	339	313	26	626	4	0	26
4	652	323	329	0	4	0	329
5	329	259	70	626	3	0	70
6	696	292	404	0	5	0	404
7	404	350	54	626	5	0	54
8	680	314	366	0	3	0	366
9	366	330	36	626	5	0	36
10	662	332	330	0	4	0	330
11	330	281	49	626	4	0	49
12	675	279	396	0	2	0	396
13	396	283	113	626	4	0	113
14	739	336	403	0	3	0	403
15	403	357	46	626	5	0	46
16	672	340	332	0	4	0	332
17	332	316	16	626	2	0	16
18	642	335	307	0	4	0	307
19	307	341	-34	626	5	34	0
20	626	342	284	0	2	0	284
21	284	367	-83	626	4	83	0
22	626	290	336	0	5	0	336
23	336	321	15	626	2	0	15
24	641	331	310	0	3	0	310
25	310	307	3	626	4	0	3
26	629	304	325	0	2	0	325
27	325	324	1	626	4	0	1
28	627	286	341	0	5	0	341
29	341	310	31	626	3	0	31
30	657	322	335	0	4	0	335
31	335	335	0	626	2	0	0
32	626	291	335	0	5	0	335
33	335	312	23	626	5	0	23
34	649	292	357	0	3	0	357
35	357	321	36	626	2	0	36
36	662	302	360	0	5	0	360
37	360	311	49	626	3	0	49

Periode (<i>t</i>)	Persediaan Awal (unit)	Total Permintaan (<i>D</i>)	Persediaan Akhir (<i>I</i>)	Jumlah Pesan (<i>Q</i>)	Jumlah Pesan ke <i>Buyer 5</i> (<i>d</i>)	Jumlah Lost Sales (<i>X</i>)	Stok Mutlak Persediaan Akhir
38	675	301	374	0	2	0	374
39	374	311	63	626	2	0	63
40	689	318	371	0	2	0	371
41	371	323	48	626	4	0	48
42	674	284	390	0	2	0	390
43	390	339	51	626	3	0	51
44	677	350	327	0	2	0	327
45	327	354	-27	626	2	27	0
46	626	286	340	0	5	0	340
47	340	312	28	626	5	0	28
48	654	326	328	0	2	0	328
49	328	305	23	626	4	0	23
50	649	324	325	0	5	0	325
51	325	286	39	626	2	0	39
52	665	299	366	0	4	0	366
53	366	335	31	626	5	0	31
54	657	314	343	0	3	0	343
55	343	305	38	626	5	0	38
56	664	289	375	0	2	0	375
57	375	316	59	626	5	0	59
58	685	334	351	0	3	0	351
59	351	351	0	626	3	0	0
60	626	255	371	0	5	0	371
Total				18780	212	144	11408

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.11 diperoleh jumlah pemesanan ke pemasok, jumlah pemesanan ke pembeli lain, jumlah *Lost Sales* serta jumlah persediaan akhir, setelah diperoleh data-data tersebut yang kemudian dapat dilakukan perhitungan biaya-biaya pada pembeli.

Langkah 3: Melakukan optimasi Q_b dan r_b

Optimasi Q_b dan r_b dapat dilakukan dengan menggunakan *solver* yang terdapat pada *Ms. Excel* yaitu algoritma *Evolutionary*. Fungsi tujuan yang dipilih adalah total biaya pembeli 1 pada produk 1 dengan variabel pengubah adalah Q_b dan r_b dengan batasan-batasan berikut:

1. Q_b dan r_b lebih dari sama dengan 0 atau bernilai positif
2. Q_b dan r_b merupakan bilangan integer

Berikut merupakan hasil optimasi Q_b dan r_b pada *Buyer 1* untuk produk 1 dengan menggunakan batasan-batasan di atas:

Tabel 4. 12 Hasil Optimasi *Buyer 1* pada Produk Batik 1

Jumlah pemesanan Q_b (unit)	Reorder Point (unit)
626	2439

Langkah 4: Perhitungan Biaya Persediaan Pembeli

Biaya persediaan pembeli dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total persediaan dengan biaya simpan pada *Buyer 1* untuk produk 1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$HC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p I_{btp} \times h_b$$

$$HC_{11} = 11.408 \times 2000$$

$$HC_{11} = Rp. 22.816.000$$

Langkah 5: Perhitungan Biaya Lost Sales Pembeli

Biaya *lost sales* pembeli dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total *lost sales* dengan biaya *lost sales* pada *Buyer 1* untuk produk 1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$SC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p X_{btp} \times l_b$$

$$SC_{11} = 144 \times 20.000$$

$$SC_{11} = Rp. 2.880.000$$

Langkah 6: Perhitungan Biaya Pemesanan Pembeli ke Pemasok dan ke Pembeli lain

Biaya pemesanan pembeli terbagi menjadi dua yaitu biaya pemesanan ke pemasok dan biaya pemesanan ke pembeli lain, dalam contoh ini yaitu seperti *Buyer 1* melakukan

pemesanan produk 1 ke pemasok dan juga *Buyer 1* melakukan pemesanan ke *Buyer 5*. Terdapat perhitungan biaya pemesanan pembeli ke pemasok sebagai berikut:

$$OC_{bvp} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p Q_{btp} \times A_{bv}$$

$$OC_{v11} = 18.780 \times \left(\frac{13.000}{4pcs} \right)$$

$$OC_{v11} = Rp. 61.035.000$$

Dan terdapat juga perhitungan biaya pemesanan pembeli ke pembeli sebagai berikut:

$$OC_{bbp} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p d_{btp} \times A_{bb}$$

$$OC_{151} = 212 \times \left(\frac{13.000}{4pcs} \right)$$

$$OC_{151} = Rp. 689.000$$

Langkah 7: Perhitungan Total Biaya Pembeli

Total biaya pembeli dapat diperoleh dengan menjumlahkan total biaya persediaan, total biaya *lost sales*, total biaya pemesanan ke pembeli dan ke pemasok. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$TC_{bp} = HC_b + SC_b + OC_{bvp} + OC_{bbp}$$

$$TC_{bp} = 22.816.000 + 2.880.000 + 61.035.000 + 689.000$$

$$TC_{bp} = Rp. 87.420.000$$

4.7.1.2 Perhitungan Biaya Pemasok

Langkah 1: Membuat Model Simulasi Perhitungan Total permintaan, Total Persediaan, dan *Lost Sales*

Perhitungan pada model milik pemasok dilakukan untuk setiap produk dengan permintaan berupa jumlah dari pemesanan setiap pembeli. Model simulasi di bawah ini merupakan bentuk model milik pemasok yang di mana data permintaan diperoleh dari jumlah pemesanan dari pembeli 1 hingga pembeli 5, perhitungan lengkap terlampir pada lembar lampiran. Kebijakan jumlah produksi untuk produk 1 diperoleh dari hasil optimasi menggunakan *solver Ms. Excel* yaitu algoritma *evolutionary*. Berikut merupakan hasil optimasi menggunakan *evolutionary*:

Tabel 4. 13 Data Pemasok pada Produk 1

Persediaan Awal I_0 (unit)	Jumlah produksi P (unit)	Titik produksi kembali r_v (unit)	Lead time (bulan)
1412	1413	0	1

Berikut merupakan model simulasi yang dimiliki oleh pemasok untuk produk 1:

Tabel 4. 14 Hasil Model Simulasi Perhitungan Pemasok pada Produk Batik 1

Periode (t)	Persediaan Awal (unit)	Total Permintaan (D)	Persediaan Akhir (I)	Jumlah Produksi (P)	Total Defect	Rework	Defect	Jumlah Lost Sales (X)	Stok Mutlak Persediaan Akhir
1	1412	1412	0	1413	0	0	0	0	0
2	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
3	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
4	1	0	1	0	0	0	0	0	1
5	1	1412	-1411	1413	0	0	0	1411	0
6	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
7	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
8	1	0	1	0	0	0	0	0	1
9	1	1412	-1411	1413	0	0	0	1411	0
10	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
11	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
12	1	0	1	0	0	0	0	0	1
13	1	1412	-1411	1413	14	6	8	1411	0
14	1405	0	1405	0	0	0	0	0	1405
15	1405	1412	-7	1413	0	0	0	7	0
16	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
17	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
18	1	0	1	0	0	0	0	0	1
19	1	1412	-1411	1413	0	0	0	1411	0
20	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
21	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
22	1	0	1	0	0	0	0	0	1

Periode (t)	Persediaan Awal (unit)	Total Permintaan (D)	Persediaan Akhir (I)	Jumlah Produksi (P)	Total Defect	Rework	Defect	Jumlah Lost Sales (X)	Stok Mutlak Persediaan Akhir
23	1	1412	-1411	1413	0	0	0	1411	0
24	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
25	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
26	1	0	1	0	0	0	0	0	1
27	1	1412	-1411	1413	226	90	136	1411	0
28	1278	0	1278	0	0	0	0	0	1278
29	1278	1412	-134	1413	0	0	0	134	0
30	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
31	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
32	1	0	1	0	0	0	0	0	1
33	1	1412	-1411	1413	0	0	0	1411	0
34	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
35	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
36	1	0	1	0	0	0	0	0	1
37	1	1412	-1411	1413	395	158	237	1411	0
38	1176	0	1176	0	0	0	0	0	1176
39	1176	1412	-236	1413	0	0	0	236	0
40	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
41	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
42	1	0	1	0	0	0	0	0	1
43	1	1412	-1411	1413	0	0	0	1411	0
44	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
45	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
46	1	0	1	0	0	0	0	0	1
47	1	1412	-1411	1413	0	0	0	1411	0
48	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
49	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
50	1	0	1	0	0	0	0	0	1
51	1	1412	-1411	1413	310	124	186	1411	0
52	1227	0	1227	0	0	0	0	0	1227
53	1227	1412	-185	1413	0	0	0	185	0
54	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
55	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
56	1	0	1	0	0	0	0	0	1
57	1	1412	-1411	1413	0	0	0	1411	0
58	1413	0	1413	0	0	0	0	0	1413
59	1413	1412	1	0	0	0	0	0	1
60	1	0	1	0	0	0	0	0	1
Total				24021	945	378	567	17494	23481

Langkah 2: Melakukan optimasi nilai P dan r_v

Optimasi P dan r_v dilakukan menggunakan *solver Ms. Excel* dengan algoritma *Evolutionary*. Fungsi tujuan yang dipilih adalah total biaya dari pemasok dengan variabel pengubah adalah P dan r_v dengan batasan-batasan seperti:

- Nilai P dan r_v memiliki nilai lebih besar dari 0 atau bernilai positif
- Nilai P lebih besar sama dengan nilai D maksimum
- Nilai P dan r_v merupakan bilangan integer

Hasil optimasi nilai P dan r_v optimum untuk produk 1 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Hasil Optimasi Pemasok pada Produk Batik 1

Jumlah Produksi P (unit)	Titik produksi kembali r_v
1413	0

Langkah 3: Perhitungan Biaya Persediaan Pemasok

Biaya persediaan pemasok dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total persediaan dengan biaya simpan pada pemasok untuk produk 1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$HC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{vtp} \times h_v$$

$$HC_v = 23.480 \times 3.500$$

$$HC_v = Rp. 82.180.000$$

Langkah 4: Perhitungan Biaya *Lost Sales* Pemasok

Biaya *lost sales* pemasok dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total *lost sales* dengan biaya *lost sales* pada pemasok untuk produk 1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$SC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t X_{vtp} \times l_v$$

$$SC_v = 17.495 \times 5.500$$

$$SC_v = Rp. 96.222.500$$

Langkah 5: Perhitungan Biaya Setup Pemasok

Biaya *Setup* pemasok dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total dari jumlah produksi dengan biaya *setup* pada pemasok untuk produk 1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$SC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t P \times S$$

$$SC = 24.021 \times 5.700$$

$$SC = Rp. 136.919.700$$

Langkah 6: Perhitungan Biaya Rework Pemasok

Biaya *rework* pemasok dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total dari jumlah produk cacat yang dapat di-*rework* dan biaya *rework* pada pemasok untuk produk 1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$RC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t c_{vtp} \times g_{vp}$$

$$RC = 378 \times 1.500$$

$$RC = Rp. 567.000$$

Langkah 7: Menghitung Total Biaya Pemasok

Total biaya pemasok untuk produk 1 adalah sebagai berikut:

$$TC_v = HC_v + SC_v + SC + RC$$

$$TC_v = 82.180.000 + 96.222.500 + 136.919.700 + 567.000$$

$$TC_v = Rp. 315.889.200$$

4.7.2 Contoh Perhitungan Model Dengan Koordinasi

Langkah 1: Melakukan Optimasi Q_b , r_b , P , dan r_v

Data yang digunakan pada perhitungan model dengan koordinasi yaitu menggunakan data yang telah diperoleh pada perhitungan model tanpa koordinasi baik dari pihak pembeli maupun pemasok. Kemudian pada data tersebut dilakukan optimasi dengan menggunakan *solver Ms. Excel* yaitu algoritma *Evolutionary* dengan menggunakan batasan-batasan seperti:

- Nilai Q_b , r_b , P , dan r_v merupakan bilangan integer
- Terdapat batas bawah pada nilai Q_b dan r_v yaitu ≥ 0 atau bernilai positif
- Sedangkan batas atas pada nilai Q_b dan r_v yaitu ≤ 10000
- Nilai P dan r_v bernilai positif
- Nilai P lebih besar sama dengan nilai permintaan terbesar ($P \geq D$)

Berikut merupakan hasil optimasi Q_b , r_b , P , dan r_v pada Setiap *Buyer* dan pemasok untuk Produk Batik 1 dengan menggunakan batasan-batasan di atas:

Tabel 4. 16 Hasil Optimasi Pembeli Menggunakan Model Dengan Koordinasi

Pembeli	Jumlah Pemesanan (unit)	Reorder Point (unit)
<i>Buyer 1</i>	580	9430
<i>Buyer 2</i>	278	3888
<i>Buyer 3</i>	83	19
<i>Buyer 4</i>	264	4452
<i>Buyer 5</i>	113	3119

Tabel 4. 17 Hasil Optimasi Pemasok Menggunakan Model Dengan Koordinasi

Jumlah Produksi (unit)	Titik produksi kembali (unit)
1320	1320

Langkah 2: Perhitungan Biaya Persediaan Pembeli

Biaya persediaan pembeli dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total persediaan dengan biaya simpan pada *Buyer 1* untuk produk 1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$HC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p I_{btp} \times h_b$$

$$HC_{11} = 8.168 \times 2000$$

$$HC_{11} = Rp. 16.366.000$$

Langkah 3: Perhitungan Biaya *Lost Sales* Pembeli

Biaya *lost sales* pembeli dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total *lost sales* dengan biaya *lost sales* pada *Buyer 1* untuk produk 1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$SC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p X_{btp} \times l_b$$

$$SC_{11} = 1478 \times 20.000$$

$$SC_{11} = Rp. 29.560.000$$

Langkah 4: Perhitungan Biaya Pemesanan Pembeli ke Pemasok dan ke Pembeli lain

Biaya pemesanan pembeli terbagi menjadi dua yaitu biaya pemesanan ke pemasok dan biaya pemesanan ke pembeli lain, dalam contoh ini yaitu seperti *Buyer 1* melakukan pemesanan produk 1 ke pemasok dan juga *Buyer 1* melakukan pemesanan ke *Buyer 5*. Terdapat perhitungan biaya pemesanan pembeli ke pemasok sebagai berikut:

$$OC_{bvp} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p Q_{btp} \times A_{bv}$$

$$OC_{v11} = 17.400 \times \left(\frac{13.000}{4pcs} \right)$$

$$OC_{v11} = Rp. 56.550.000$$

Dan terdapat juga perhitungan biaya pemesanan pembeli ke pembeli sebagai berikut:

$$OC_{bbp} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p d_{btp} \times A_{bb}$$

$$OC_{151} = 212 \times \left(\frac{13.000}{4pcs} \right)$$

$$OC_{151} = Rp. 689.000$$

Langkah 5: Perhitungan Biaya Persediaan Pemasok

Biaya persediaan pemasok dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total persediaan dengan biaya simpan pada pemasok untuk produk 1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$HC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{vtp} \times h_v$$

$$HC_v = 23.481 \times 3.500$$

$$HC_v = Rp. 82.183.500$$

Langkah 6: Perhitungan Biaya *Lost Sales* Pemasok

Biaya *lost sales* pemasok dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total *lost sales* dengan biaya *lost sales* pada pemasok untuk produk 1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$SC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t X_{vtp} \times l_v$$

$$SC_v = 521 \times 5.500$$

$$SC_v = Rp. 2.865.500$$

Langkah 7: Perhitungan Biaya *Setup* Pemasok

Biaya *Setup* pemasok dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total dari jumlah produksi dengan biaya *setup* pada pemasok untuk produk 1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$SC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t P \times S$$

$$SC = 39.600 \times 5.700$$

$$SC = Rp. 225.720.000$$

Langkah 8: Perhitungan Biaya *Rework* Pemasok

Biaya *rework* pemasok dapat diperoleh dengan melakukan perkalian antara total dari jumlah produk cacat yang dapat di-*rework* dan biaya *rework* pada pemasok untuk produk

1. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$RC = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t c_{vtp} \times g_{vp}$$

$$RC = 378 \times 1.500$$

$$RC = Rp. 567.000$$

Langkah 9: Menghitung total biaya gabungan

Total biaya gabungan dapat diperoleh dengan menjumlahkan semua biaya pada semua pembeli dan pemasok. Terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$JTC = HC_b + SC_b + OC_{bv} + OC_{bb} + HC_v + SC_v + SC + RC$$

$$JTC = 39.876.000 + 84.285.000 + 106.312.500 + 3.529.000 + 13.601.000 \\ + 2.865.500 + 225.720.000 + 567.000$$

$$JTC = Rp. 476.756.000$$

4.7.3 Rangkuman Perhitungan Model Tanpa Koordinasi

4.7.3.1 Produk Batik 1

1. Hasil Perhitungan Biaya Pembeli

Berikut merupakan hasil perhitungan biaya pembeli pada Produk Batik 1 menggunakan *solver evolutionary* pada model tanpa koordinasi:

Tabel 4. 18 Hasil Optimasi Semua *Buyer* pada Produk Batik 1

Pembeli	Jumlah Pemesanan Q (unit)	Reorder Point (unit)	Lead Time
<i>Buyer 1</i>	626	2.439	1
<i>Buyer 2</i>	302	3.573	1
<i>Buyer 3</i>	96	1.422	1
<i>Buyer 4</i>	270	2.465	1
<i>Buyer 5</i>	118	2.090	1

Tabel 4. 19 Hasil Total Biaya Persediaan Semua *Buyer* pada Produk Batik 1

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Persediaan (Rp/unit)	Total Biaya Persediaan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	11.408	2.000	22.816.000
<i>Buyer 2</i>	6.516	2.000	13.032.000
<i>Buyer 3</i>	2.624	2.000	5.248.000
<i>Buyer 4</i>	5.084	2.000	10.168.000
<i>Buyer 5</i>	3.602	2.000	7.204.000

Tabel 4. 20 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Semua *Buyer* pada Produk Batik 1

Pembeli	Total Lost Sales (unit)	Biaya Lost Sales (Rp/unit)	Total Biaya Lost Sales (Rp)
<i>Buyer 1</i>	144	20.000	2.880.000
<i>Buyer 2</i>	328	25.000	8.200.000
<i>Buyer 3</i>	44	25.000	1.100.000
<i>Buyer 4</i>	47	35.000	1.645.000
<i>Buyer 5</i>	321	25.000	8.025.000

Tabel 4. 21 Hasil Total Biaya Pemesanan Semua *Buyer* pada Produk Batik 1

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/4 unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	18.780	13.000	61.035.000
<i>Buyer 2</i>	9.060	8.000	18.120.000
<i>Buyer 3</i>	2.880	10.000	7.200.000
<i>Buyer 4</i>	8.100	8.000	16.200.000
<i>Buyer 5</i>	3.540	13.000	11.505.000

Tabel 4. 22 Hasil Total Biaya Pemesanan Antar *Buyer* pada Produk Batik 1

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1 to 5</i>	212	13.000	689.000
<i>Buyer 2 to 1</i>	330	8.000	660.000
<i>Buyer 3 to 1</i>	516	8.000	1.032.000
<i>Buyer 4 to 2</i>	574	8.000	1.148.000

Tabel 4. 23 Hasil Total Biaya Keseluruhan *Buyer* pada Produk Batik 1

Pembeli	Q_b (unit)	r_b (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)	Biaya Pemesanan ke Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	626	2439	22.816.000	2.880.000	61.035.000	689.000	87.420.000
<i>Buyer 2</i>	302	3573	13.032.000	8.200.000	18.120.000	660.000	40.012.000
<i>Buyer 3</i>	96	1422	5.248.000	1.100.000	7.200.000	1.032.000	14.580.000
<i>Buyer 4</i>	270	2465	10.168.000	1.645.000	16.200.000	1.148.000	29.161.000
<i>Buyer 5</i>	118	2090	7.204.000	8.025.000	11.505.000	-	26.734.000

2. Hasil Perhitungan Biaya Pemasok

Berikut merupakan hasil perhitungan biaya pemasok pada Produk Batik 1 menggunakan *solver evolutionary* pada model tanpa koordinasi:

Tabel 4. 24 Total Biaya Persediaan Pemasok pada Produk Batik 1

Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Persediaan (Rp/unit)	Total Biaya Persediaan Pemasok (Rp)
23.480	3.500	82.180.000

Tabel 4. 25 Total Biaya *Lost Sales* Pemasok pada Produk Batik 1

Total <i>Lost Sales</i> Pemasok (unit)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp/unit)	Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)
17.495	5.500	96.222.500

Tabel 4. 26 Total Biaya *Setup* Pemasok pada Produk Batik 1

Total Jumlah Produksi (unit)	Biaya <i>Setup</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok (Rp)
---	-------------------------------------	--

24.021	5.700	136.919.700
--------	-------	-------------

Tabel 4. 27 Total Biaya *Rework* Pemasok pada Produk Batik 1

Total Jumlah Produk <i>Rework</i> (unit)	Biaya <i>Rework</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)
378	1.500	567.000

Tabel 4. 28 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 1

<i>P</i> (unit)	<i>r_v</i> (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
1.413	0	82.180.000	96.222.500	136.919.700	567.000	315.889.200

4.7.3.2 Produk Batik 2

1. Hasil Perhitungan Biaya Pembeli

Berikut merupakan hasil perhitungan biaya pembeli pada Produk Batik 2 menggunakan *solver evolutionary* pada model tanpa koordinasi:

Tabel 4. 29 Hasil Optimasi Semua *Buyer* pada Produk Batik 2

Pembeli	Jumlah Pemesanan <i>Q</i> (unit)	<i>Reorder Point</i> (unit)	<i>Lead Time</i>
<i>Buyer 1</i>	47	2.434	1
<i>Buyer 2</i>	109	45	1
<i>Buyer 3</i>	79	34	1
<i>Buyer 4</i>	92	1.283	1
<i>Buyer 5</i>	63	26	1

Tabel 4. 30 Hasil Total Biaya Persediaan Semua *Buyer* pada Produk Batik 2

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Persediaan (Rp/unit)	Total Biaya Persediaan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	1.278	2.000	2.556.000
<i>Buyer 2</i>	2.719	2.000	5.438.000
<i>Buyer 3</i>	1.772	2.000	3.544.000
<i>Buyer 4</i>	1.923	2.000	3.846.000

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Persediaan (Rp/unit)	Total Biaya Persediaan (Rp)
<i>Buyer 5</i>	1.342	2.000	2.684.000

Tabel 4. 31 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Semua *Buyer* pada Produk Batik 2

Pembeli	Total Lost Sales (unit)	Biaya Lost Sales (Rp/unit)	Total Lost Sales (Rp)
<i>Buyer 1</i>	53	25.000	1.325.000
<i>Buyer 2</i>	27	25.000	675.000
<i>Buyer 3</i>	37	30.000	1.110.000
<i>Buyer 4</i>	85	25.000	2.125.000
<i>Buyer 5</i>	19	25.000	475.000

Tabel 4. 32 Hasil Total Biaya Pemesanan Pada Semua *Buyer* pada Produk Batik 2

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/4 unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	1.410	13.000	4.582.500
<i>Buyer 2</i>	3.161	8.000	6.322.000
<i>Buyer 3</i>	2.291	10.000	5.727.500
<i>Buyer 4</i>	2.760	8.000	5.520.000
<i>Buyer 5</i>	1.890	13.000	6.142.500

Tabel 4. 33 Hasil Total Biaya Pemesanan Antar *Buyer*

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1 to 5</i>	194	13.000	630.500
<i>Buyer 2 to 1</i>	379	8.000	758.000
<i>Buyer 3 to 1</i>	346	8.000	692.000
<i>Buyer 4 to 2</i>	203	8.000	406.000

Tabel 4. 34 Hasil Total Biaya Keseluruhan *Buyer* pada Produk Batik 2

Pembeli	Q_b (unit)	r_b (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya Lost Sales (Rp)	Biaya Pemesanan ke Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	47	2.434	2.556.000	1.325.000	4.582.500	630.500	9.094.000
<i>Buyer 2</i>	109	45	5.438.000	675.000	6.322.000	758.000	13.193.000

Pembeli	Q_b (unit)	r_b (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> (Rp)	Biaya Pemesanan ke Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 3</i>	79	34	3.544.000	1.110.000	5.727.500	692.000	11.073.500
<i>Buyer 4</i>	92	1.283	3.846.000	2.125.000	5.520.000	406.000	11.897.000
<i>Buyer 5</i>	63	26	2.684.000	475.000	6.142.500	-	9.301.500

2. Hasil Perhitungan Biaya Pemasok

Berikut merupakan hasil perhitungan biaya pemasok pada Produk Batik 2 menggunakan *solver evolutionary* pada model tanpa koordinasi:

Tabel 4. 35 Hasil Total Biaya Persediaan Pemasok pada Produk Batik 2

Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Persediaan (Rp/unit)	Total Biaya Persediaan Pemasok (Rp)
4.639	3.500	16.236.500

Tabel 4. 36 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Pemasok pada Produk Batik 2

Total <i>Lost Sales</i> Pemasok (unit)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp/unit)	Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)
3.695	6.500	24.017.500

Tabel 4. 37 Hasil Total Biaya *Setup* Pemasok pada Produk Batik 2

Total Jumlah Produksi (unit)	Biaya <i>Setup</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok (Rp)
7.820	5.700	44.574.000

Tabel 4. 38 Hasil Total Biaya *Rework* Pemasok pada Produk Batik 2

Total Jumlah Produk <i>Rework</i> (unit)	Biaya <i>Rework</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)
1	1.300	1.300

Tabel 4. 39 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 2

P (unit)	r_v (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i>	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Biaya <i>Rework</i>	Total Biaya Pemasok (Rp)
---------------	-----------------	-----------------------------	-----------------------------------	--	------------------------	-----------------------------

		Pemasok (Rp)		Pemasok (Rp)		
391	0	16.236.500	24.017.500	44.574.000	1.300	84.829.300

4.7.3.3 Produk Batik 3

1. Hasil Perhitungan Biaya Pembeli

Berikut merupakan hasil perhitungan biaya pembeli pada Produk Batik 3 menggunakan *solver evolutionary* pada model tanpa koordinasi:

Tabel 4. 40 Hasil Optimasi Semua *Buyer* pada Produk Batik 3

Pembeli	Jumlah Pemesanan Q (unit)	Reorder Point (unit)	Lead Time
<i>Buyer 1</i>	105	3.875	1
<i>Buyer 2</i>	246	67	1
<i>Buyer 3</i>	124	2.183	1
<i>Buyer 4</i>	112	36	1
<i>Buyer 5</i>	191	87	1

Tabel 4. 41 Hasil Total Biaya Persediaan Semua *Buyer* pada Produk Batik 3

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Persediaan (Rp/unit)	Total Biaya Persediaan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	2.265	2.000	4.530.000
<i>Buyer 2</i>	4.680	2.000	9.360.000
<i>Buyer 3</i>	2.704	2.000	5.408.000
<i>Buyer 4</i>	2.864	2.000	5.728.000
<i>Buyer 5</i>	3.854	2.000	7.708.000

Tabel 4. 42 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Semua *Buyer* pada Produk Batik 3

Pembeli	Total Lost Sales (unit)	Biaya Lost Sales (Rp/unit)	Total Lost Sales (Rp)
<i>Buyer 1</i>	72	20.000	1.440.000
<i>Buyer 2</i>	106	25.000	2.650.000
<i>Buyer 3</i>	120	25.000	3.000.000
<i>Buyer 4</i>	45	25.000	1.125.000
<i>Buyer 5</i>	67	25.000	1.675.000

Tabel 4. 43 Hasil Total Biaya Pemesanan Semua *Buyer* pada Produk Batik 3

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/4 unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	3.150	13.000	10.237.500
<i>Buyer 2</i>	7.380	8.000	14.760.000
<i>Buyer 3</i>	3.720	10.000	9.300.000
<i>Buyer 4</i>	2.576	8.000	5.152.000
<i>Buyer 5</i>	5.730	13.000	18.622.500

Tabel 4. 44 Hasil Total Biaya Pemesanan Antar *Buyer* pada Produk Batik 3

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1 to 5</i>	209	13.000	679.250
<i>Buyer 2 to 1</i>	672	8.000	1.344.000
<i>Buyer 3 to 1</i>	475	8.000	950.000
<i>Buyer 4 to 2</i>	466	8.000	932.000

Tabel 4. 45 Hasil Total Biaya Keseluruhan *Buyer* pada Produk Batik 3

Pembeli	Q_b (unit)	r_b (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya Lost Sales (Rp)	Biaya Pemesanan ke Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	105	3875	4.530.000	1.440.000	10.237.500	679.250	16.886.750
<i>Buyer 2</i>	246	67	9.360.000	2.650.000	14.760.000	1.344.000	28.114.000
<i>Buyer 3</i>	124	2183	5.408.000	3.000.000	9.300.000	950.000	18.658.000
<i>Buyer 4</i>	112	36	5.728.000	1.125.000	5.152.000	932.000	12.937.000
<i>Buyer 5</i>	191	87	7.708.000	1.675.000	18.622.500	-	28.005.500

2. Hasil Perhitungan Biaya Pemasok

Berikut merupakan hasil perhitungan biaya pemasok pada Produk Batik 3 menggunakan *solver evolutionary* pada model tanpa koordinasi:

Tabel 4. 46 Hasil Total Biaya Persediaan Pemasok pada Produk Batik 3

Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Persediaan (Rp/unit)	Total Biaya Persediaan Pemasok (Rp)
10.614	3.500	37.149.000

Tabel 4. 47 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Pemasok pada Produk Batik 3

Total <i>Lost Sales</i> Pemasok (unit)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp/unit)	Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)
8.010	4.000	32.040.000

Tabel 4. 48 Hasil Total Biaya *Setup* Pemasok pada Produk Batik 3

Total Jumlah Produksi (unit)	Biaya <i>Setup</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok (Rp)
14.022	5.700	79.925.400

Tabel 4. 49 Hasil Total Biaya *Rework* Pemasok pada Produk Batik 3

Total Jumlah Produk <i>Rework</i> (unit)	Biaya <i>Rework</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)
93	1.300	120.900

Tabel 4. 50 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 3

<i>P</i> (unit)	<i>r_v</i> (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
779	0	37.149.000	32.040.000	79.925.400	120.900	149.235.300

4.7.3.4 Produk Batik 4

1. Hasil Perhitungan Biaya Pembeli

Berikut merupakan hasil perhitungan biaya pembeli pada Produk Batik 4 menggunakan *solver evolutionary* pada model tanpa koordinasi:

Tabel 4. 51 Hasil Optimasi Semua *Buyer* pada Produk Batik 4

Pembeli	Jumlah Pemesanan <i>Q</i> (unit)	<i>Reorder Point</i> (unit)	<i>Lead Time</i>
<i>Buyer 1</i>	43	5.916	1
<i>Buyer 2</i>	63	21	1
<i>Buyer 3</i>	146	56	1
<i>Buyer 4</i>	48	21	1

<i>Buyer 5</i>	101	4.509	1
----------------	-----	-------	---

Tabel 4. 52 Hasil Total Biaya Persediaan Semua *Buyer* pada Produk Batik 4

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Persediaan (Rp/unit)	Total Biaya Persediaan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	904	2.000	1.808.000
<i>Buyer 2</i>	1.670	2.000	3.340.000
<i>Buyer 3</i>	4.086	2.000	8.172.000
<i>Buyer 4</i>	1.417	2.000	2.834.000
<i>Buyer 5</i>	3.003	2.000	6.006.000

Tabel 4. 53 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Semua *Buyer* pada Produk Batik 4

Pembeli	Total Lost Sales (unit)	Biaya Lost Sales (Rp/unit)	Total Lost Sales (Rp)
<i>Buyer 1</i>	67	20.000	1.340.000
<i>Buyer 2</i>	10	25.000	250.000
<i>Buyer 3</i>	25	30.000	750.000
<i>Buyer 4</i>	4	25.000	100.000
<i>Buyer 5</i>	239	35.000	8.365.000

Tabel 4. 54 Hasil Total Biaya Pemesanan Semua *Buyer* pada Produk Batik 4

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/4 unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	1.290	13.000	4.192.500
<i>Buyer 2</i>	1.638	8.000	3.276.000
<i>Buyer 3</i>	3.504	10.000	8.760.000
<i>Buyer 4</i>	1.296	8.000	2.592.000
<i>Buyer 5</i>	3.030	13.000	9.847.500

Tabel 4. 55 Hasil Total Biaya Pemesanan Antar *Buyer* pada Produk Batik 4

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1 to 5</i>	276	13.000	897.000
<i>Buyer 2 to 1</i>	340	8.000	680.000
<i>Buyer 3 to 1</i>	405	8.000	810.000
<i>Buyer 4 to 2</i>	324	8.000	648.000

Tabel 4. 56 Hasil Total Biaya Keseluruhan *Buyer* pada Produk Batik 4

Pembeli	Q_b (unit)	r_b (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)	Biaya Pemesanan ke Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	43	5916	1.808.000	1.340.000	4.192.500	897.000	8.237.500
<i>Buyer 2</i>	63	21	3.340.000	250.000	3.276.000	680.000	7.546.000
<i>Buyer 3</i>	146	56	8.172.000	750.000	8.760.000	810.000	18.492.000
<i>Buyer 4</i>	48	21	2.834.000	100.000	2.592.000	648.000	6.174.000
<i>Buyer 5</i>	101	4509	6.006.000	8.365.000	9.847.500	-	24.218.500

2. Hasil Perhitungan Biaya Pemasok

Berikut merupakan hasil perhitungan biaya pemasok pada Produk Batik 4 menggunakan *solver evolutionary* pada model tanpa koordinasi:

Tabel 4. 57 Hasil Total Biaya Persediaan Pemasok pada Produk Batik 4

Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Persediaan (Rp/unit)	Total Biaya Persediaan Pemasok (Rp)
6.046	3.500	21.161.000

Tabel 4. 58 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Pemasok pada Produk Batik 4

Total <i>Lost Sales</i> Pemasok (unit)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp/unit)	Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)
3.069	7.000	21.483.000

Tabel 4. 59 Hasil Total Biaya *Setup* Pemasok pada Produk Batik 4

Total Jumlah Produksi (unit)	Biaya <i>Setup</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok (Rp)
7.657	5.700	43.644.900

Tabel 4. 60 Hasil Total Biaya *Rework* Pemasok pada Produk Batik 4

Total Jumlah Produk <i>Rework</i> (unit)	Biaya <i>Rework</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)
19	1.300	24.700

Tabel 4. 61 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 4

P (unit)	r_v (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
403	0	21.161.000	21.483.000	43.644.900	24.700	86.313.600

4.7.3.5 Produk Batik 5

1. Hasil Perhitungan Biaya Pembeli

Berikut merupakan hasil perhitungan biaya pembeli pada Produk Batik 5 menggunakan *solver evolutionary* pada model tanpa koordinasi:

Tabel 4. 62 Hasil Optimasi Semua *Buyer* pada Produk Batik 5

Pembeli	Jumlah Pemesanan Q (unit)	<i>Reorder Point</i> (unit)	<i>Lead Time</i>
<i>Buyer 1</i>	196	408	1
<i>Buyer 2</i>	173	61	1
<i>Buyer 3</i>	43	3.287	1
<i>Buyer 4</i>	37	707	1
<i>Buyer 5</i>	217	79	1

Tabel 4. 63 Hasil Total Biaya Persediaan Semua *Buyer* pada Produk Batik 5

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Persediaan (Rp/unit)	Total Biaya Persediaan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	3.514	2.000	7.028.000
<i>Buyer 2</i>	4.020	2.000	8.040.000
<i>Buyer 3</i>	1.248	2.000	2.496.000
<i>Buyer 4</i>	1.045	2.000	2.090.000
<i>Buyer 5</i>	4.369	2.000	8.738.000

Tabel 4. 64 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Semua *Buyer* pada Produk Batik 5

Pembeli	Total <i>Lost Sales</i> (unit)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp/unit)	Total <i>Lost Sales</i> (Rp)
<i>Buyer 1</i>	16	25.000	400.000
<i>Buyer 2</i>	60	25.000	1.500.000
<i>Buyer 3</i>	37	25.000	925.000
<i>Buyer 4</i>	44	25.000	1.100.000

Pembeli	Total Lost Sales (unit)	Biaya Lost Sales (Rp/unit)	Total Lost Sales (Rp)
<i>Buyer 5</i>	104	30.000	3.120.000

Tabel 4. 65 Hasil Total Biaya Pemesanan Semua *Buyer* pada Produk Batik 5

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/4 unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	5.880	13.000	19.110.000
<i>Buyer 2</i>	5.017	8.000	10.034.000
<i>Buyer 3</i>	1.290	10.000	3.225.000
<i>Buyer 4</i>	1.110	8.000	2.220.000
<i>Buyer 5</i>	6.293	13.000	20.452.250

Tabel 4. 66 Hasil Total Biaya Pemesanan Antar *Buyer* pada Produk Batik 5

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1 to 5</i>	402	13.000	1.306.500
<i>Buyer 2 to 1</i>	393	8.000	786.000
<i>Buyer 3 to 1</i>	271	8.000	542.000
<i>Buyer 3 to 5</i>	274	8.000	548.000
<i>Buyer 4 to 2</i>	114	8.000	228.000

Tabel 4. 67 Hasil Total Biaya Keseluruhan *Buyer* pada Produk Batik 5

Pembeli	Q_b (unit)	r_b (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya Lost Sales (Rp)	Biaya Pemesanan ke Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	196	408	7.028.000	400.000	19.110.000	1.306.500	27.844.500
<i>Buyer 2</i>	173	61	8.040.000	1.500.000	10.034.000	786.000	20.360.000
<i>Buyer 3</i>	43	3287	2.496.000	925.000	3.225.000	1.090.000	7.736.000
<i>Buyer 4</i>	37	707	2.090.000	1.100.000	2.220.000	228.000	5.638.000
<i>Buyer 5</i>	217	79	8.738.000	3.120.000	20.452.250	-	32.310.250

2. Hasil Perhitungan Biaya Pemasok

Berikut merupakan hasil perhitungan biaya pemasok pada Produk Batik 5 menggunakan *solver evolutionary* pada model tanpa koordinasi:

Tabel 4. 68 Hasil Total Biaya Persediaan Pemasok pada Produk Batik 5

Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Persediaan (Rp/unit)	Total Biaya Persediaan Pemasok (Rp)
7.653	3.500	26.785.500

Tabel 4. 69 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Pemasok pada Produk Batik 5

Total <i>Lost Sales</i> Pemasok (unit)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp/unit)	Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)
6.395	4.000	25.580.000

Tabel 4. 70 Hasil Total Biaya *Setup* Pemasok pada Produk Batik 5

Total Jumlah Produksi (unit)	Biaya <i>Setup</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok (Rp)
13.340	5.700	76.038.000

Tabel 4. 71 Hasil Total Biaya *Rework* Pemasok pada Produk Batik 5

Total Jumlah Produk <i>Rework</i> (unit)	Biaya <i>Rework</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)
96	1.300	124.800

Tabel 4. 72 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 5

<i>P</i> (unit)	<i>r_v</i> (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
667	0	26.785.500	25.580.000	76.038.000	124.800	128.528.300

4.7.4 Rangkuman Perhitungan Model Dengan Koordinasi

4.7.4.1 Produk Batik 1

Berikut merupakan hasil optimasi pemesanan dan perhitungan biaya pembeli pada Produk Batik 1 menggunakan *solver evolutionary* pada model dengan koordinasi:

Tabel 4. 73 Hasil Total Biaya *Buyer* pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 1

Pembeli	Q_b^* (unit)	r_b^* (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> (Rp)	Biaya Pemesanan ke Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	580	9430	16.336.000	29.560.000	56.550.000	689.000	103.135.000
<i>Buyer 2</i>	278	3888	7.620.000	24.775.000	16.680.000	660.000	49.735.000
<i>Buyer 3</i>	83	19	2.416.000	10.775.000	6.225.000	1.032.000	20.448.000
<i>Buyer 4</i>	264	4452	7.932.000	7.525.000	15.840.000	1.148.000	32.445.000
<i>Buyer 5</i>	113	3119	5.572.000	11.650.000	11.017.500	-	28.239.500

Berikut merupakan hasil optimasi produksi dan perhitungan biaya biaya pada pemasok:

Tabel 4. 74 Hasil Total Biaya Pemasok pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 1

P^* (unit)	r_v^* (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
1.320	24	13.601.000	2.865.500	225.720.000	567.000	242.753.500

Tabel 4. 75 Hasil Total Biaya Gabungan Produk Batik 1

Total Biaya Semua Pembeli (Rp)	Total Biaya Semua Pemasok (Rp)	Total Biaya Gabungan (Rp)
234.002.500	242.753.500	476.756.000

Pada hasil optimasi di atas, diperoleh nilai Q_b^* dan r_b^* optimal pada pembeli dan nilai P^* dan r_b^* optimal pada pemasok, terdapat biaya dari semua pembeli yaitu sebesar Rp. 234.002.500,00 dan biaya dari pemasok yaitu sebesar Rp.242.753.500,00 sehingga diperoleh total biaya gabungan dari pihak pembeli dan pihak pemasok yaitu sebesar Rp.476.756.000,00.

4.7.4.1 Produk Batik 2

Berikut merupakan hasil optimasi pemesanan dan perhitungan biaya pembeli pada Produk Batik 2 menggunakan *solver evolutionary* pada model dengan koordinasi:

Tabel 4. 76 Hasil Total Biaya *Buyer* pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 2

Pembeli	Q_b^* (unit)	r_b^{**} (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> (Rp)	Biaya Pemesanan ke Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	47	2434	2.556.000	1.325.000	4.582.500	630.500	9.094.000
<i>Buyer 2</i>	109	45	5.438.000	675.000	6.322.000	758.000	13.193.000
<i>Buyer 3</i>	79	34	3.544.000	1.110.000	5.727.500	692.000	11.073.500
<i>Buyer 4</i>	91	2604	3.446.000	2.850.000	5.460.000	406.000	12.162.000
<i>Buyer 5</i>	62	761	3.232.000	675.000	6.045.000	-	9.952.000

Berikut merupakan hasil optimasi produksi dan perhitungan biaya biaya pada pemasok:

Tabel 4. 77 Hasil Total Biaya Pemasok pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 2

P^* (unit)	r_v^* (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
395	2	17.237.500	23.192.000	42.778.500	1.300	83.209.300

Tabel 4. 78 Hasil Total Biaya Gabungan Produk Batik 2

Total Biaya Semua Pembeli (Rp)	Total Biaya Semua Pemasok (Rp)	Total Biaya Gabungan (Rp)
55.474.500	83.209.300	138.683.800

Pada hasil optimasi di atas, diperoleh nilai Q_b^* dan r_b^* optimal pada pembeli dan nilai P^* dan r_b^* optimal pada pemasok, terdapat biaya dari semua pembeli yaitu sebesar Rp.55.474.500,00 dan biaya dari pemasok yaitu sebesar Rp.83.209.300,00 sehingga diperoleh total biaya gabungan dari pihak pembeli dan pihak pemasok yaitu sebesar Rp.138.683.800,00.

4.7.4.2 Produk Batik 3

Berikut merupakan hasil optimasi pemesanan dan perhitungan biaya pembeli pada Produk Batik 3 menggunakan *solver evolutionary* pada model dengan koordinasi:

Tabel 4. 79 Hasil Total Biaya *Buyer* pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 3

Pembeli	Q_b^* (unit)	r_b^* (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> (Rp)	Biaya Pemesanan ke Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	105	3875	4.530.000	1.440.000	10.237.500	679.250	16.886.750
<i>Buyer 2</i>	246	67	9.360.000	2.650.000	14.760.000	1.344.000	28.114.000
<i>Buyer 3</i>	124	2183	5.408.000	3.000.000	9.300.000	950.000	18.658.000
<i>Buyer 4</i>	112	36	5.728.000	1.125.000	5.152.000	932.000	12.937.000
<i>Buyer 5</i>	191	87	7.708.000	1.675.000	18.622.500	-	28.005.500

Berikut merupakan hasil optimasi produksi dan perhitungan biaya pada pemasok:

Tabel 4. 80 Hasil Total Biaya Pemasok pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 3

P^* (unit)	r_v^* (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
779	0	37.149.000	32.040.000	79.925.400	120.900	149.235.300

Tabel 4. 81 Hasil Total Biaya Gabungan Produk Batik 3

Total Biaya Semua Pembeli (Rp)	Total Biaya Semua Pemasok (Rp)	Total Biaya Gabungan (Rp)
104.601.250	149.235.300	253.836.550

Pada hasil optimasi di atas, diperoleh nilai Q_b^* dan r_b^* optimal pada pembeli dan nilai P^* dan r_b^* optimal pada pemasok, terdapat biaya dari semua pembeli yaitu sebesar Rp. 104.601.250,00 dan biaya dari pemasok yaitu sebesar Rp.149.235.300,00 sehingga diperoleh total biaya gabungan dari pihak pembeli dan pihak pemasok yaitu sebesar Rp.253.836.550,00.

4.7.4.3 Produk Batik 4

Berikut merupakan hasil optimasi pemesanan dan perhitungan biaya pembeli pada Produk Batik 4 menggunakan *solver evolutionary* pada model dengan koordinasi:

Tabel 4. 82 Hasil Total Biaya *Buyer* pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 4

Pembeli	Q_b^* (unit)	r_b^* (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> (Rp)	Biaya Pemesanan ke Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	42	5912	1.480.000	1.840.000	4.095.000	897.000	8.312.000
<i>Buyer 2</i>	58	24	2.772.000	725.000	3.248.000	680.000	7.425.000
<i>Buyer 3</i>	148	51	7.484.000	2.460.000	8.510.000	810.000	19.264.000
<i>Buyer 4</i>	41	18	1.630.000	2.625.000	2.378.000	648.000	7.281.000
<i>Buyer 5</i>	101	5195	6.006.000	8.365.000	9.847.500	-	24.218.500

Berikut merupakan hasil optimasi produksi dan perhitungan biaya pada pemasok:

Tabel 4. 83 Hasil Total Biaya Pemasok pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 4

P^* (unit)	r_v^* (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
394	3	13.321.000	16.177.000	44.916.000	24.700	74.438.700

Tabel 4. 84 Hasil Total Biaya Gabungan Produk Batik 4

Total Biaya Semua Pembeli (Rp)	Total Biaya Semua Pemasok (Rp)	Total Biaya Gabungan (Rp)
66.500.500	74.438.700	140.939.200

Pada hasil optimasi di atas, diperoleh nilai Q_b^* dan r_b^* optimal pada pembeli dan nilai P^* dan r_b^* optimal pada pemasok, terdapat biaya dari semua pembeli yaitu sebesar Rp. 66.500.500,00 dan biaya dari pemasok yaitu sebesar Rp.74.438.700,00 sehingga diperoleh total biaya gabungan dari pihak pembeli dan pihak pemasok yaitu sebesar Rp.140.939.200,00.

4.7.4.4 Produk Batik 5

Berikut merupakan hasil optimasi pemesanan dan perhitungan biaya pembeli pada Produk Batik 5 menggunakan *solver evolutionary* pada model dengan koordinasi:

Tabel 4. 85 Hasil Total Biaya *Buyer* pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 5

Pembeli	Q_b^* (unit)	r_b^* (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> (Rp)	Biaya Pemesanan ke Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	196	408	7.028.000	400.000	19.110.000	1.306.500	27.844.500
<i>Buyer 2</i>	173	61	8.040.000	1.500.000	10.034.000	786.000	20.360.000
<i>Buyer 3</i>	43	3287	2.496.000	925.000	3.225.000	1.090.000	7.736.000
<i>Buyer 4</i>	37	707	2.090.000	1.100.000	2.220.000	228.000	5.638.000
<i>Buyer 5</i>	217	79	8.738.000	3.120.000	20.452.250	-	32.310.250

Berikut merupakan hasil optimasi produksi dan perhitungan biaya pada pemasok:

Tabel 4. 86 Hasil Total Biaya Pemasok pada Model Dengan Koordinasi Produk Batik 5

P^* (unit)	r_v^* (unit)	Biaya Persediaan (Rp)	Biaya <i>Lost</i> <i>Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Biaya <i>Rework</i> Pemasok (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
667	0	26.785.500	25.580.000	76.038.000	124.800	128.528.300

Tabel 4. 87 Hasil Total Biaya Gabungan Produk Batik 5

Total Biaya Semua Pembeli (Rp)	Total Biaya Semua Pemasok (Rp)	Total Biaya Gabungan (Rp)
93.888.750	128.528.300	222.189.050

Pada hasil optimasi di atas, diperoleh nilai Q_b^* dan r_b^* optimal pada pembeli dan nilai P^* dan r_v^* optimal pada pemasok, terdapat biaya dari semua pembeli yaitu sebesar Rp. 93.888.750,00 dan biaya dari pemasok yaitu sebesar Rp.128.528.300,00 sehingga diperoleh total biaya gabungan dari pihak pembeli dan pihak pemasok yaitu sebesar Rp.222.189.050,00.

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Analisis Perbandingan Variabel Keputusan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah diperoleh pada bab sebelumnya, pada bab ini akan menjelaskan hasil analisis perhitungan untuk mengetahui perbedaan antara model yang dihasilkan. Pada model pertama yaitu model tanpa koordinasi merupakan kondisi di mana kedua pihak yaitu pembeli dan pemasok melakukan optimasi masing-masing, sedangkan model kedua yaitu model dengan koordinasi merupakan kondisi di mana pembeli dan pemasok melakukan optimasi secara bersama dengan mempertimbangkan total biaya gabungan yang dihasilkan. Berikut merupakan hasil perbandingan ukuran lot pemesanan optimal pada pemasok menggunakan model tanpa koordinasi dan model dengan koordinasi.

Tabel 5. 1 Hasil Perbandingan Variabel Keputusan *Buyer* Antara Kedua Model

Jenis Produk	Pihak	Model Tanpa Koordinasi		Model Dengan Koordinasi	
		Q_b (unit)	r_b (unit)	Q_b^* (unit)	r_b^* (unit)
Produk Batik 1	<i>Buyer 1</i>	626	2.439	580	9.430
	<i>Buyer 2</i>	302	3.573	278	3.888
	<i>Buyer 3</i>	96	1.422	83	19
	<i>Buyer 4</i>	270	2.465	264	4.452
	<i>Buyer 5</i>	118	2.090	113	3.119
Produk Batik 2	<i>Buyer 1</i>	47	2.434	47	2.434
	<i>Buyer 2</i>	109	45	109	45
	<i>Buyer 3</i>	79	34	79	34
	<i>Buyer 4</i>	92	1.283	91	2.604
	<i>Buyer 5</i>	63	26	62	761
Produk Batik 3	<i>Buyer 1</i>	105	3.875	105	3.875
	<i>Buyer 2</i>	246	67	246	67
	<i>Buyer 3</i>	124	2.183	124	2.183
	<i>Buyer 4</i>	112	36	112	36
	<i>Buyer 5</i>	191	87	191	87
Produk Batik 4	<i>Buyer 1</i>	43	5.916	42	5.912
	<i>Buyer 2</i>	63	21	58	24
	<i>Buyer 3</i>	146	56	148	51
	<i>Buyer 4</i>	48	21	41	18

Jenis Produk	Pihak	Model Tanpa Koordinasi		Model Dengan Koordinasi	
		Q_b (unit)	r_b (unit)	Q_b^* (unit)	r_b^* (unit)
Produk Batik 5	<i>Buyer 5</i>	101	4.509	101	5.195
	<i>Buyer 1</i>	196	408	196	408
	<i>Buyer 2</i>	173	61	173	61
	<i>Buyer 3</i>	43	3.287	43	3.287
	<i>Buyer 4</i>	37	707	37	707
	<i>Buyer 5</i>	217	79	217	79

Pada Tabel 5.1 terdapat dua variabel keputusan pada pemasok dalam penelitian yaitu ukuran lot pesanan optimal (Q_b) dan titik pemesanan kembali optimal (r_b). Berdasarkan pada Tabel 5.1, terdapat perbedaan ukuran lot pemesanan optimal (Q_b) pada kedua model yang di mana pada beberapa Produk Batik terjadi penurunan ukuran lot pemesanan optimal (Q_b) pada model dengan koordinasi namun juga terdapat beberapa ukuran lot pemesanan optimal (Q_b) yang masih memiliki ukuran lot pemesanan optimal (Q_b) yang sama pada kedua model, seperti pada Produk Batik 1 dan Produk Batik 4 yang mengalami penurunan ukuran lot pemesanan optimal (Q_b) pada setiap *Buyer*, pada Produk Batik 2 terjadi penurunan ukuran lot pemesanan (Q_b) pada *Buyer 4* yaitu dari 92 unit menjadi 91 unit dan *Buyer 5* yaitu dari 63 unit menjadi 62 unit, sedangkan pada Produk Batik 3 dan Produk Batik 5 masih memiliki ukuran lot pemesanan (Q_b) yang masih sama.

Kemudian pada variabel keputusan titik pemesanan kembali optimal (r_b) yang diperoleh pada Tabel 5.1 menunjukkan hasil perubahan yang signifikan pada beberapa Produk Batik, seperti pada Produk Batik 1 dan Produk Batik 4 yang mengalami perbedaan titik pemesanan kembali optimal (r_b) pada keseluruhan pembeli namun pada kedua Produk Batik tersebut cenderung memiliki titik pemesanan kembali optimal (r_b) yang mengalami kenaikan dan penurunan, berbeda dengan ukuran lot pesanan optimal (Q_b) pada Produk Batik 1 dan Produk Batik 4 yang mengalami penurunan pada setiap *Buyer*. Pada Produk Batik 2 cenderung mengalami kenaikan pada titik pemesanan kembali optimal (r_b) yaitu pada *Buyer 4* dari 1.283 unit menjadi 2.604 unit dan pada *Buyer 5* yaitu dari 26 menjadi 761, sedangkan pada Produk Batik 3 dan Produk Batik 5 tidak mengalami

perubahan pada titik pemesanan kembali optimal (r_b) setelah dilakukan optimasi gabungan.

Berdasarkan hasil optimasi menggunakan *Solver Evolutionary* terutama pada variabel keputusan titik pemesanan kembali (r_b), dapat dilihat pada Tabel 5.1 yang menunjukkan nilai (r_b) yang sangat besar pada beberapa produk yang salah satunya yaitu terdapat pada model dengan koordinasi pada *Buyer 1* di Produk Batik 1 sebesar 9.430 unit, yang di mana nilai tersebut dapat dikatakan sangat besar untuk dijadikan sebagai titik pemesanan kembali dengan jumlah pemesanan (Q_b) sebesar 580, hal tersebut terjadi dikarenakan dari *Solver Evolutionary* yang terus mencari berbagai macam kemungkinan untuk menemukan nilai yang paling optimal untuk meminimasi suatu biaya dengan waktu dan batasan-batasan yang telah ditentukan, maka apabila dari *Solver Evolutionary* telah menemukan nilai yang paling optimal, *Solver Evolutionary* secara otomatis akan berhenti dengan memberikan nilai yang optimal untuk meminimasi suatu biaya.

Tabel 5. 2 Hasil Perbandingan Variabel Keputusan Pemasok Antara Kedua Model

Jenis Produk	Pihak	Model Tanpa Koordinasi		Model Dengan Koordinasi	
		P (unit)	r_v (unit)	P^* (unit)	r_v^* (unit)
Produk Batik 1	Vendor	1413	0	1320	24
Produk Batik 2		391	0	395	2
Produk Batik 3		779	0	779	0
Produk Batik 4		403	0	394	3
Produk Batik 5		667	0	667	0

Pada Tabel 5.2 menunjukkan hasil dari perbandingan jumlah produksi optimal (P) dan titik produksi kembali (r_v). Hasil optimasi menggunakan *solver Evolutionary* menunjukkan adanya perubahan jumlah produksi optimal (P) pada model tanpa koordinasi dan model dengan koordinasi, seperti pada Produk Batik 1 dan Produk Batik 4 mengalami penurunan jumlah produksi optimal (P) yaitu dari 1.413 unit menjadi 1.320 unit dan 403 unit menjadi 394 unit. Pada Produk Batik 2 mengalami kenaikan jumlah produksi optimal (P) yaitu dari 391 unit menjadi 395 unit, sedangkan pada Produk Batik 3 dan Produk Batik 5 tidak mengalami perubahan setelah dilakukan optimasi gabungan.

Kemudian pada titik produksi kembali (r_v) yang dioptimasi menggunakan *solver Evolutionary* memperoleh adanya kenaikan pada titik produksi kembali (r_v) yaitu pada Produk Batik 1 dari 0 unit menjadi 24 unit, Produk Batik 2 dari 0 unit menjadi 2, dan Produk Batik 4 dari 0 unit menjadi 3 unit. Sedangkan pada Produk Batik 3 dan Produk Batik 5 tidak mengalami perubahan pada titik produksi kembali (r_v).

Kenaikan ukuran lot yang perlu diproduksi oleh pemasok secara langsung akan mempengaruhi biaya *setup* produksi, karena semakin banyak produksi maka biaya *setup* yang dikeluarkan juga semakin bertambah. Selain itu, kenaikan ukuran lot produksi mempengaruhi banyaknya produk yang perlu disimpan di mana biaya persediaan yang harus dikeluarkan juga bertambah, namun kenaikan lot produksi dapat mengurangi jumlah *Lost Sales* yang dialami pemasok karena permintaan yang dapat dipenuhi semakin banyak sehingga *Lost Sales* berkurang. Sebaliknya penurunan ukuran lot produksi mempengaruhi berkurangnya produk yang perlu disimpan dan diproduksi sehingga biaya simpan dan biaya *setup* menjadi lebih rendah akan tetapi biaya *Lost Sales* akan bertambah banyak karena permintaan yang tidak dapat dipenuhi juga semakin meningkat.

5.2 Analisis Perbandingan Total Biaya Pembeli

Berikut merupakan hasil perbandingan total biaya yang perlu dikeluarkan pembeli pada kedua model yang diperoleh dari hasil optimasi ukuran lot pemesanan dan titik pemesanan kembali optimal.

Tabel 5. 3 Hasil Perbandingan Total Biaya Pembeli

Jenis Produk	Pihak	Model Tanpa Koordinasi (Rp)	Model Dengan Koordinasi (Rp)
Produk Batik 1	<i>Buyer 1</i>	87.420.000	103.135.000
	<i>Buyer 2</i>	40.012.000	49.735.000
	<i>Buyer 3</i>	14.580.000	20.448.000
	<i>Buyer 4</i>	29.161.000	32.445.000
	<i>Buyer 5</i>	26.734.000	28.239.500
Produk Batik 2	<i>Buyer 1</i>	9.094.000	9.094.000
	<i>Buyer 2</i>	13.193.000	13.193.000
	<i>Buyer 3</i>	11.073.500	11.073.500
	<i>Buyer 4</i>	11.897.000	12.162.000
	<i>Buyer 5</i>	9.301.500	9.952.000
Produk Batik 3	<i>Buyer 1</i>	16.886.750	16.886.750

	<i>Buyer 2</i>	28.114.000	28.114.000
	<i>Buyer 3</i>	18.658.000	18.658.000
	<i>Buyer 4</i>	12.937.000	12.937.000
	<i>Buyer 5</i>	28.005.500	28.005.500
Produk Batik 4	<i>Buyer 1</i>	8.237.500	8.312.000
	<i>Buyer 2</i>	7.546.000	7.425.000
	<i>Buyer 3</i>	18.492.000	19.264.000
	<i>Buyer 4</i>	6.174.000	7.281.000
	<i>Buyer 5</i>	24.218.500	24.218.500
Produk Batik 5	<i>Buyer 1</i>	27.844.500	27.844.500
	<i>Buyer 2</i>	20.360.000	20.360.000
	<i>Buyer 3</i>	7.736.000	7.736.000
	<i>Buyer 4</i>	5.638.000	5.638.000
	<i>Buyer 5</i>	32.310.250	32.310.250

Tabel 5. 4 Hasil Total Penjumlahan Biaya Pembeli Pada Setiap Produk Batik

Jenis Produk	Pihak	Model Tanpa Koordinasi (Rp)	Model Dengan Koordinasi (Rp)
Produk Batik 1	<i>All Buyer</i>	197.907.000	234.002.500
Produk Batik 2	<i>All buyer</i>	54.559.000	55.474.500
Produk Batik 3	<i>All Buyer</i>	104.601.250	104.601.250
Produk Batik 4	<i>All Buyer</i>	64.668.000	66.500.500
Produk Batik 5	<i>All Buyer</i>	93.888.750	93.888.750

Pada Tabel 5.4 terdapat total biaya yang perlu dikeluarkan oleh pembeli pada kedua model dengan menggunakan optimasi *solver Evolutionary*, pada total biaya model dengan koordinasi menunjukkan total biaya cenderung mengalami kenaikan pada Produk Batik 1 yaitu pada keseluruhan *Buyer* mengalami kenaikan pada saat dilakukan optimasi gabungan, Produk Batik 2 mengalami kenaikan pada *Buyer 4* yaitu dari Rp.11.897.000,00 menjadi Rp.12.162.000,00 dan *Buyer 5* yaitu dari Rp.9.301.500,00 menjadi Rp.9.952.000,00, dan Produk Batik 4 mengalami kenaikan total biaya pada *Buyer 1*, *Buyer 3*, dan *Buyer 4* namun pada *Buyer 2* mengalami penurunan total biaya yaitu dari Rp.7.546.000,00 menjadi Rp.7.425.000,00 sedangkan pada *Buyer 5* tidak mengalami perubahan total biaya saat dilakukan optimasi gabungan. Kemudian pada Produk Batik 3 dan Produk Batik 5 tidak mengalami perubahan total biaya pada saat dilakukan optimasi total biaya gabungan. Kenaikan dan penurunan total biaya terjadi dikarenakan oleh

perubahan lot pemesanan dan titik pemesanan ulang yang terjadi pada hasil optimasi model dengan koordinasi.

5.3 Analisis Perbandingan Total Biaya Pemasok

Berikut merupakan hasil perbandingan total biaya yang perlu dikeluarkan pemasok pada kedua model yang diperoleh dari hasil optimasi ukuran lot produksi dan titik produksi kembali optimal.

Tabel 5. 5 Hasil Perbandingan Total Biaya Pemasok

Jenis Produk	Pihak	Model Tanpa Koordinasi (Rp)	Model Dengan Koordinasi (Rp)
Produk Batik 1	<i>Vendor</i>	315.889.200	242.753.500
Produk Batik 2		84.829.300	83.209.300
Produk Batik 3		149.235.300	149.235.300
Produk Batik 4		86.313.600	74.438.700
Produk Batik 5		128.528.300	128.528.300

Pada Tabel 5.5 terdapat total biaya yang perlu dikeluarkan pemasok pada kedua model dengan menggunakan optimasi *solver Evolutionary*, pada total biaya model dengan koordinasi menunjukkan total biaya cenderung mengalami penurunan pada Produk Batik 1 dari Rp.315.885.700,00 menjadi Rp.242.753.500,00; Produk Batik 2 dari Rp.84.829.800,00 menjadi Rp.83.209.300,00; Produk Batik 4 dari Rp.86.310.100,00 menjadi Rp.74.438.700,00; dan Produk Batik 5 dari Rp.128.528.300 menjadi Rp.128.528.300

5.4 Analisis Perbandingan Total Biaya Gabungan

Berdasarkan hasil perbandingan variabel keputusan yang dihasilkan pada setiap model seperti yang tertera pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2, pada tahap ini akan dilakukan analisis perbandingan total biaya gabungan pada kedua model serta penghematan yang dihasilkan oleh model dengan koordinasi. Terdapat perhitungan yang digunakan untuk mengetahui penghematan yang diperoleh pada model dengan koordinasi.

$$\text{Penghematan Total Biaya} = \frac{(\text{Model Tanpa Koordinasi} - \text{Model Dengan Koordinasi})}{\text{Model Tanpa Koordinasi}} \times 100\%$$

Tabel 5. 6 Hasil Perbandingan Total Biaya Gabungan

Variabel	Jenis Produk	Model Tanpa Koordinasi (Rp)	Model Dengan Koordinasi (Rp)	Penghematan Total Biaya Gabungan	
				Nilai Rupiah (Rp)	Persentase (%)
Total Biaya Gabungan	Produk Batik 1	513.796.200	476.756.000	37.040.200	7.21%
	Produk Batik 2	139.388.300	138.683.800	704.500	0.51%
	Produk Batik 3	253.836.550	253.836.550	0	0%
	Produk Batik 4	150.981.600	140.939.200	10.042.400	6.65%
	Produk Batik 5	222.189.050	222.189.050	0	0%
Total		1.280.191.700	1.232.404.600	47.787.100	14.37%

Berdasarkan Tabel 5.6 dapat diketahui bahwa terdapat penghematan total biaya gabungan pada Produk Batik 1, Produk Batik 2, dan Produk Batik 4, sedangkan pada Produk Batik 3 dan Produk Batik 5 tidak terjadi penghematan. Perbandingan total biaya gabungan antara model tanpa koordinasi dan model dengan koordinasi, yang di mana dapat dilihat pada Produk Batik 1 yaitu pada model awal yaitu sebesar Rp.513.796.700,00 per 5 tahun, sedangkan pada model gabungan yaitu sebesar Rp.476.756.000,00 per 5 tahun, pada kedua total biaya tersebut terdapat selisih biaya sebesar Rp.37040.200,00 atau sebesar 7.21%. Kemudian pada Produk Batik 2 yaitu pada model awal yaitu sebesar Rp.139.388.300,00 per 5 tahun, sedangkan pada model gabungan yaitu sebesar Rp.138.683.800,00 per 5 tahun, pada kedua total biaya tersebut terdapat selisih biaya sebesar Rp.704.000,00 atau sebesar 0.51%. Lalu pada Produk Batik 4 yaitu pada model awal yaitu sebesar Rp.150.981.600,00 per 5 tahun, sedangkan pada model gabungan yaitu sebesar Rp.140.932.200,00 per 5 tahun, pada kedua total biaya tersebut terdapat selisih biaya sebesar Rp. 10.042.400,00 atau sebesar 6.65%. Sedangkan pada Produk Batik 3 dan Produk Batik 5 tidak mengalami penghematan pada saat melakukan optimasi gabungan.

Dapat diketahui bahwa berdasarkan perhitungan, model dengan koordinasi dapat memberikan penghematan yang jauh lebih besar yaitu sebesar Rp.47.787.100,00 atau

sebesar 14.37% daripada model tanpa koordinasi. Dalam model koordinasi, pihak pemasok lebih diuntungkan dikarenakan pada Produk Batik 1, Produk Batik 2, dan Produk Batik 4 mengalami penurunan total biaya dari model awal, hal tersebut berbanding terbalik dengan total biaya pembeli yang di mana mengalami kenaikan total biaya pada saat dilakukan optimasi model dengan koordinasi yaitu pada Produk Batik 1, Produk Batik 2, dan Produk Batik 4.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian ini.

1. Hasil dari optimasi ukuran lot pemesanan (Q) menggunakan model *Joint Economic Lot Size* selama 60 periode atau 5 tahun terdapat pada model dengan koordinasi, berdasarkan dari hasil menggunakan *solver evolutionary* diperoleh jumlah lot pemesanan pembeli optimal pada Produk Batik 1 pada *buyer* 1, 2, 3, 4, dan 5 yaitu sebesar 580, 278, 83, 264, dan 113, pada Produk Batik 2 yaitu sebesar 47, 109, 79, 91, dan 62, pada Produk Batik 3 yaitu sebesar 105, 246, 124, 112, dan 191, pada Produk Batik 4 yaitu sebesar 42, 58, 148, 41, dan 101, pada Produk Batik 5 yaitu sebesar 196, 173, 43, 37, dan 217. Sedangkan hasil jumlah lot produksi (P) optimal pada produk 1, 2, 3, 4, dan 5 yaitu sebesar 1320, 395, 775, 394, dan 667.
2. Total biaya gabungan optimal yang perlu dikeluarkan oleh pembeli dan pemasok dalam selama 60 periode atau 5 tahun terdapat pada model dengan koordinasi yaitu dengan Produk Batik 1 sebesar Rp. 476.756.000,00; pada Produk Batik 2 sebesar Rp.138.683.800,00; pada Produk Batik 3 sebesar Rp. 253.836.550,00; pada Produk Batik 4 sebesar Rp.140.939.200,00; dan pada Produk Batik 5 sebesar Rp. 222.189.050,00. Yang di mana terdapat selisih total biaya keseluruhan produk yang cukup besar antara optimasi model tanpa dilakukannya koordinasi antara pembeli dan pemasok dengan optimasi model yang dilakukan secara bersama antar pembeli dan pemasok yaitu sebesar Rp.47.787.100,00 atau sebesar 14,37%.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, peneliti memberikan saran untuk penelitian selanjutnya dengan mempertimbangkan beberapa aspek berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan terkait melibatkan adanya biaya transportasi atau biaya pengiriman produk.

2. Model selanjutnya dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan variabel lain seperti adanya *backorder*, *safety stock*, dan *quantity discount* setiap melakukan pemesanan pada jumlah tertentu agar tetap dapat menguntungkan bagi pihak pembeli.
3. Model selanjutnya dapat dikembangkan menjadi lebih kompleks dengan melibatkan eselon supplier bahan baku untuk pemasok
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan dan referensi bagi UMKM Batik X Yogyakarta dalam menentukan kebijakan produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, M. A., & Dahda, S. S. (2022). Pengembangan Model Persediaan Single Vendor Multi Buyer Dengan Kebijakan Rework. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 19(2), 211–217.
- Aisyah, Purnamasari, I., & Nasution, Y. N. (2018). Application Vogel's Approximation Method (VAM) and Modified Distribution (MODI) in Solving Transshipment Problem. *Jurnal EKSPONENSIAL*, 9(2).
- Aziz, A. A., Priana, S. E., & Dewi, S. (2021). Perencanaan Saluran Sekunder Irigasi Batang Tombongan 1 Ke Batang Tombongan 2 D.I Panti Rao Kabupaten Pasaman Barat. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(1).
- Dahda, S., & Andesta, D. (2022). Ukuran Lot yang Ekonomis pada Model Persediaan Integrasi Single vendor dan Single buyer. *Matrik: Jurnal Manajemen & Teknik Industri-Produksi*, XXIII(1), 65–74. <https://doi.org/10.350587/Matrik>
- Daud, M. N. (2017). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Produksi Roti Wilton Kualasimpang. *JURNAL SAMUDRA EKONOMI DAN BISNIS*, 8(2).
- Deveshwar, A., & Modi, D. (2013). *Inventory Management Delivering Profits through Stock Management*.
- Gharaei, A., Karimi, M., & Hoseini Shekarabi, S. A. (2020). Joint Economic Lot-sizing in Multi-product Multi-level Integrated Supply Chains: Generalized Benders Decomposition. *International Journal of Systems Science: Operations and Logistics*, 7(4), 309–325. <https://doi.org/10.1080/23302674.2019.1585595>
- Hahn, G. J. (2020). Industry 4.0: a supply chain innovation perspective. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1425–1441. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1641642>
- Haudi, Rahadjeng, E. R., Santamoko, R., Putra, R. S., Purwoko, D., Nurjannah, D., Koho, I. R., Wijoyo, H., Siagian, A. O., Cahyono, Y., & Purwanto, A. (2022). The role of e-marketing and e-crm on e-loyalty of indonesian companies during covid pandemic and digital era. *Uncertain Supply Chain Management*, 10(1), 217–224. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2021.9.006>
- Herjanto, E. (2007). *Manajemen Operasi* (Edisi 3). Grasindo.
- Heryanto, R. M., Setiawan, Y. T., & Arisandhy, V. (2019). Pengendalian Persediaan Produk Obat Herbal pada Permintaan Probabilistik Menggunakan Joint Economic Lot Size. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 8(1), 39–46. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v8i1.3252.39-46>

- Hidayat, K., Efendi, J., & Faridz, R. (2020). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Kerupuk Mentah Potato Dan Kentang Keriting Menggunakan Metode Economic Order Quantity (EOQ). *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 18(2). <https://doi.org/10.20961/performa.18.2.35418>
- Hugos, M. (2011). Key Concepts of Supply Chain Management. In *Essentials of Supply Chain Management* (pp. 1–38). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118386408.ch1>
- Ishak, A. (2010). *Manajemen Operasi*. Graha Ilmu.
- Jauhari, A. W., Pujawan, I. N., & Wiratno, S. E. (2009). Model Joint Economic Lot Size Pada Kasus Pemasok-Pembeli Dengan Permintaan Probabilistik. *Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 1–14.
- Khadiqa, F. I. (2022). *Model Persediaan Gabungan Joint Economic Lot Size (JELS) Untuk Menentukan Tingkat Persediaan Optimal Batu Bara PLTU*.
- Kusumawardhani, N. A. (2022). Model Penentuan Ukuran Lot Gabungan Dalam Sistem Rantai Pasok Single Vendor-Multi Buyer Dengan Reactive Lateral Transshipment. In *Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri*.
- Lahu, E. P., & Sumarauw, J. S. B. (2017). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Guna Meminimalkan Biaya Persediaan Pada Dunkin Donuts Manado. *Jurnal EMBA*, 5(3), 4175–4184. <http://kbbi.web.id/optimal>.
- Latha, K. F. M., Kumar, M. G., & Uthayakumar, R. (2021). Two echelon economic lot sizing problems with geometric shipment policy backorder price discount and optimal investment to reduce ordering cost. *OPSEARCH*, 58(4), 1133–1163. <https://doi.org/10.1007/s12597-021-00515-7>
- Lee, W. (2005). A joint economic lot size model for raw material ordering, manufacturing setup, and finished goods delivering. *Omega*, 33(2), 163–174. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.03.013>
- Lutfiana, L., & Puspitosari, I. (2020). Analisis Manajemen Persediaan Pada Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) Jazid Bastomi Batik di Purworejo. *Jurnal JESKaPe*, 4(1), 55–66.
- Makalew, A. G., Jan, A. B. H., & Karuntu, M. M. (2019). Analisis Peran Supply Chain Management Terhadap Keunggulan Bersaing Pada PT. Mitra Kencana Distribusindo Manado. *Jurnal EMBA*, 7(4), 5446–5455.
- Marchi, B., Zavanella, L. E., & Zanoni, S. (2020). Joint economic lot size models with warehouse financing and financial contracts for hedging stocks under different coordination policies. *Journal of Business Economics*, 90(8), 1147–1169. <https://doi.org/10.1007/s11573-020-00975-1>

- Nabila, V. S., Lubis, M. I., & Aisyah, S. (2022). *Analisis Perencanaan Supply Chain Management pada Seneca Coffe Studio Kota Medan*.
- Novita, I., & Rochman, N. (2019). *Analisis Kelembagaan Rantai Pasok Usaha Ayam Ras Pedaging: Vol. Ditelaah*.
- Pandey, I. M. (2004). *Financial management 9th edition*.
- Paterson, C., Kiesmüller, G., Teunter, R., & Glazebrook, K. (2011). Inventory models with lateral transshipments: A review. In *European Journal of Operational Research* (Vol. 210, Issue 2, pp. 125–136). <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.05.048>
- Pujawan, I. N., & Kingsman, B. G. (2002). Joint Optimisation and Timing Synchronisation in a Buyer Supplier Inventory System. *International Journal of Operations and Quantitative Management*, 8, 93–110.
- Rahmanto, A. F., & Dahda, S. S. (2022). Integrated Inventory Model for Single Vendor Single Buyer Considering the Level of Product Defects. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 4(2), 151–160. <https://doi.org/10.46574/motivection.v4i2.127>
- Ristono, A. (2009). *Manajemen Persediaan* (Edisi Pertama). CV. Graha Ilmu.
- Rizky, N., Pristiwaji, A. S., & Purnomo, M. R. A. (2022). Imperfect Production Inventory Models: A Bibliometric Analysis. *Enrichment: Journal of Management*, 12(2), 1871–1884.
- Rozy, G., April Maliyah, N., & Aisyah, S. (2022). Pentingnya Manajemen Rantai Pasok pada Usaha Dagang Intan Plastik Sibuhuan. *Jurnal Ilmu Komputer, Ekonomi Dan Manajemen (JIKEM)*, 2(1), 1933–1940.
- Sarkar, S., & Giri, B. C. (2020). Stochastic supply chain model with imperfect production and controllable defective rate. *International Journal of Systems Science: Operations and Logistics*, 7(2), 133–146. <https://doi.org/10.1080/23302674.2018.1536231>
- Sebatjane, M. (2022). The impact of preservation technology investments on lot-sizing and shipment strategies in a three-echelon food supply chain involving growing and deteriorating items. *Operations Research Perspectives*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2022.100241>
- Sebatjane, M., & Adetunji, O. (2020). A three-echelon supply chain for economic growing quantity model with price- and freshness-dependent demand: Pricing, ordering and shipment decisions. *Operations Research Perspectives*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2020.100153>

- Senatra, A. F. E., & Widyadana, I. G. A. (2022). Perbaikan Tata Letak Fasilitas dengan Pendekatan Simulasi dan Evolutionary Algorithm pada Segmen I PT X. *Jurnal Titra*, 10(1), 1–8.
- Shekarabi, S. A. H., Gharaei, A., & Karimi, M. (2019). Modelling and optimal lot-sizing of integrated multi-level multi-wholesaler supply chains under the shortage and limited warehouse space: generalised outer approximation. *International Journal of Systems Science: Operations and Logistics*, 6(3), 237–257. <https://doi.org/10.1080/23302674.2018.1435835>
- Sun, X., & Zhang, R. (2019). The single-manufacturer single-retailer integrated production-delivery lot sizing model with production capacity under stochastic lead time demand. *Procedia CIRP*, 83, 528–533. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.111>
- Suseno, & Faritsy, A. Z. (2018). Aplikasi Model Joint Economic Lot Size (JELS) dan Quantity Discount Dalam Kerjasama Penentuan Lot Pemesanan Antara Produsen dan Konsumen. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 13(3).
- Sutrisna, A., Ginanjar, R., & Lestari, S. P. (2021). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Menerapkan Metode EOQ (Economic Order Quantity) pada PT. Jatisari Furniture Work. *Ekonomis: Journal of Economics and Business*, 5(1), 215. <https://doi.org/10.33087/ekonomis.v5i1.304>
- Suwarman, H. R. (2021). Evaluasi Penerapan Evolutionary Algorithm Untuk Pemecahan Traveling Salesman Problem. *SISTEMIK (Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik)*, 09(1). <http://www.solver.com>
- Tantra Wijaya, A., & Melinda, R. (2023). *Pengaruh Penerapan Enterprise Resource Planning dan Supply Chain Management Pada PT. TDK Electronics Indonesia*.
- Utama, D. M., Dewi, S. K., & Dwi Budi Maulana, S. K. (2022). Optimization of Joint Economic Lot Size Model for Vendor-Buyer with Exponential Quality Degradation and Transportation by Chimp Optimization Algorithm. *Complexity*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/9619530>
- Uyun, S., Indrayanto, A., & Kurniasih, R. (2020). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Menggunakan Metode Material Requirement Planning (MRP). *Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Akuntansi (JEBA)*, 22(1).
- Yulianto, S., Widyadana, I. G. A., & Sepadyati, N. (2020). Optimasi Rute Pengiriman pada CV. X Menggunakan Metode Evolutionary Algorithm. *Jurnal Tirta*, 10(1), 17–22.
- Yuniar, S., & Wangsaputra, R. (2018). Model Penentuan Ukuran Lot Gabungan Ekonomis Untuk Meminimasi Total Ongkos Gabungan Pemasok dan Pemanufaktur

Tunggal Dengan Pola Permintaan Probabilistik. *Seminar Nasional VII Manajemen & Rekayasa Kualitas*.

Yusuf, A. M., & Soediantono, D. (2022). Supply Chain Management and Recommendations for Implementation in the Defense Industry: A Literature Review. *International Journal of Social and Management Studies (IJOSMAS)*, 3(3).

LAMPIRAN

1. Data distribusi pola permintaan (*demand pattern*)

Contoh pada pola permintaan berdistribusi normal adalah sebagai berikut: Normal(150,20) nilai 150 menunjukkan besarnya rata-rata dan nilai 20 menunjukkan besarnya standar deviasi.

Contoh pada pola permintaan berdistribusi *uniform* adalah sebagai berikut: *Uniform*(2,10) nilai 2 menunjukkan nilai batas bawah dan nilai 10 menunjukkan nilai batas atas.

Produk Batik 1

Tabel 1 Permintaan Pembeli ke Pemasok pada Produk Batik 1

Vendor	Buyer				
	1	2	3	4	5
	Normal(300, 35)	Normal(150, 20)	Uniform(30, 70)	Uniform(120, 155)	Normal(60, 25)

Tabel 2 Permintaan Pembeli ke Pembeli lain pada Produk Batik 1

Buyer	Buyer				
	1	2	3	4	5
1		Uniform(2, 10)	Uniform(2, 15)		
2				Uniform(7, 13)	
3					
4					
5	Uniform(2, 5)				

Produk Batik 2

Tabel 3 Permintaan Pembeli ke Pemasok pada Produk Batik 2

Vendor	Buyer				
	1	2	3	4	5
	Normal(10, 7)	Normal(50, 13)	Normal(40, 10)	Uniform(30, 65)	Uniform(20, 35)

Tabel 4 Permintaan Pembeli ke Pembeli lain pada Produk Batik 2

Buyer	Buyer				
	1	2	3	4	5
1		Uniform(5, 8)	Uniform(5, 7)		
2				Uniform(2, 5)	
3					
4					
5	Uniform(2, 5)				

Produk Batik 3

Tabel 5

Vendor	Buyer				
	1	2	3	4	5
	Uniform(22, 47)	Uniform(100, 130)	Uniform(44, 83)	Uniform(20, 75)	Uniform(80, 110)

Tabel 6

Buyer	Buyer				
	1	2	3	4	5
1		Uniform(5, 15)	Uniform(7, 9)		
2				Uniform(4, 11)	
3					
4					
5	Uniform(3, 4)				

Produk Batik 4

Tabel 7

Vendor	Buyer				
	1	2	3	4	5
	Uniform(2, 17)	Uniform(10, 30)	Uniform(24, 93)	Uniform(10, 35)	Normal(50, 20)

Tabel 8

Buyer	Buyer				
	1	2	3	4	5
1		Uniform(4, 7)	Uniform(3, 11)		
2				Uniform(3, 9)	
3					
4					
5	Uniform(4, 5)				

Produk Batik 5

Tabel 9

Vendor	Buyer				
	1	2	3	4	5
	Normal(87, 7)	Normal(80, 20)	Uniform(14, 33)	Uniform(10, 30)	Normal(90, 15)

Tabel 10

Buyer	Buyer				
	1	2	3	4	5
1		Uniform(2, 10)	Uniform(2, 7)		
2				Uniform(1, 3)	
3					
4					
5	Uniform(5, 8)		Uniform(3,6)		

2. Hasil Model Simulasi Tanpa Koordinasi

Contoh hanya untuk pada Produk Batik 1

Buyer 1

Periode (t)	Initial Inv.	Demand	Demand from Buyer 2	Demand from Buyer 3	Total Demand	End. Inv.	Order to Vendor	Order to Buyer 5	Lost Sales	Abs. Inv
1	300	281	5	4	290	10	626	4	0	10
2	636	283	2	12	297	339	0	2	0	339
3	339	305	5	3	313	26	626	4	0	26
4	652	314	2	7	323	329	0	4	0	329
5	329	240	5	14	259	70	626	3	0	70
6	696	287	2	3	292	404	0	5	0	404
7	404	331	10	9	350	54	626	5	0	54
8	680	306	2	6	314	366	0	3	0	366
9	366	314	3	13	330	36	626	5	0	36
10	662	315	5	12	332	330	0	4	0	330
11	330	268	6	7	281	49	626	4	0	49
12	675	261	4	14	279	396	0	2	0	396
13	396	266	2	15	283	113	626	4	0	113
14	739	323	3	10	336	403	0	3	0	403
15	403	345	3	9	357	46	626	5	0	46
16	672	321	6	13	340	332	0	4	0	332
17	332	301	10	5	316	16	626	2	0	16
18	642	325	4	6	335	307	0	4	0	307
19	307	335	3	3	341	-34	626	5	34	0
20	626	322	9	11	342	284	0	2	0	284
21	284	347	8	12	367	-83	626	4	83	0
22	626	275	2	13	290	336	0	5	0	336
23	336	302	7	12	321	15	626	2	0	15
24	641	318	2	11	331	310	0	3	0	310
25	310	292	5	10	307	3	626	4	0	3
26	629	291	8	5	304	325	0	2	0	325
27	325	320	2	2	324	1	626	4	0	1
28	627	266	10	10	286	341	0	5	0	341
29	341	293	8	9	310	31	626	3	0	31
30	657	304	6	12	322	335	0	4	0	335
31	335	324	5	6	335	0	626	2	0	0
32	626	275	5	11	291	335	0	5	0	335
33	335	300	10	2	312	23	626	5	0	23
34	649	283	5	4	292	357	0	3	0	357
35	357	308	9	4	321	36	626	2	0	36
36	662	296	4	2	302	360	0	5	0	360
37	360	295	6	10	311	49	626	3	0	49
38	675	288	4	9	301	374	0	2	0	374
39	374	294	5	12	311	63	626	2	0	63
40	689	294	10	14	318	371	0	2	0	371
41	371	308	10	5	323	48	626	4	0	48
42	674	266	5	13	284	390	0	2	0	390
43	390	327	8	4	339	51	626	3	0	51
44	677	334	9	7	350	327	0	2	0	327
45	327	346	4	4	354	-27	626	2	27	0
46	626	272	7	7	286	340	0	5	0	340
47	340	288	10	14	312	28	626	5	0	28
48	654	314	7	5	326	328	0	2	0	328
49	328	288	9	8	305	23	626	4	0	23
50	649	306	4	14	324	325	0	5	0	325
51	325	280	4	2	286	39	626	2	0	39
52	665	285	4	10	299	366	0	4	0	366
53	366	312	8	15	335	31	626	5	0	31
54	657	297	3	14	314	343	0	3	0	343
55	343	294	2	9	305	38	626	5	0	38
56	664	284	3	2	289	375	0	2	0	375
57	375	300	3	13	316	59	626	5	0	59
58	685	326	2	6	334	351	0	3	0	351
59	351	334	9	8	351	0	626	3	0	0
60	626	238	7	10	255	371	0	5	0	371

Buyer 2

Periode (t)	Initial Inv.	Demand	Demand from Buyer 4	Total Demand	End. Inv.	Order to Vendor	Order to Buyer 1	Lost Sales	Abs. Inv
1	150	129	9	138	12	302	5	0	12
2	314	173	10	183	131	0	2	0	131
3	131	178	8	186	-55	302	5	55	0
4	302	106	13	119	183	0	2	0	183
5	183	157	13	170	13	302	5	0	13
6	315	139	11	150	165	0	2	0	165
7	165	114	12	126	39	302	10	0	39
8	341	141	11	152	189	0	2	0	189
9	189	118	11	129	60	302	3	0	60
10	362	114	7	121	241	0	5	0	241
11	241	125	7	132	109	302	6	0	109
12	411	170	9	179	232	0	4	0	232
13	232	182	8	190	42	302	2	0	42
14	344	163	12	175	169	0	3	0	169
15	169	147	8	155	14	302	3	0	14
16	316	149	12	161	155	0	6	0	155
17	155	154	12	166	-11	302	10	11	0
18	302	150	8	158	144	0	4	0	144
19	144	161	11	172	-28	302	3	28	0
20	302	134	12	146	156	0	9	0	156
21	156	161	11	172	-16	302	8	16	0
22	302	165	8	173	129	0	2	0	129
23	129	174	8	182	-53	302	7	53	0
24	302	153	13	166	136	0	2	0	136
25	136	124	7	131	5	302	5	0	5
26	307	102	9	111	196	0	8	0	196
27	196	177	11	188	8	302	2	0	8
28	310	200	9	209	101	0	10	0	101
29	101	169	9	178	-77	302	8	77	0
30	302	184	7	191	111	0	6	0	111
31	111	186	7	193	-82	302	5	82	0
32	302	142	13	155	147	0	5	0	147
33	147	115	9	124	23	302	10	0	23
34	325	123	8	131	194	0	5	0	194
35	194	129	7	136	58	302	9	0	58
36	360	141	11	152	208	0	4	0	208
37	208	123	9	132	76	302	6	0	76
38	378	150	9	159	219	0	4	0	219
39	219	121	10	131	88	302	5	0	88
40	390	163	7	170	220	0	10	0	220
41	220	134	9	143	77	302	10	0	77
42	379	154	12	166	213	0	5	0	213
43	213	135	7	142	71	302	8	0	71
44	373	148	8	156	217	0	9	0	217
45	217	131	8	139	78	302	4	0	78
46	380	130	7	137	243	0	7	0	243
47	243	148	8	156	87	302	10	0	87
48	389	152	12	164	225	0	7	0	225
49	225	147	7	154	71	302	9	0	71
50	373	143	12	155	218	0	4	0	218
51	218	157	9	166	52	302	4	0	52
52	354	128	8	136	218	0	4	0	218
53	218	188	10	198	20	302	8	0	20
54	322	140	9	149	173	0	3	0	173
55	173	167	12	179	-6	302	2	6	0
56	302	127	9	136	166	0	3	0	166
57	166	145	9	154	12	302	3	0	12
58	314	112	13	125	189	0	2	0	189
59	189	146	10	156	33	302	9	0	33
60	335	146	9	155	180	0	7	0	180

Buyer 3

Periode (t)	Initial Inv.	Demand	End. Inv.	Order to Vendor	Order to Buyer 1	Lost Sales	Abs. Inv
1	70	60	10	96	4	0	10
2	106	34	72	0	12	0	72
3	72	39	33	96	3	0	33
4	129	34	95	0	7	0	95
5	95	54	41	96	14	0	41
6	137	36	101	0	3	0	101
7	101	43	58	96	9	0	58
8	154	53	101	0	6	0	101
9	101	59	42	96	13	0	42
10	138	66	72	0	12	0	72
11	72	39	33	96	7	0	33
12	129	59	70	0	14	0	70
13	70	64	6	96	15	0	6
14	102	56	46	0	10	0	46
15	46	42	4	96	9	0	4
16	100	62	38	0	13	0	38
17	38	34	4	96	5	0	4
18	100	63	37	0	6	0	37
19	37	35	2	96	3	0	2
20	98	33	65	0	11	0	65
21	65	48	17	96	12	0	17
22	113	59	54	0	13	0	54
23	54	57	-3	96	12	3	0
24	96	61	35	0	11	0	35
25	35	34	1	96	10	0	1
26	97	60	37	0	5	0	37
27	37	56	-19	96	2	19	0
28	96	55	41	0	10	0	41
29	41	42	-1	96	9	1	0
30	96	41	55	0	12	0	55
31	55	69	-14	96	6	14	0
32	96	34	62	0	11	0	62
33	62	34	28	96	2	0	28
34	124	65	59	0	4	0	59
35	59	51	8	96	4	0	8
36	104	39	65	0	2	0	65
37	65	56	9	96	10	0	9
38	105	42	63	0	9	0	63
39	63	63	0	96	12	0	0
40	96	48	48	0	14	0	48
41	48	53	-5	96	5	5	0
42	96	62	34	0	13	0	34
43	34	36	-2	96	4	2	0
44	96	44	52	0	7	0	52
45	52	32	20	96	4	0	20
46	116	41	75	0	7	0	75
47	75	40	35	96	14	0	35
48	131	55	76	0	5	0	76
49	76	45	31	96	8	0	31
50	127	58	69	0	14	0	69
51	69	30	39	96	2	0	39
52	135	34	101	0	10	0	101
53	101	63	38	96	15	0	38
54	134	46	88	0	14	0	88
55	88	35	53	96	9	0	53
56	149	42	107	0	2	0	107
57	107	37	70	96	13	0	70
58	166	63	103	0	6	0	103
59	103	68	35	96	8	0	35
60	131	45	86	0	10	0	86

Buyer 4

Periode (t)	Initial Inv.	Demand	End. Inv.	Order to Vendor	Order to Buyer 2	Lost Sales	Abs. Inv
1	155	143	12	270	9	0	12
2	282	143	139	0	10	0	139
3	139	144	-5	270	8	5	0
4	270	134	136	0	13	0	136
5	136	131	5	270	13	0	5
6	275	142	133	0	11	0	133
7	133	145	-12	270	12	12	0
8	270	152	118	0	11	0	118
9	118	124	-6	270	11	6	0
10	270	153	117	0	7	0	117
11	117	129	-12	270	7	12	0
12	270	134	136	0	9	0	136
13	136	124	12	270	8	0	12
14	282	122	160	0	12	0	160
15	160	148	12	270	8	0	12
16	282	125	157	0	12	0	157
17	157	123	34	270	12	0	34
18	304	124	180	0	8	0	180
19	180	152	28	270	11	0	28
20	298	127	171	0	12	0	171
21	171	127	44	270	11	0	44
22	314	126	188	0	8	0	188
23	188	149	39	270	8	0	39
24	309	130	179	0	13	0	179
25	179	146	33	270	7	0	33
26	303	142	161	0	9	0	161
27	161	128	33	270	11	0	33
28	303	132	171	0	9	0	171
29	171	141	30	270	9	0	30
30	300	125	175	0	7	0	175
31	175	129	46	270	7	0	46
32	316	151	165	0	13	0	165
33	165	133	32	270	9	0	32
34	302	154	148	0	8	0	148
35	148	128	20	270	7	0	20
36	290	130	160	0	11	0	160
37	160	140	20	270	9	0	20
38	290	121	169	0	9	0	169
39	169	149	20	270	10	0	20
40	290	144	146	0	7	0	146
41	146	128	18	270	9	0	18
42	288	136	152	0	12	0	152
43	152	130	22	270	7	0	22
44	292	121	171	0	8	0	171
45	171	145	26	270	8	0	26
46	296	141	155	0	7	0	155
47	155	132	23	270	8	0	23
48	293	142	151	0	12	0	151
49	151	138	13	270	7	0	13
50	283	142	141	0	12	0	141
51	141	148	-7	270	9	7	0
52	270	150	120	0	8	0	120
53	120	125	-5	270	10	5	0
54	270	130	140	0	9	0	140
55	140	134	6	270	12	0	6
56	276	146	130	0	9	0	130
57	130	130	0	270	9	0	0
58	270	131	139	0	13	0	139
59	139	129	10	270	10	0	10
60	280	142	138	0	9	0	138

Buyer 5

Periode (t)	Initial Inv.	Demand	Demand from Buyer 1	Total Demand	End. Inv.	Order to Vendor	Lost Sales	Abs. Inv
1	60	65	4	69	-9	118	9	0
2	118	58	2	60	58	0	0	58
3	58	88	4	92	-34	118	34	0
4	118	69	4	73	45	0	0	45
5	45	42	3	45	0	118	0	0
6	118	54	5	59	59	0	0	59
7	59	78	5	83	-24	118	24	0
8	118	105	3	108	10	0	0	10
9	10	114	5	119	-109	118	109	0
10	118	71	4	75	43	0	0	43
11	43	84	4	88	-45	118	45	0
12	118	71	2	73	45	0	0	45
13	45	95	4	99	-54	118	54	0
14	118	20	3	23	95	0	0	95
15	95	31	5	36	59	118	0	59
16	177	72	4	76	101	0	0	101
17	101	38	2	40	61	118	0	61
18	179	81	4	85	94	0	0	94
19	94	40	5	45	49	118	0	49
20	167	34	2	36	131	0	0	131
21	131	40	4	44	87	118	0	87
22	205	69	5	74	131	0	0	131
23	131	47	2	49	82	118	0	82
24	200	86	3	89	111	0	0	111
25	111	88	4	92	19	118	0	19
26	137	14	2	16	121	0	0	121
27	121	75	4	79	42	118	0	42
28	160	72	5	77	83	0	0	83
29	83	77	3	80	3	118	0	3
30	121	60	4	64	57	0	0	57
31	57	41	2	43	14	118	0	14
32	132	40	5	45	87	0	0	87
33	87	45	5	50	37	118	0	37
34	155	65	3	68	87	0	0	87
35	87	72	2	74	13	118	0	13
36	131	46	5	51	80	0	0	80
37	80	81	3	84	-4	118	4	0
38	118	29	2	31	87	0	0	87
39	87	14	2	16	71	118	0	71
40	189	34	2	36	153	0	0	153
41	153	21	4	25	128	118	0	128
42	246	122	2	124	122	0	0	122
43	122	72	3	75	47	118	0	47
44	165	4	2	6	159	0	0	159
45	159	61	2	63	96	118	0	96
46	214	68	5	73	141	0	0	141
47	141	76	5	81	60	118	0	60
48	178	65	2	67	111	0	0	111
49	111	68	4	72	39	118	0	39
50	157	73	5	78	79	0	0	79
51	79	26	2	28	51	118	0	51
52	169	69	4	73	96	0	0	96
53	96	66	5	71	25	118	0	25
54	143	81	3	84	59	0	0	59
55	59	41	5	46	13	118	0	13
56	131	56	2	58	73	0	0	73
57	73	91	5	96	-23	118	23	0
58	118	96	3	99	19	0	0	19
59	19	35	3	38	-19	118	19	0
60	118	44	5	49	69	0	0	69

Vendor

Periode (t)	Initial Inv.	Total Demand	End. Inv	Prod. Qty	Cum. Prod. Qty	Total Defect	Rework (40%)	Defect	Lost Sales	Abs. Inv
1	1412	1412	0	1413	1413	0	0	0	0	0
2	1413	0	1413	0	1413	0	0	0	0	1413
3	1413	1412	1	0	1413	0	0	0	0	1
4	1	0	1	0	1413	0	0	0	0	1
5	1	1412	-1411	1413	2826	0	0	0	1411	0
6	1413	0	1413	0	2826	0	0	0	0	1413
7	1413	1412	1	0	2826	0	0	0	0	1
8	1	0	1	0	2826	0	0	0	0	1
9	1	1412	-1411	1413	4239	0	0	0	1411	0
10	1413	0	1413	0	4239	0	0	0	0	1413
11	1413	1412	1	0	4239	0	0	0	0	1
12	1	0	1	0	4239	0	0	0	0	1
13	1	1412	-1411	1413	5652	14	6	8	1411	0
14	1405	0	1405	0	5652	0	0	0	0	1405
15	1405	1412	-7	1413	7065	0	0	0	7	0
16	1413	0	1413	0	7065	0	0	0	0	1413
17	1413	1412	1	0	7065	0	0	0	0	1
18	1	0	1	0	7065	0	0	0	0	1
19	1	1412	-1411	1413	8478	0	0	0	1411	0
20	1413	0	1413	0	8478	0	0	0	0	1413
21	1413	1412	1	0	8478	0	0	0	0	1
22	1	0	1	0	8478	0	0	0	0	1
23	1	1412	-1411	1413	9891	0	0	0	1411	0
24	1413	0	1413	0	9891	0	0	0	0	1413
25	1413	1412	1	0	9891	0	0	0	0	1
26	1	0	1	0	9891	0	0	0	0	1
27	1	1412	-1411	1413	11304	226	90	136	1411	0
28	1277	0	1277	0	11304	0	0	0	0	1277
29	1277	1412	-135	1413	12717	0	0	0	135	0
30	1413	0	1413	0	12717	0	0	0	0	1413
31	1413	1412	1	0	12717	0	0	0	0	1
32	1	0	1	0	12717	0	0	0	0	1
33	1	1412	-1411	1413	14130	0	0	0	1411	0
34	1413	0	1413	0	14130	0	0	0	0	1413
35	1413	1412	1	0	14130	0	0	0	0	1
36	1	0	1	0	14130	0	0	0	0	1
37	1	1412	-1411	1413	15543	395	158	237	1411	0
38	1176	0	1176	0	15543	0	0	0	0	1176
39	1176	1412	-236	1413	16956	0	0	0	236	0
40	1413	0	1413	0	16956	0	0	0	0	1413
41	1413	1412	1	0	16956	0	0	0	0	1
42	1	0	1	0	16956	0	0	0	0	1
43	1	1412	-1411	1413	18369	0	0	0	1411	0
44	1413	0	1413	0	18369	0	0	0	0	1413
45	1413	1412	1	0	18369	0	0	0	0	1
46	1	0	1	0	18369	0	0	0	0	1
47	1	1412	-1411	1413	19782	0	0	0	1411	0
48	1413	0	1413	0	19782	0	0	0	0	1413
49	1413	1412	1	0	19782	0	0	0	0	1
50	1	0	1	0	19782	0	0	0	0	1
51	1	1412	-1411	1413	21195	310	124	186	1411	0
52	1227	0	1227	0	21195	0	0	0	0	1227
53	1227	1412	-185	1413	22608	0	0	0	185	0
54	1413	0	1413	0	22608	0	0	0	0	1413
55	1413	1412	1	0	22608	0	0	0	0	1
56	1	0	1	0	22608	0	0	0	0	1
57	1	1412	-1411	1413	24021	0	0	0	1411	0
58	1413	0	1413	0	24021	0	0	0	0	1413
59	1413	1412	1	0	24021	0	0	0	0	1
60	1	0	1	0	24021	0	0	0	0	1

3. Hasil Model Simulasi Dengan Koordinasi

Contoh hanya untuk pada Produk Batik 1

Buyer 1

Periode (t)	Initial Inv.	Demand	Demand from Buyer 2	Demand from Buyer 3	Total Demand	End. Inv.	Order to Vendor	Order to Buyer 5	Lost Sales	Abs. Inv
1	300	281	5	4	290	10	580	4	0	10
2	590	283	2	12	297	293	0	2	0	293
3	293	305	5	3	313	-20	580	4	20	0
4	580	314	2	7	323	257	0	4	0	257
5	257	240	5	14	259	-2	580	3	2	0
6	580	287	2	3	292	288	0	5	0	288
7	288	331	10	9	350	-62	580	5	62	0
8	580	306	2	6	314	266	0	3	0	266
9	266	314	3	13	330	-64	580	5	64	0
10	580	315	5	12	332	248	0	4	0	248
11	248	268	6	7	281	-33	580	4	33	0
12	580	261	4	14	279	301	0	2	0	301
13	301	266	2	15	283	18	580	4	0	18
14	598	323	3	10	336	262	0	3	0	262
15	262	345	3	9	357	-95	580	5	95	0
16	580	321	6	13	340	240	0	4	0	240
17	240	301	10	5	316	-76	580	2	76	0
18	580	325	4	6	335	245	0	4	0	245
19	245	335	3	3	341	-96	580	5	96	0
20	580	322	9	11	342	238	0	2	0	238
21	238	347	8	12	367	-129	580	4	129	0
22	580	275	2	13	290	290	0	5	0	290
23	290	302	7	12	321	-31	580	2	31	0
24	580	318	2	11	331	249	0	3	0	249
25	249	292	5	10	307	-58	580	4	58	0
26	580	291	8	5	304	276	0	2	0	276
27	276	320	2	2	324	-48	580	4	48	0
28	580	266	10	10	286	294	0	5	0	294
29	294	293	8	9	310	-16	580	3	16	0
30	580	304	6	12	322	258	0	4	0	258
31	258	324	5	6	335	-77	580	2	77	0
32	580	275	5	11	291	289	0	5	0	289
33	289	300	10	2	312	-23	580	5	23	0
34	580	283	5	4	292	288	0	3	0	288
35	288	308	9	4	321	-33	580	2	33	0
36	580	296	4	2	302	278	0	5	0	278
37	278	295	6	10	311	-33	580	3	33	0
38	580	288	4	9	301	279	0	2	0	279
39	279	294	5	12	311	-32	580	2	32	0
40	580	294	10	14	318	262	0	2	0	262
41	262	308	10	5	323	-61	580	4	61	0
42	580	266	5	13	284	296	0	2	0	296
43	296	327	8	4	339	-43	580	3	43	0
44	580	334	9	7	350	230	0	2	0	230
45	230	346	4	4	354	-124	580	2	124	0
46	580	272	7	7	286	294	0	5	0	294
47	294	288	10	14	312	-18	580	5	18	0
48	580	314	7	5	326	254	0	2	0	254
49	254	288	9	8	305	-51	580	4	51	0
50	580	306	4	14	324	256	0	5	0	256
51	256	280	4	2	286	-30	580	2	30	0
52	580	285	4	10	299	281	0	4	0	281
53	281	312	8	15	335	-54	580	5	54	0
54	580	297	3	14	314	266	0	3	0	266
55	266	294	2	9	305	-39	580	5	39	0
56	580	284	3	2	289	291	0	2	0	291
57	291	300	3	13	316	-25	580	5	25	0
58	580	326	2	6	334	246	0	3	0	246
59	246	334	9	8	351	-105	580	3	105	0
60	580	238	7	10	255	325	0	5	0	325

Buyer 2

Periode (t)	Initial Inv.	Demand	Demand from Buyer 4	Total Demand	End. Inv.	Order to Vendor	Order to Buyer 1	Lost Sales	Abs. Inv
1	150	129	9	138	12	278	5	0	12
2	290	173	10	183	107	0	2	0	107
3	107	178	8	186	-79	278	5	79	0
4	278	106	13	119	159	0	2	0	159
5	159	157	13	170	-11	278	5	11	0
6	278	139	11	150	128	0	2	0	128
7	128	114	12	126	2	278	10	0	2
8	280	141	11	152	128	0	2	0	128
9	128	118	11	129	-1	278	3	1	0
10	278	114	7	121	157	0	5	0	157
11	157	125	7	132	25	278	6	0	25
12	303	170	9	179	124	0	4	0	124
13	124	182	8	190	-66	278	2	66	0
14	278	163	12	175	103	0	3	0	103
15	103	147	8	155	-52	278	3	52	0
16	278	149	12	161	117	0	6	0	117
17	117	154	12	166	-49	278	10	49	0
18	278	150	8	158	120	0	4	0	120
19	120	161	11	172	-52	278	3	52	0
20	278	134	12	146	132	0	9	0	132
21	132	161	11	172	-40	278	8	40	0
22	278	165	8	173	105	0	2	0	105
23	105	174	8	182	-77	278	7	77	0
24	278	153	13	166	112	0	2	0	112
25	112	124	7	131	-19	278	5	19	0
26	278	102	9	111	167	0	8	0	167
27	167	177	11	188	-21	278	2	21	0
28	278	200	9	209	69	0	10	0	69
29	69	169	9	178	-109	278	8	109	0
30	278	184	7	191	87	0	6	0	87
31	87	186	7	193	-106	278	5	106	0
32	278	142	13	155	123	0	5	0	123
33	123	115	9	124	-1	278	10	1	0
34	278	123	8	131	147	0	5	0	147
35	147	129	7	136	11	278	9	0	11
36	289	141	11	152	137	0	4	0	137
37	137	123	9	132	5	278	6	0	5
38	283	150	9	159	124	0	4	0	124
39	124	121	10	131	-7	278	5	7	0
40	278	163	7	170	108	0	10	0	108
41	108	134	9	143	-35	278	10	35	0
42	278	154	12	166	112	0	5	0	112
43	112	135	7	142	-30	278	8	30	0
44	278	148	8	156	122	0	9	0	122
45	122	131	8	139	-17	278	4	17	0
46	278	130	7	137	141	0	7	0	141
47	141	148	8	156	-15	278	10	15	0
48	278	152	12	164	114	0	7	0	114
49	114	147	7	154	-40	278	9	40	0
50	278	143	12	155	123	0	4	0	123
51	123	157	9	166	-43	278	4	43	0
52	278	128	8	136	142	0	4	0	142
53	142	188	10	198	-56	278	8	56	0
54	278	140	9	149	129	0	3	0	129
55	129	167	12	179	-50	278	2	50	0
56	278	127	9	136	142	0	3	0	142
57	142	145	9	154	-12	278	3	12	0
58	278	112	13	125	153	0	2	0	153
59	153	146	10	156	-3	278	9	3	0
60	278	146	9	155	123	0	7	0	123

Buyer 3

Periode (t)	Initial Inv.	Demand	End. Inv.	Order to Vendor	Order to Buyer 1	Lost Sales	Abs. Inv
1	70	60	10	83	4	0	10
2	93	34	59	0	12	0	59
3	59	39	20	0	3	0	20
4	20	34	-14	83	7	14	0
5	83	54	29	0	14	0	29
6	29	36	-7	83	3	7	0
7	83	43	40	0	9	0	40
8	40	53	-13	83	6	13	0
9	83	59	24	0	13	0	24
10	24	66	-42	83	12	42	0
11	83	39	44	0	7	0	44
12	44	59	-15	83	14	15	0
13	83	64	19	0	15	0	19
14	19	56	-37	83	10	37	0
15	83	42	41	0	9	0	41
16	41	62	-21	83	13	21	0
17	83	34	49	0	5	0	49
18	49	63	-14	83	6	14	0
19	83	35	48	0	3	0	48
20	48	33	15	83	11	0	15
21	98	48	50	0	12	0	50
22	50	59	-9	83	13	9	0
23	83	57	26	0	12	0	26
24	26	61	-35	83	11	35	0
25	83	34	49	0	10	0	49
26	49	60	-11	83	5	11	0
27	83	56	27	0	2	0	27
28	27	55	-28	83	10	28	0
29	83	42	41	0	9	0	41
30	41	41	0	83	12	0	0
31	83	69	14	0	6	0	14
32	14	34	-20	83	11	20	0
33	83	34	49	0	2	0	49
34	49	65	-16	83	4	16	0
35	83	51	32	0	4	0	32
36	32	39	-7	83	2	7	0
37	83	56	27	0	10	0	27
38	27	42	-15	83	9	15	0
39	83	63	20	0	12	0	20
40	20	48	-28	83	14	28	0
41	83	53	30	0	5	0	30
42	30	62	-32	83	13	32	0
43	83	36	47	0	4	0	47
44	47	44	3	83	7	0	3
45	86	32	54	0	4	0	54
46	54	41	13	83	7	0	13
47	96	40	56	0	14	0	56
48	56	55	1	83	5	0	1
49	84	45	39	0	8	0	39
50	39	58	-19	83	14	19	0
51	83	30	53	0	2	0	53
52	53	34	19	83	10	0	19
53	102	63	39	0	15	0	39
54	39	46	-7	83	14	7	0
55	83	35	48	0	9	0	48
56	48	42	6	83	2	0	6
57	89	37	52	0	13	0	52
58	52	63	-11	83	6	11	0
59	83	68	15	0	8	0	15
60	15	45	-30	83	10	30	0

Buyer 4

Periode (t)	Initial Inv.	Demand	End. Inv.	Order to Vendor	Order to Buyer 2	Lost Sales	Abs. Inv
1	155	143	12	264	9	0	12
2	276	143	133	0	10	0	133
3	133	144	-11	264	8	11	0
4	264	134	130	0	13	0	130
5	130	131	-1	264	13	1	0
6	264	142	122	0	11	0	122
7	122	145	-23	264	12	23	0
8	264	152	112	0	11	0	112
9	112	124	-12	264	11	12	0
10	264	153	111	0	7	0	111
11	111	129	-18	264	7	18	0
12	264	134	130	0	9	0	130
13	130	124	6	264	8	0	6
14	270	122	148	0	12	0	148
15	148	148	0	264	8	0	0
16	264	125	139	0	12	0	139
17	139	123	16	264	12	0	16
18	280	124	156	0	8	0	156
19	156	152	4	264	11	0	4
20	268	127	141	0	12	0	141
21	141	127	14	264	11	0	14
22	278	126	152	0	8	0	152
23	152	149	3	264	8	0	3
24	267	130	137	0	13	0	137
25	137	146	-9	264	7	9	0
26	264	142	122	0	9	0	122
27	122	128	-6	264	11	6	0
28	264	132	132	0	9	0	132
29	132	141	-9	264	9	9	0
30	264	125	139	0	7	0	139
31	139	129	10	264	7	0	10
32	274	151	123	0	13	0	123
33	123	133	-10	264	9	10	0
34	264	154	110	0	8	0	110
35	110	128	-18	264	7	18	0
36	264	130	134	0	11	0	134
37	134	140	-6	264	9	6	0
38	264	121	143	0	9	0	143
39	143	149	-6	264	10	6	0
40	264	144	120	0	7	0	120
41	120	128	-8	264	9	8	0
42	264	136	128	0	12	0	128
43	128	130	-2	264	7	2	0
44	264	121	143	0	8	0	143
45	143	145	-2	264	8	2	0
46	264	141	123	0	7	0	123
47	123	132	-9	264	8	9	0
48	264	142	122	0	12	0	122
49	122	138	-16	264	7	16	0
50	264	142	122	0	12	0	122
51	122	148	-26	264	9	26	0
52	264	150	114	0	8	0	114
53	114	125	-11	264	10	11	0
54	264	130	134	0	9	0	134
55	134	134	0	264	12	0	0
56	264	146	118	0	9	0	118
57	118	130	-12	264	9	12	0
58	264	131	133	0	13	0	133
59	133	129	4	264	10	0	4
60	268	142	126	0	9	0	126

Buyer 5

Periode (t)	Initial Inv.	Demand	Demand from Buyer 1	Total Demand	End. Inv.	Order to Vendor	Lost Sales	Abs. Inv
1	60	65	4	69	-9	113	9	0
2	113	58	2	60	53	0	0	53
3	53	88	4	92	-39	113	39	0
4	113	69	4	73	40	0	0	40
5	40	42	3	45	-5	113	5	0
6	113	54	5	59	54	0	0	54
7	54	78	5	83	-29	113	29	0
8	113	105	3	108	5	0	0	5
9	5	114	5	119	-114	113	114	0
10	113	71	4	75	38	0	0	38
11	38	84	4	88	-50	113	50	0
12	113	71	2	73	40	0	0	40
13	40	95	4	99	-59	113	59	0
14	113	20	3	23	90	0	0	90
15	90	31	5	36	54	113	0	54
16	167	72	4	76	91	0	0	91
17	91	38	2	40	51	113	0	51
18	164	81	4	85	79	0	0	79
19	79	40	5	45	34	113	0	34
20	147	34	2	36	111	0	0	111
21	111	40	4	44	67	113	0	67
22	180	69	5	74	106	0	0	106
23	106	47	2	49	57	113	0	57
24	170	86	3	89	81	0	0	81
25	81	88	4	92	-11	113	11	0
26	113	14	2	16	97	0	0	97
27	97	75	4	79	18	113	0	18
28	131	72	5	77	54	0	0	54
29	54	77	3	80	-26	113	26	0
30	113	60	4	64	49	0	0	49
31	49	41	2	43	6	113	0	6
32	119	40	5	45	74	0	0	74
33	74	45	5	50	24	113	0	24
34	137	65	3	68	69	0	0	69
35	69	72	2	74	-5	113	5	0
36	113	46	5	51	62	0	0	62
37	62	81	3	84	-22	113	22	0
38	113	29	2	31	82	0	0	82
39	82	14	2	16	66	113	0	66
40	179	34	2	36	143	0	0	143
41	143	21	4	25	118	113	0	118
42	231	122	2	124	107	0	0	107
43	107	72	3	75	32	113	0	32
44	145	4	2	6	139	0	0	139
45	139	61	2	63	76	113	0	76
46	189	68	5	73	116	0	0	116
47	116	76	5	81	35	113	0	35
48	148	65	2	67	81	0	0	81
49	81	68	4	72	9	113	0	9
50	122	73	5	78	44	0	0	44
51	44	26	2	28	16	113	0	16
52	129	69	4	73	56	0	0	56
53	56	66	5	71	-15	113	15	0
54	113	81	3	84	29	0	0	29
55	29	41	5	46	-17	113	17	0
56	113	56	2	58	55	0	0	55
57	55	91	5	96	-41	113	41	0
58	113	96	3	99	14	0	0	14
59	14	35	3	38	-24	113	24	0
60	113	44	5	49	64	0	0	64

Vendor

Periode (t)	Initial Inv.	Total Demand	End. Inv	Prod. Qty	Cum. Prod. Qty	Total Defect	Rework (40%)	Defect	Lost Sales	Abs. Inv
1	1318	1318	0	1320	1320	0	0	0	0	0
2	1320	0	1320	0	1320	0	0	0	0	1320
3	1320	1235	85	0	1320	0	0	0	0	85
4	85	83	2	1320	2640	0	0	0	0	2
5	1322	1235	87	0	2640	0	0	0	0	87
6	87	83	4	1320	3960	0	0	0	0	4
7	1324	1235	89	0	3960	0	0	0	0	89
8	89	83	6	1320	5280	14	6	8	0	6
9	1318	1235	83	0	5280	0	0	0	0	83
10	83	83	0	1320	6600	0	0	0	0	0
11	1320	1235	85	0	6600	0	0	0	0	85
12	85	83	2	1320	7920	0	0	0	0	2
13	1322	1235	87	0	7920	0	0	0	0	87
14	87	83	4	1320	9240	0	0	0	0	4
15	1324	1235	89	0	9240	0	0	0	0	89
16	89	83	6	1320	10560	0	0	0	0	6
17	1326	1235	91	0	10560	0	0	0	0	91
18	91	83	8	1320	11880	0	0	0	0	8
19	1328	1235	93	0	11880	0	0	0	0	93
20	93	83	10	1320	13200	0	0	0	0	10
21	1330	1235	95	0	13200	0	0	0	0	95
22	95	83	12	1320	14520	0	0	0	0	12
23	1332	1235	97	0	14520	0	0	0	0	97
24	97	83	14	1320	15840	0	0	0	0	14
25	1334	1235	99	0	15840	0	0	0	0	99
26	99	83	16	1320	17160	0	0	0	0	16
27	1336	1235	101	0	17160	0	0	0	0	101
28	101	83	18	1320	18480	0	0	0	0	18
29	1338	1235	103	0	18480	0	0	0	0	103
30	103	83	20	1320	19800	0	0	0	0	20
31	1340	1235	105	0	19800	0	0	0	0	105
32	105	83	22	1320	21120	226	90	136	0	22
33	1206	1235	-29	0	21120	0	0	0	29	0
34	0	83	-83	1320	22440	0	0	0	83	0
35	1320	1235	85	0	22440	0	0	0	0	85
36	85	83	2	1320	23760	0	0	0	0	2
37	1322	1235	87	0	23760	0	0	0	0	87
38	87	83	4	1320	25080	395	158	237	0	4
39	1087	1235	-148	0	25080	0	0	0	148	0
40	0	83	-83	1320	26400	0	0	0	83	0
41	1320	1235	85	0	26400	0	0	0	0	85
42	85	83	2	1320	27720	0	0	0	0	2
43	1322	1235	87	0	27720	0	0	0	0	87
44	87	83	4	1320	29040	0	0	0	0	4
45	1324	1235	89	0	29040	0	0	0	0	89
46	89	83	6	1320	30360	310	124	186	0	6
47	1140	1235	-95	0	30360	0	0	0	95	0
48	0	83	-83	1320	31680	0	0	0	83	0
49	1320	1235	85	0	31680	0	0	0	0	85
50	85	83	2	1320	33000	0	0	0	0	2
51	1322	1235	87	0	33000	0	0	0	0	87
52	87	83	4	1320	34320	0	0	0	0	4
53	1324	1235	89	0	34320	0	0	0	0	89
54	89	83	6	1320	35640	0	0	0	0	6
55	1326	1235	91	0	35640	0	0	0	0	91
56	91	83	8	1320	36960	0	0	0	0	8
57	1328	1235	93	0	36960	0	0	0	0	93
58	93	83	10	1320	38280	0	0	0	0	10
59	1330	1235	95	0	38280	0	0	0	0	95
60	95	83	12	1320	39600	0	0	0	0	12