

**OPTIMASI SISTEM RANTAI PASOK DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN KESEIMBANGAN BEBAN KERJA
OPERATOR MELALUI FAKTOR TRANSPARANSI *DEMAND*
(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 : Bunga Sabilla Adawiyah
No. Mahasiswa : 21522306

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan hasil karya orisinal saya sendiri, kecuali pada bagian kutipan dan ringkasan yang telah saya cantumkan sumbernya dengan jelas. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar dan melanggar peraturan yang berlaku, saya siap menerima konsekuensinya, termasuk penarikan ijazah yang telah diberikan oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 8 September 2025



(Bunga Sabilla Adawiyah)

NIM. 21522306

SURAT BUKTI PENELITIAN**FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI**

Geckung KH. M. Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalirejo km 14.5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4110, 4100
F. (0274) 895007
E. lib@uii.ac.id
W. lib.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor : 142/Ka.lab SIMANTI/20/Lab.SIMANTI/IX/2025

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa:

Nama : Bunga Sabilla Adawiyah

Nim : 21522306

Jurusan : Teknik Industri

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

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul **"OPTIMASI SISTEM RANTAI PASOK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KESEIMBANGAN BEBAN KERJA OPERATOR MELALUI FAKTOR TRANSPARANSI DEMAND (STUDI KASUS: UMKM BATIK X YOGYAKARTA)"**. Mulai pelaksanaan penelitian 19 Mei 2025 sampai 15 September 2025

Demikian surat keterangan penelitian ini kami buat. Atas perhatiannya dan kerja samanya kami mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Yogyakarta, 15 September 2025

Kepala Laboratorium
Sistem Manufaktur Terintegrasi

Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**OPTIMASI SISTEM RANTAI PASOK DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN KESEIMBANGAN BEBAN KERJA
OPERATOR MELALUI FAKTOR TRANSPARANSI *DEMAND*
(STUDI KASUS: UMKM BATIK X YOGYAKARTA)**



TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Bunga Sabilla Adawiyah
No. Mahasiswa : 21522306

Yogyakarta, 8 September 2025

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ridwan', is written over the text 'Dosen Pembimbing'.

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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**OPTIMASI SISTEM RANTAI PASOK DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN KESEIMBANGAN BEBAN KERJA
OPERATOR MELALUI FAKTOR TRANSPARANSI *DEMAND*
(STUDI KASUS: UMKM BATIK X YOGYAKARTA)****TUGAS AKHIR****Disusun Oleh :****Nama : Bunga Sabilla Adawiyah****No. Mahasiswa : 21 522 306**

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, 19 September 2025**Tim Penguji**

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

Ketua

Chancard Basumerda, S.T., M.Sc.

Anggota I

Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.

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

Bismillahirrahmanirrahim, atas izin *Allah Subhanahu Wa Ta'ala* saya persembahkan tugas akhir ini untuk ibu saya, Ibu Nurmawati Rachman untuk segala do'a, cinta, dan perjuangannya untuk memberikan yang terbaik karena hal itu yang membuat saya bisa sampai pada titik ini. Untuk adik saya, Muhammad Asyari Sya'ban, terima kasih untuk segala kelapangannya untuk selalu mengalah dan memberikan semangat kepada saya hingga saya bisa menyelesaikan perkuliahan ini.

MOTTO

“Apabila engkau telah selesai (dengan suatu kebajikan), teruslah bekerja keras (untuk kebajikan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”
(QS. Al-Insyirah: 7-8)

“Berdoalah kepada-Ku, niscaya akan Aku perkenankan bagimu (apa yang kamu harapkan).”
(QS. Ghafir: 60)

“It always seems impossible until it’s done.”
(Nelson Mandela)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji Syukur senantiasa dipanjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan taufiq serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Optimasi Sistem Rantai Pasok dengan Mempertimbangkan Keseimbangan Beban Kerja Operator melalui Faktor Transparansi Demand (Studi Kasus: UMKM Batik X Yogyakarta)”**. Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Selama proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak menerima semangat, dukungan, dan do'a dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih 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 serta selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang telah dengan sabar meluangkan waktu, memberikan arahan, bimbingan, ilmu, dan dukungan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibunda tercinta, Ibu Nurmah Rachman, S.Kep., N.s. M.Med.Ed. yang selalu memberikan do'a, dukungan, motivasi, dan kasih sayang tiada henti dan menjadi sandaran terkuat. Selalu mengusahakan segala hal baik untuk penulis. Semoga ibu sehat selalu dan panjang umur agar bisa selalu ada di setiap perjuangan dan pencapaian penulis.
4. Adik penulis, Muhammad Asyari Sya'ban yang selalu memberikan doa, dukungan dan motivasi untuk penulis.
5. Bunda Rince Isnawati dan Ayah Semedi Yuliantoro yang telah menjadi sosok orang tua kedua bagi penulis selama penulis menempuh perkuliahan di Jogja. Terima kasih untuk segala perhatian, kasih sayang, dan dukungan yang telah Bunda dan Ayah berikan kepada penulis. Semoga Bunda dan Ayah sehat selalu dan panjang umur.
6. Sahabat penulis yang menemani dari sebelum penulis memasuki perkuliahan, Dinda dan Owi. Terima kasih untuk kalian berdua yang sudah selalu mendengarkan dan memahami keadaan penulis. Tanpa kalian penulis belum tentu bisa sampai di titik ini.
7. Sahabat penulis dari awal masa perkuliahan serta teman-teman yang menemani penulis selama perkuliahan, Yona, Salsa, Nasya, Fasya, Alma, Rafi, Ilham, Rifa, Irfan, Duta, Dzaky, Farhan, Jibrán, Bobob, Teh Yasmin, Zaki, Yudis, Terre, Hilal, dan Naoval. Terima kasih telah menghadirkan canda tawa, dan kebersamaan serta memberikan keceriaan, dukungan, serta motivasi dalam perjalanan akademik maupun kehidupan sehari-hari.
8. Sahabat yang sudah seperti keluarga bagi penulis, Rafly, Jallu, Aziz, Adji, dan Wildhan yang telah selalu hadir menemani penulis sejak awal perkuliahan hingga penyelesaian studi, baik dalam suka maupun duka.
9. Kuma Family, terkhusus Reza, Juan, Damar, dan Bryan yang telah menjadi teman dekat sekaligus keluarga penulis di tanah rantau. Terima kasih atas dukungan, kebersamaan, serta semangat yang selalu diberikan sejak awal kuliah hingga saat ini.

10. Dyna dan Dika yang sudah memberikan dukungan, bantuan, serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Abe Cekut (Dmitriev Abraham Hariyanto) dan Issa Xander Djokosoetono yang tanpa disadari telah menjadi sumber hiburan, semangat, dan penghibur di tengah padatnya masa perkuliahan ini. Kehadiran Abe dan Issa telah memberikan keceriaan tersendiri dan membantu penulis tetap bersemangat menyelesaikan setiap tahapan penelitian hingga tugas akhir ini dapat rampung dengan baik.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis pada penyelesaian penulisan tugas akhir.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan oleh semua pihak dengan rahmat dan keberkahan yang melimpah. Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam laporan ini baik pada teknik penulisan, isi laporan maupun penjelasan. Oleh karena itu penulis sangat menghargai segala kritik serta saran dari pembaca. Semoga laporan tugas akhir ini dapat dipergunakan sebagaimana mestinya serta bermanfaat. *Aamiin Yaa Rabbal 'Alamin.*

Yogyakarta, 8 September 2025



Bunga Sabilla Adawiyah
21522306

ABSTRAK

UMKM Batik X Yogyakarta menghadapi permasalahan rantai pasok berupa fluktuasi permintaan, keterlambatan informasi, serta ketidakseimbangan beban kerja operator. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan sistem rantai pasok dengan mengintegrasikan konsep *Vendor Managed Inventory (VMI)* dan metode pengendalian persediaan *Up To (R)* pada pendekatan *push system*, dengan mempertimbangkan transparansi permintaan serta keseimbangan beban kerja operator. Model matematis diformulasikan untuk meminimalkan *Joint Total Cost (JTC)* yang mencakup biaya pembeli dan pemasok, kemudian diselesaikan menggunakan algoritma evolusioner melalui *solver*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai JTC sebesar Rp128.125.995 setelah penerapan model. Selain itu, distribusi *workload* operator yang sebelumnya tidak merata dengan selisih sebesar 167,267 berhasil diseimbangkan menjadi lebih proporsional menjadi sebesar 10,742 setelah optimasi.

Kata Kunci: *Supply Chain Management; Vendor Managed Inventory; Evolutionary Algorithm; Keseimbangan Beban Kerja*

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	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Kajian Literatur	8
2.2 <i>Research Gap</i>	14
2.3 Landasan Teori	15
2.2.1 Supply Chain.....	15
2.2.2 Supply Chain Management.....	15
2.2.3 Persediaan.....	16
2.2.4 Manajemen Persediaan.....	17
2.2.5 Bullwhip Effect.....	18
2.2.6 Demand.....	20
2.2.7 Transparansi Demand.....	21
2.2.8 Beban Kerja.....	22
2.2.9 Keseimbangan Beban Kerja.....	22
2.2.10 Vendor Managed Inventory.....	23
2.2.11 Model Fuzzy Arithmetic.....	24
2.2.12 Mix Integer Programming.....	25
2.2.13 Periodic Review System	26
2.2.14 Optimasi Evolutionary Algorithm.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Objek Penelitian.....	28
3.2 Subjek Penelitian	28
3.3 Jenis Data Penelitian	28
3.4 Komponen Model	29
3.4.1 Notasi Model.....	29
3.4.2 Variabel Keputusan dan Kriteria Performansi	30
3.4.3 Asumsi dan Batasan Model.....	31
3.5 Pengembangan Formulasi Model Matematis	31
3.5.1 Fungsi Tujuan.....	31
3.5.2 Total Biaya Pembeli.....	32

3.5.3	Total Biaya Pemasok.....	33
3.5.4	Total Biaya Gabungan (JTC)	34
3.6	Algoritma Model Pemecah Solusi	35
3.7	Validasi Model.....	39
3.8	Alur Penelitian	41
BAB IV	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	46
4.1	Pengumpulan Data	46
4.1.1	Deskripsi Sistem.....	46
4.1.2	Deskripsi Produk	49
4.1.3	Data Penelitian	51
4.2	Pengolahan Data	53
4.2.1	Perhitungan Biaya pada Pembeli	53
4.2.2	Total Biaya Pemasok.....	60
4.2.3	Rangkuman Perhitungan Pengolahan Data	69
BAB V	PEMBAHASAN.....	81
5.1	Analisis Hasil Optimasi	81
5.2	Analisis Perbandingan Produk.....	82
5.3	Analisis Optimasi Beban Kerja.....	83
5.4	Analisis Hasil Optimasi Total Biaya Gabungan	85
5.5	Pertimbangan <i>Waste</i> Produksi dan Jejak Karbon dalam Rantai Pasok	87
5.6	Pertimbangan Beban Kerja Mental dan KPI Keseimbangan.....	88
BAB VI	PENUTUP.....	90
6.1	Kesimpulan	90
6.2	Saran	90
DAFTAR PUSTAKA.....		92
LAMPIRAN		A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Research Gap</i>	14
Tabel 3. 1 Langkah Perhitungan Optimasi <i>Buyer</i>	35
Tabel 3. 2 Langkah Perhitungan Optimasi <i>Vendor</i>	36
Tabel 3. 3 Validasi Model.....	39
Tabel 4. 1 Data Biaya Pemasok dan Pembeli.....	51
Tabel 4. 2 Data Biaya Pemesanan antar Pembeli	52
Tabel 4. 3 Data Total Waktu Pekerja.....	53
Tabel 4. 4 Hasil Model Simulasi Permintaan Pembeli <i>Buyer</i> 1 untuk Produk Batik 1 ..	54
Tabel 4. 5 Hasil Model Simulasi Permintaan <i>Buyer</i> 2 ke <i>Buyer</i> 1 untuk Produk Batik 1	54
Tabel 4. 6 Hasil Model Simulasi Permintaan <i>Buyer</i> 3 ke <i>Buyer</i> 1 untuk Produk Batik 1	55
Tabel 4. 7 Data <i>Buyer</i> 1 pada Produk 1	56
Tabel 4. 8 Hasil Model Simulasi Perhitungan <i>Buyer</i> 1 pada Produk 1	56
Tabel 4. 9 Hasil Optimasi nilai P dan R untuk <i>Buyer</i> 1 pada Produk 1.....	58
Tabel 4. 10 Hasil Optimasi Nilai P dan R untuk Setiap Pembeli pada Setiap Produk ...	58
Tabel 4. 11 Hasil Total Biaya Seluruh Pembeli pada Setiap Produk	60
Tabel 4. 12 Data Pemasok pada Produk 1	60
Tabel 4. 13 Hasil Model Simulasi Perhitungan Pemasok pada Produk 1.....	60
Tabel 4. 14 Hasil Optimasi PQ pada Pemasok untuk Produk 1	62
Tabel 4. 15 Hasil Optimasi Nilai PQ untuk Setiap Pemasok pada Setiap Produk	62
Tabel 4. 16 Hasil Optimasi Keputusan Pengiriman untuk Produk 1	62
Tabel 4. 17 Hasil Total Biaya <i>Vendor</i> pada Setiap Produk	64
Tabel 4. 18 Hasil Total Biaya Gabungan pada Setiap Produk.....	65
Tabel 4. 19 Hasil Optimasi Nilai P dan R.....	66
Tabel 4. 20 Hasil Optimasi Nilai PQ	66
Tabel 4. 21 Hasil Optimasi Nilai PQ dalam 5 Hari Kerja	66
Tabel 4. 22 Proporsi Produk yang Dibuat oleh Setiap Pekerja.....	67
Tabel 4. 23 <i>Employee Workload</i>	67
Tabel 4. 24 Hasil Optimasi Semua Pembeli pada Produk Batik 1	69
Tabel 4. 25 Hasil Total Biaya Penyimpanan Semua Pembeli pada Produk Batik 1.....	69
Tabel 4. 26 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Semua Pembeli pada Produk Batik 1	69
Tabel 4. 27 Hasil Total Biaya Pengiriman Semua Pembeli pada Produk Batik 1	70
Tabel 4. 28 Total Biaya Pemesanan Antar Pembeli pada Produk Batik 1.....	70
Tabel 4. 29 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pembeli pada Produk Batik 1	70
Tabel 4. 30 Total Biaya Penyimpanan Pemasok pada Produk Batik 1.....	71
Tabel 4. 31 Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok pada Produk Batik 1	71
Tabel 4. 32 Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok pada Produk Batik 1	71
Tabel 4. 33 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 1	71
Tabel 4. 34 Hasil Optimasi Semua Pembeli pada Produk Batik 2	71
Tabel 4. 35 Hasil Total Biaya Penyimpanan Semua Pembeli pada Produk Batik 2.....	71
Tabel 4. 36 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Semua Pembeli pada Produk Batik 2	72
Tabel 4. 37 Hasil Total Biaya Pengiriman Semua Pembeli pada Produk Batik 2	72
Tabel 4. 38 Total Biaya Pemesanan Antar Pembeli pada Produk Batik 2.....	72
Tabel 4. 39 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pembeli pada Produk Batik 2	72
Tabel 4. 40 Total Biaya Penyimpanan Pemasok pada Produk Batik 2.....	73
Tabel 4. 41 Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok pada Produk Batik 2	73

Tabel 4. 42 Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok pada Produk Batik 2	73
Tabel 4. 43 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 2	73
Tabel 4. 44 Hasil Optimasi Semua Pembeli pada Produk Batik 3	74
Tabel 4. 45 Hasil Total Biaya Penyimpanan Semua Pembeli pada Produk Batik 3.....	74
Tabel 4. 46 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Semua Pembeli pada Produk Batik 3	74
Tabel 4. 47 Hasil Total Biaya Pengiriman Semua Pembeli pada Produk Batik 3	74
Tabel 4. 48 Total Biaya Pemesanan Antar Pembeli pada Produk Batik 3.....	75
Tabel 4. 49 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pembeli pada Produk Batik 3	75
Tabel 4. 50 Total Biaya Penyimpanan Pemasok pada Produk Batik 3.....	75
Tabel 4. 51 Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok pada Produk Batik 3	75
Tabel 4. 52 Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok pada Produk Batik 3	75
Tabel 4. 53 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 3	76
Tabel 4. 54 Hasil Optimasi Semua Pembeli pada Produk Batik 4	76
Tabel 4. 55 Hasil Total Biaya Penyimpanan Semua Pembeli pada Produk Batik 4.....	76
Tabel 4. 56 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Semua Pembeli pada Produk Batik 4.....	76
Tabel 4. 57 Hasil Total Biaya Pengiriman Semua Pembeli pada Produk Batik 4.....	77
Tabel 4. 58 Total Biaya Pemesanan Antar Pembeli pada Produk Batik 4.....	77
Tabel 4. 59 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pembeli pada Produk Batik 4	77
Tabel 4. 60 Total Biaya Penyimpanan Pemasok pada Produk Batik 4.....	77
Tabel 4. 61 Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok pada Produk Batik 4	78
Tabel 4. 62 Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok pada Produk Batik 4	78
Tabel 4. 63 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 4	78
Tabel 4. 64 Hasil Optimasi Semua Pembeli pada Produk Batik 5	78
Tabel 4. 65 Hasil Total Biaya Penyimpanan Semua Pembeli pada Produk Batik 5.....	78
Tabel 4. 66 Hasil Total Biaya <i>Lost Sales</i> Semua Pembeli pada Produk Batik 5	79
Tabel 4. 67 Hasil Total Biaya Pengiriman Semua Pembeli pada Produk Batik 5	79
Tabel 4. 68 Total Biaya Pemesanan Antar Pembeli pada Produk Batik 5.....	79
Tabel 4. 69 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pembeli pada Produk Batik 5	79
Tabel 4. 70 Total Biaya Penyimpanan Pemasok pada Produk Batik 5.....	80
Tabel 4. 71 Total Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok pada Produk Batik 5	80
Tabel 4. 72 Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok pada Produk Batik 5	80
Tabel 4. 73 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 5	80
Tabel 5. 1 Hasil Optimasi Nilai P dan R.....	81
Tabel 5. 2 Proporsi Produk	82
Tabel 5. 3 Beban Kerja Operator Sebelum Optimasi	83
Tabel 5. 4 Beban Kerja Operator Setelah Optimasi.....	84
Tabel 5. 5 Perbandingan JTC.....	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Beban Kerja Pekerja	3
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	41
Gambar 4. 1 Diagram Sistem Rantai Pasok UMKM Batik X Yogyakarta.....	48
Gambar 4. 2 Produk Batik 1	49
Gambar 4. 3 Produk Batik 2	50
Gambar 4. 4 Produk Batik 3	50
Gambar 4. 5 Produk Batik 4	51
Gambar 4. 6 Produk Batik 5	51
Gambar 5. 1 Grafik Beban Kerja Operator Sebelum Optimasi.....	84
Gambar 5. 2 Grafik Beban Kerja Operator Setelah Optimasi	85

BAB I

PENDAHULUAN

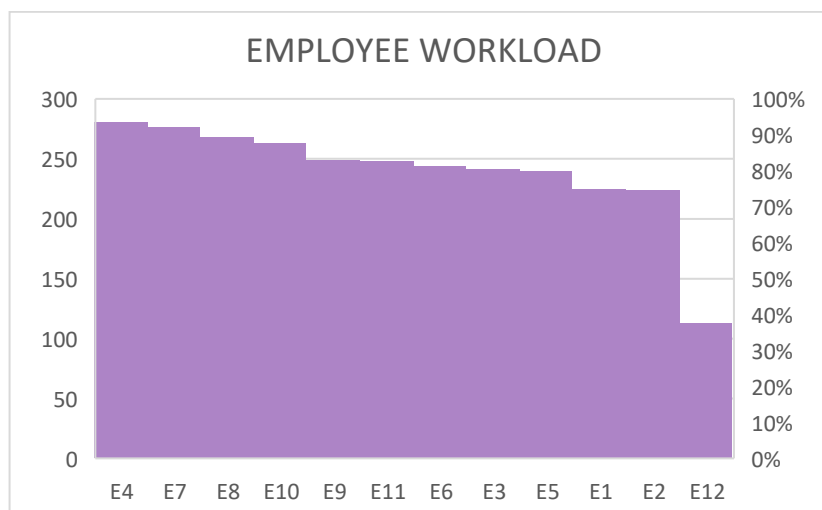
1.1 Latar Belakang

Dalam persaingan bisnis yang semakin dinamis, perusahaan dituntut untuk memiliki rantai pasok (*supply chain*) yang tidak hanya efisien secara biaya, tetapi juga adaptif dan tangguh dalam menghadapi fluktuasi permintaan pasar. Karakteristik permintaan konsumen yang bersifat dinamis dan sering kali stokastik menuntut sistem rantai pasok untuk memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi agar dapat menjaga kesinambungan produksi serta kepuasan pelanggan (Li et al., 2024)(Li et al., 2024). Oleh karena itu, rantai pasok modern tidak lagi hanya berfokus pada optimalisasi biaya logistik atau percepatan distribusi, tetapi juga mencakup aspek keberlanjutan, kesejahteraan tenaga kerja, serta transparansi informasi antar pihak yang terlibat dalam jaringan pasok. Transparansi permintaan (*demand transparency*) menjadi salah satu elemen penting dalam membangun kolaborasi antara pemasok, pembeli, dan operator produksi, karena keterbukaan data permintaan memungkinkan setiap pihak melakukan perencanaan kapasitas dan alokasi sumber daya yang lebih akurat (Zhang et al., 2024)(Zhang et al., 2024).

Pada penelitian ini, sistem rantai pasok yang dijadikan sebagai subjek penelitian adalah UMKM Batik X Yogyakarta yang memiliki peran sebagai pemasok tunggal (*single vendor*) dengan 12 pekerja yang melayani 5 pembeli (*multi-buyers*) dengan variasi produk batik yang beragam. Kondisi ini menuntut koordinasi yang tinggi, karena kapasitas produksi yang terbatas sering kali tidak sebanding dengan fluktuasi pesanan yang datang. Ketika jumlah pesanan yang diterima melebihi kapasitas produksi, maka terjadi ketidakseimbangan yang memicu berbagai permasalahan, antara lain meningkatnya risiko *lost sales*, keterlambatan pengiriman, dan penurunan kualitas produk akibat terburu-buru dalam proses produksi (Aprilianingsih et al., 2022)(Aprilianingsih et al., 2022). Dalam alur rantai pasok, para pembeli tidak hanya melakukan pemesanan kepada pemasok, tetapi juga berinteraksi melalui transaksi dengan pembeli lain, baik dalam bentuk penjualan produk antar pembeli maupun langsung kepada konsumen akhir. Permasalahan yang timbul adalah adanya ketidakselarasan antara jumlah pesanan dari pembeli dengan kapasitas produksi pemasok, karena pesanan cenderung berorientasi pada peningkatan jumlah tanpa memperhitungkan keterbatasan kapasitas yang dimiliki.

Selain itu, permasalahan utama yang sering diabaikan adalah distribusi beban kerja operator yang tidak merata. Dalam sistem produksi batik, setiap operator memiliki keterampilan dan kecepatan kerja yang berbeda, tergantung pada tingkat pengalaman maupun jenis produk yang dikerjakan. Apabila beban kerja tidak diseimbangkan, maka akan muncul operator yang bekerja secara berlebihan (*overload*) dan operator lain yang kurang termanfaatkan. Kondisi ini berpotensi menurunkan produktivitas keseluruhan, meningkatkan tingkat kesalahan kerja, serta menimbulkan kelelahan fisik maupun mental (*burnout*). Menurut (Huang et al., 2020)(Huang et al., 2020), distribusi beban kerja yang tidak merata berdampak langsung pada menurunnya efisiensi produksi dan pada akhirnya mengganggu stabilitas sistem rantai pasok secara keseluruhan. Dengan demikian, keseimbangan beban kerja operator (*workload balance*) perlu dipandang sebagai salah satu indikator kinerja penting dalam perancangan sistem rantai pasok yang berkelanjutan.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menjawab permasalahan ini adalah konsep *Vendor Managed Inventory* (VMI). Dalam sistem VMI, pemasok tidak hanya bertugas memproduksi sesuai pesanan, tetapi juga mengelola tingkat persediaan dan pola pemesanan pembeli dengan memanfaatkan data permintaan secara transparan. Penerapan VMI memungkinkan pemasok mengambil keputusan mengenai kapan dan berapa banyak produk yang perlu diproduksi dan didistribusikan, sehingga persediaan di sisi pembeli tetap optimal. Dengan adanya transparansi permintaan dari pembeli, pemasok dapat merencanakan kapasitas produksi lebih akurat dan sekaligus mengatur distribusi beban kerja operator agar selaras dengan ketersediaan sumber daya (Demiray & Munyaka, 2023)(Demiray & Munyaka, 2023). Hal ini menjadikan VMI tidak hanya sebagai instrumen efisiensi biaya, tetapi juga sebagai mekanisme koordinasi yang mampu menjaga keseimbangan beban kerja pada level operator.



Gambar 1. 1 Beban Kerja Pekerja

Berdasarkan Gambar 1. 1, dapat diketahui kondisi beban kerja (*employee workload*) yang nyata di UMKM Batik X. Operator E4 memiliki beban kerja tertinggi sebesar 280,41 menit, diikuti E7 sebesar 276,59 menit dan E8 sebesar 268,28 menit, sedangkan operator E12 hanya 113,14 menit. Operator lain rata-rata berada pada kisaran 223–263 menit. Perbedaan yang sangat lebar ini menghasilkan gap sebesar 167,27 menit, menegaskan adanya distribusi beban kerja yang belum merata. Ketidakseimbangan ini menimbulkan risiko terjadinya penurunan produktivitas, tingginya tingkat kesalahan, serta munculnya beban psikologis pada operator yang bekerja berlebihan. Oleh karena itu, perbaikan sistem alokasi kerja menjadi penting untuk menjamin kinerja rantai pasok tetap stabil.

Mixed Integer Programming (MIP) merupakan metode optimasi matematis yang menggabungkan variabel kontinu dengan variabel bilangan bulat (integer) dalam satu model. Keunggulan MIP adalah kemampuannya untuk memodelkan permasalahan nyata yang kompleks, seperti penjadwalan, alokasi sumber daya, hingga manajemen persediaan. Menurut Smith et al. (2007)(2007), dengan menggunakan MIP keputusan diskrit (misalnya jumlah produk yang harus diproduksi) dapat diformulasikan bersama dengan keputusan kontinu (misalnya biaya atau waktu kerja) dalam satu kerangka matematis. Hal ini menjadikan MIP banyak digunakan pada penelitian-penelitian rantai pasok karena dapat menangani keterbatasan kapasitas, hubungan antar variabel, serta tujuan multi-aspek yang saling bertentangan.

Sementara itu, *Evolutionary Algorithm* (EA) merupakan algoritma optimasi berbasis prinsip seleksi alam yang bekerja dengan mekanisme iteratif melalui proses seleksi, reproduksi, dan mutasi. Menurut Taha (2017)(2017), EA digunakan untuk mencari solusi mendekati optimal pada permasalahan yang kompleks, non-linear, dan berskala besar.

Berbeda dengan metode eksak yang bisa memerlukan waktu komputasi sangat panjang, EA lebih fleksibel dan efisien dalam mengeksplorasi ruang solusi yang luas, sehingga sesuai untuk kasus alokasi beban kerja operator yang memiliki banyak kombinasi kemungkinan. EA terbukti dapat meningkatkan kualitas solusi pada model MIP dengan mempercepat proses pencarian dan mengurangi risiko terjebak pada solusi lokal.

Excel Solver merupakan salah satu perangkat bantu optimasi yang umum digunakan dalam penelitian maupun praktik bisnis karena kemudahan penggunaannya. Solver bekerja dengan cara mencari nilai optimal dari suatu fungsi tujuan (*objective function*) melalui pengaturan variabel keputusan dan batasan yang ditetapkan. Dalam konteks permasalahan rantai pasok, Solver dapat digunakan untuk meminimalkan biaya total, mengoptimalkan jumlah produksi, atau menyeimbangkan alokasi beban kerja antar operator. Kelebihan utama Solver adalah sifatnya yang praktis dan mudah diakses oleh pelaku usaha, termasuk UMKM, tanpa memerlukan perangkat lunak komputasi tingkat lanjut. Dengan antarmuka yang sederhana, pengguna dapat merumuskan model matematis langsung dalam lembar kerja Excel, lalu menjalankan optimasi menggunakan metode seperti *Simplex LP*, *GRG Nonlinear*, maupun *Evolutionary Algorithm*. Dengan demikian, Excel Solver berperan sebagai jembatan antara teori optimasi matematis seperti MIP dan EA dengan implementasi nyata pada skala usaha kecil yang membutuhkan solusi cepat, murah, dan efektif (Rahman & Wulandari, 2022)(Rahman & Wulandari, 2022). Dengan mengintegrasikan MIP, EA, dan VMI berbasis transparansi permintaan, UMKM Batik X dapat membangun rantai pasok yang lebih adaptif dan seimbang. Transparansi permintaan membantu memahami pola konsumsi, MIP digunakan untuk menekan biaya total, sedangkan EA mendukung pemerataan beban kerja operator. Hasilnya adalah efisiensi biaya sekaligus kesejahteraan tenaga kerja yang lebih terjaga.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat disusun rumusan masalah terkait berapa hasil minimasi total biaya (*joint total cost*) optimal yang didapatkan dengan mempertimbangkan keseimbangan beban kerja operator pada UMKM Batik X Yogyakarta?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, dapat diketahui tujuan penelitian adalah mendapatkan hasil total biaya minimum optimal dengan mempertimbangkan keseimbangan beban kerja operator pada UMKM Batik X Yogyakarta.

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada antara lain:

1. Bagi Peneliti
 - a. Memberikan pengalaman langsung dalam menerapkan konsep manajemen rantai pasok berbasis data dan teknologi pada sektor riil UMKM.
 - b. Meningkatkan keterampilan dalam analisis sistem, pemodelan optimasi, dan pengambilan keputusan berbasis *supply chain analytics*.
 - c. Menambah wawasan dan pemahaman akademik peneliti terkait integrasi sistem VMI dan metode *Up To (R)* dalam konteks fluktuasi permintaan dengan mempertimbangkan keseimbangan beban kerja operator.
2. Bagi UMKM Batik X
 - a. Mendapatkan rekomendasi strategis dalam merancang sistem rantai pasok yang efisien dan stabil, khususnya dalam menghadapi fluktuasi permintaan.
 - b. Membantu mengurangi ketidakseimbangan beban kerja operator melalui sistem pengelolaan persediaan yang lebih adaptif dan transparan.
 - c. Meningkatkan koordinasi dan efisiensi operasional dengan pendekatan berbasis transparansi informasi, sehingga dapat memperbaiki perencanaan produksi dan distribusi.
3. Bagi Peneliti Selanjutnya
 - a. Menjadi referensi dan pijakan awal untuk pengembangan penelitian lanjutan yang mengeksplorasi integrasi SCM dengan pendekatan *human-centered design*, khususnya di sektor UMKM.
 - b. Menawarkan data empiris dan konteks lokal yang dapat dibandingkan dengan studi serupa di wilayah atau sektor lain.
4. Bagi Universitas
 - a. Menjadi kontribusi nyata dari universitas dalam menjawab permasalahan lokal, khususnya peningkatan daya saing UMKM di Yogyakarta melalui pendekatan ilmiah dan aplikatif.
 - b. Memperkuat peran universitas sebagai pusat kajian dan solusi dalam bidang manajemen operasional, sistem informasi, dan pengembangan industri kreatif berbasis budaya.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian digunakan agar dapat lebih terarah serta terfokus pada tujuan penelitian tanpa memperluas pembahasan. Adapun batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada satu studi kasus, yaitu UMKM Batik X Yogyakarta.
2. Sistem rantai pasok yang diteliti merupakan sistem rantai pasok dengan pemasok Tunggal (*single vendor*) dan multi pembeli (*multi buyers*) yang terdiri dari 5 pembeli untuk 5 produk.
3. Terjadi *lateral transshipment* antarpembeli dalam sistem rantai pasok.
4. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data 12 operator.
5. Kemampuan operator dinilai berdasarkan waktu operator memproduksi produk.
6. Selama penelitian diasumsikan biaya tidak berubah.
7. Seluruh asumsi yang digunakan merupakan batasan dari penelitian.

1.6 Sistematika Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa bab yang nantinya sebagai acuan untuk sistematis dalam penulisan penelitian ini, sistematika penulisan penelitian ini adalah:

BAB I

PENDAHULUAN

Pada Bab I berisi tentang dasar pemikiran dilakukannya penelitian ini. Mencakup beberapa sub-bab yaitu latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan penelitian ini.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Bagian ini berisi tentang kajian literatur, *research gap* dan landasan teori. Kajian literatur berisi penelitian terdahulu dan konsep yang relevan untuk penelitian. *Research gap* berisikan tentang perbedaan jurnal terdahulu dengan penelitian ini. Landasan teori berisi tentang dasaran dan teori yang relevan dan digunakan untuk memperkuat pemahaman untuk penelitian.

BAB III

METODE PENELITIAN

Berisi tentang penjelasan subjek dan objek penelitian disertai dengan data penelitian yang digunakan kemudian alur penelitian yang menjelaskan tahapan dari penelitian yang dilakukan.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bagian ini merupakan pengumpulan dan pengolahan data yang berisikan proses dari pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian dan pengolahan dari data menggunakan metode yang telah dipilih untuk mencapai tujuan penelitian, Kemudian memaparkan hasil pengolahan data dalam bentuk gambar, tabel, maupun grafik.

BAB V

PEMBAHASAN

Berisi pembahasan mengenai hasil bab sebelumnya. Menganalisis hasil data secara keseluruhan, mendapatkan hasil dari tujuan penelitian yang menjawab rumusan masalah penelitian.

BAB VI

PENUTUPAN

Bagian penutup membahas tentang rangkuman hasil penelitian yang dilakukan dan saran berdasarkan hasil penelitian. Pembahasan dari kesimpulan menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian secara singkat, berdasarkan analisis dan pembahasan bab sebelumnya. Saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya, berdasarkan realisasi keterbatasan dan peluang pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini memuat sumber literatur yang menjadi rujukan dari penelitian ini, baik berupa jurnal, buku maupun literasi yang menunjang penelitian ini.

LAMPIRAN

Berisi lampiran daftar tabel, gambar maupun bagian lainnya yang mendukung penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur dalam penelitian ini bertujuan memberikan landasan teoritis yang kuat sekaligus menyoroti perkembangan studi terkait topik yang dibahas. Selain itu, kajian ini membantu peneliti menemukan celah penelitian yang belum banyak dikaji sehingga penelitian ini dapat lebih inovatif, terarah, dan berkontribusi secara ilmiah. Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang peneliti gunakan sebagai landasan dalam melakukan penelitian ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Ernawati et al. (2021)(2021) menekankan pentingnya penerapan metode peramalan yang konsisten di seluruh rantai pasok untuk meningkatkan akurasi prediksi permintaan. Studi pada perusahaan ABC mengungkapkan bahwa penggunaan metode peramalan yang berbeda di setiap level rantai pasok menimbulkan ketidakefisienan, sehingga diperlukan integrasi metode yang seragam. Metode Winter dipilih sebagai pendekatan terbaik dan dikombinasikan dengan strategi *Vendor Managed Inventory* (VMI) guna mengoptimalkan pengelolaan persediaan. Pengendalian *inventory* dilakukan secara terpadu menggunakan perhitungan lot optimal melalui metode *Economic Order Quantity* (EOQ). Implementasi metode ini mampu menurunkan nilai *bullwhip effect* dari 1,359 menjadi 0,514 pada level manufaktur, yang menandakan peningkatan koordinasi dan kestabilan dalam sistem rantai pasok.

Penelitian yang dilakukan oleh Kurniasari & Pulansari (2024)(2024) menunjukkan bahwa penerapan metode *Vendor Managed Inventory* (VMI) dengan pendekatan kontrol persediaan probabilistik mampu secara signifikan mengurangi dampak *bullwhip effect* dalam rantai pasok industri pengolahan garam. Dengan melibatkan data historis dari Maret 2023 hingga Februari 2024 dan mempertimbangkan variabel biaya kekurangan produk, penelitian ini berhasil mengurangi distorsi permintaan hingga 71% di tingkat *vendor*, serta menurunkan *bullwhip effect* di berbagai wilayah distributor, seperti Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Sulawesi, Sumatra, Kalimantan, NTB, dan Bangka Belitung, dengan penurunan antara 57% hingga 67%. Hasil ini menunjukkan bahwa model VMI yang diterapkan secara tepat dapat membantu perusahaan dalam memperkirakan kebutuhan persediaan secara optimal, meminimalkan ketidakpastian informasi, dan meningkatkan efisiensi pengelolaan rantai pasok.

Penelitian yang dilakukan oleh Khosravian et al. (2025)(2025) mengidentifikasi dan memprioritaskan penyebab utama risiko dalam rantai pasok dan pemasok di industri otomotif, dengan fokus pada perusahaan Iran Khodro dan para pemasoknya. Melalui metode deskriptif-analitis dan pendekatan Delphi, ditemukan bahwa faktor risiko utama mencakup kurangnya sistem pengaman, pengawasan keselamatan yang lemah, rendahnya kompetensi kerja, serta minimnya pelatihan keselamatan. Risiko lain yang signifikan termasuk stres kerja, kurangnya pemeliharaan preventif, dan tidak digunakannya alat pelindung diri. Selain itu, ketidakefisienan desain, ketiadaan sensor keselamatan dan sistem ventilasi, serta faktor psikologis tersembunyi turut memperburuk kerentanan rantai pasok. Penelitian ini menekankan pentingnya perbaikan sistem keselamatan, peningkatan kompetensi karyawan, serta pemeliharaan terencana untuk memperkuat ketahanan rantai pasok. Penggunaan teknologi digital dan pelatihan keselamatan juga menjadi langkah penting dalam mengurangi risiko dan meningkatkan efisiensi operasional secara menyeluruh.

Penelitian yang dilakukan oleh Salwa & Zulfikri (2024)(2024) menyoroti bahwa *bullwhip effect* (BWE) masih menjadi tantangan utama dalam manajemen rantai pasok karena menyebabkan pembesaran permintaan yang mengganggu stabilitas inventaris dan menurunkan efisiensi. Tinjauan literatur ini mengidentifikasi penyebab utama BWE, seperti variabilitas *lead time*, ketidakakuratan inventaris, serta pengambilan keputusan berbasis perilaku. Selain itu, struktur distribusi dan kebijakan pemesanan turut memperburuk kondisi. Untuk mengatasi masalah ini, berbagai teknologi seperti *neural networks*, *blockchain*, RFID, dan sistem ERP telah digunakan untuk meningkatkan akurasi peramalan dan visibilitas rantai pasok. Praktik seperti *cross-docking*, *vendor-managed inventory* (VMI), dan berbagi data *secara real-time* juga berperan penting dalam menjaga kestabilan inventaris dan meningkatkan koordinasi. Studi ini menekankan pentingnya pendekatan integratif berbasis teknologi dan perilaku, serta mendorong penelitian lintas disiplin dan sektoral untuk membangun rantai pasok yang lebih tangguh. Temuan ini sangat relevan bagi organisasi yang ingin meningkatkan kinerja, menekan biaya, dan beradaptasi terhadap dinamika pasar global.

Penelitian yang dilakukan oleh Mhaskey (2024)(2024) dengan judul membahas pemanfaatan *Blockchain-as-a-Service* (BaaS) sebagai solusi inovatif untuk mengatasi keterbatasan dalam model *Vendor Managed Inventory* (VMI) tradisional, seperti tantangan dalam berbagi data, integrasi sistem, akses *real-time*, serta keamanan dan

kepatuhan terhadap perjanjian layanan. Dengan mengintegrasikan teknologi *blockchain* melalui BaaS, model VMI dapat ditingkatkan melalui kolaborasi tanpa kepercayaan langsung, akses data secara real-time, keamanan tinggi, integritas dan keabadian data, serta otomatisasi menggunakan smart contract. Artikel ini juga menawarkan model konseptual *end-to-end* untuk implementasi VMI berbasis BaaS, yang terintegrasi dengan aplikasi ERP atau rantai pasok masing-masing mitra. Selain itu, disajikan panduan dalam memilih penyedia BaaS yang sesuai dengan kebutuhan VMI.

Penelitian yang dilakukan oleh Prakongwittaya & Liangrokapart (2024)(2024) menyoroti pentingnya transparansi rantai pasok dalam mencapai keunggulan bisnis, terutama di tengah meningkatnya tuntutan pelanggan akan informasi produk yang akurat dan keterbukaan proses organisasi. Untuk menjawab tantangan dalam mengukur tingkat transparansi rantai pasok, penelitian ini mengintegrasikan pendekatan *Lean, Agile, Resilient, dan Green* (LARG) ke dalam indikator kinerja. Melalui tinjauan literatur dan teknik *Q-sorting* terhadap 31 ahli, ditemukan bahwa visibilitas menyeluruh, kesiapan informasi, keandalan layanan, kesiapan rencana keberlanjutan bisnis, dan efisiensi merupakan indikator kunci dalam meningkatkan transparansi. Penelitian ini juga mengidentifikasi ukuran spesifik untuk aspek-aspek transparansi seperti visibilitas, keterlacakan, integrasi pengetahuan, tata kelola, dan keberlanjutan.

Penelitian yang dilakukan oleh Tang et al. (2021)(2021) menyoroti bagaimana distorsi informasi menyebabkan amplifikasi varians dalam pemesanan ulang dan tingkat persediaan, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi rantai pasok. Dengan menggunakan model *Automatic Pipeline Inventory and Order-Based Production Control System* (APIOBPCS), studi ini mengevaluasi berbagai strategi berbagi informasi permintaan untuk mengurangi *bullwhip effect* dan meningkatkan ketahanan sistem rantai pasok. Pendekatan desain Taguchi dan pengembangan lebih lanjutnya diterapkan untuk menemukan pengaturan optimal parameter pemesanan dalam menghadapi faktor stokastik. Indeks kinerja menggunakan rasio sinyal terhadap derau berbobot, yang mempertimbangkan biaya persediaan, tingkat layanan pelanggan, dan varians persediaan. Hasilnya menunjukkan bahwa transparansi penuh terhadap informasi permintaan secara signifikan meningkatkan kinerja keseluruhan rantai pasok. Analisis sensitivitas terhadap waktu tunggu stokastik mendukung temuan ini, menekankan pentingnya keterbukaan informasi dalam menciptakan rantai pasok yang lebih efisien dan tangguh.

Penelitian yang dilakukan oleh Karimi et al. (2023) menekankan pentingnya memasukkan faktor kesehatan dan keselamatan kerja dalam perancangan jaringan rantai pasok untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan meningkatkan citra perusahaan di masyarakat. Model yang dikembangkan berupa rantai pasok tertutup multi-objektif menggunakan pendekatan pemrograman linear bilangan bulat, dengan mempertimbangkan risiko kecelakaan, beban fisik, psikososial, dan mental sebagai fungsi tujuan tambahan selain biaya dan dampak lingkungan. Salah satu risiko mental yang menjadi perhatian utama adalah *burnout*, yaitu kondisi kelelahan emosional, depersonalisasi, dan penurunan pencapaian pribadi yang timbul akibat tekanan kerja berkepanjangan. *Burnout* dapat berdampak serius pada kesehatan mental karyawan, mengurangi produktivitas, serta meningkatkan absensi dan *turnover*. Dengan menggunakan algoritma *augmented epsilon constraint*, hasil studi menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu mengurangi risiko kerja, polusi lingkungan, dan total biaya secara simultan, serta menyediakan pilihan keputusan yang lebih berkelanjutan dan manusiawi.

Penelitian yang dilakukan oleh Bunjak et al. (2023) menyoroti bahwa tuntutan pekerjaan yang tinggi dapat berdampak ganda, yakni memberikan manfaat sekaligus beban bagi individu. Namun, dalam situasi tekanan kompetitif organisasi yang rendah, tingkat kepercayaan antar unit kerja terbukti mampu meredam dampak negatif tuntutan pekerjaan terhadap *burnout*. Hasil temuan ini menekankan pentingnya membangun kepercayaan kolektif dan komunikasi terbuka mengenai tekanan kompetitif organisasi sebagai strategi untuk menjaga keseimbangan antara tuntutan kerja dan kesejahteraan karyawan. Dalam konteks tersebut, komunikasi yang terbuka dan transparansi terhadap permintaan pasar menjadi elemen kunci dalam menjaga stabilitas operasional; dengan memberikan akses informasi secara real-time, karyawan dapat mempersiapkan diri terhadap fluktuasi beban kerja, sehingga risiko *burnout* akibat tekanan mendadak dapat diminimalisir dan produktivitas tetap terjaga.

Penelitian yang dilakukan oleh Deng et al. (2021) mengungkapkan bahwa karyawan di sektor non-profit di Tiongkok mengalami tingkat *burnout* dan tekanan psikologis yang tinggi. Dengan menggunakan pendekatan *Job Demands-Resources* (JD-R) model, ditemukan bahwa tuntutan pekerjaan (*job demands*) secara signifikan meningkatkan *burnout* dan tekanan psikologis, sementara ketersediaan sumber daya kerja (*job resources*) berperan penting dalam menurunkan kedua kondisi tersebut. *Burnout* juga diketahui menjadi mediator parsial antara hubungan tuntutan dan sumber daya kerja

terhadap tekanan psikologis. Temuan ini menegaskan bahwa keseimbangan antara beban kerja dan dukungan di tempat kerja sangat krusial untuk menjaga kesehatan mental karyawan di sektor non-profit.

Penelitian yang dilakukan oleh Putri et al. (2021) menyoroti bahwa Usaha Alfin menghadapi permasalahan tingginya biaya pengiriman akibat jarak distribusi yang jauh dan frekuensi pengiriman yang cukup sering. Penelitian ini bertujuan untuk menekan biaya total dalam rantai pasok menggunakan metode *Vendor Managed Inventory* (VMI). Dengan menerapkan peramalan permintaan dan perhitungan biaya melalui pendekatan *Q System*, diperoleh efisiensi biaya tahunan sebesar Rp139.041.145. Penghematan ini diperoleh dengan mengurangi frekuensi pengiriman menjadi 9 kali per tahun ke Kota Langsa, 8 kali ke Aceh Timur, dan 7 kali ke Aceh Tamiang. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan metode VMI secara signifikan dapat mengurangi biaya logistik dan meningkatkan efisiensi distribusi produk.

Penelitian yang dilakukan oleh Lemadi (2022) membahas dampak *bullwhip effect*, yakni peningkatan variabilitas permintaan dari hilir ke hulu rantai pasok yang menyebabkan kelebihan persediaan dan tingginya biaya operasional. Penyebab utamanya adalah kesalahan dalam interpretasi data dan distorsi informasi. Studi dilakukan pada rantai pasok dua tingkat di industri makanan, khususnya produk biskuit. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, metode *Vendor Managed Inventory* (VMI) diterapkan guna mengendalikan proses distribusi dan pengiriman produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa VMI efektif dalam menurunkan nilai *bullwhip effect* dari 1,109 menjadi 0,535 pada tingkat manufaktur. Selain itu, penerapan metode ini juga mampu mengurangi kelebihan persediaan dan menekan biaya penyimpanan.

Penelitian yang dilakukan oleh Muzady & Ernawati (2021) membahas permasalahan ketidaksesuaian informasi permintaan dan pesanan antara perusahaan X yang merupakan produsen pupuk dolomit terbesar di Indonesia dengan delapan kantor penjualannya. Ketidaksesuaian ini, khususnya pada produk Magnesium Fertilizer Magfertil 20+ ukuran 50 kg, memicu gangguan dalam rantai pasok dan menimbulkan ketidakpastian permintaan yang dikenal sebagai *bullwhip effect*. Untuk mengatasi hal ini, penelitian menggunakan pendekatan *Vendor Managed Inventory* (VMI) guna mengoptimalkan pengelolaan persediaan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penerapan metode VMI secara signifikan mampu menurunkan nilai *bullwhip effect* di berbagai tingkatan rantai pasok. Di tingkat manufaktur, nilai *bullwhip effect* awal sebesar 1,4503 turun drastis

menjadi 0,4943 setelah penerapan VMI. Hal serupa terjadi di seluruh kantor penjualan, di mana nilai *bullwhip effect* yang sebelumnya berada di kisaran 1,2 hingga 1,6, menurun menjadi sekitar 0,47 hingga 0,51. Temuan ini membuktikan bahwa VMI efektif dalam meningkatkan koordinasi dan stabilitas rantai pasok dengan mengurangi ketidakpastian permintaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Setyorini & Purwanti (2025) menyatakan bahwa manajemen persediaan yang efektif memiliki peran krusial dalam menjaga kelancaran rantai pasok. Penerapan strategi seperti *Just-in-Time* (JIT), *Economic Order Quantity* (EOQ), dan *Vendor Managed Inventory* (VMI) dapat membantu perusahaan menekan biaya, meningkatkan layanan pelanggan, dan menyeimbangkan aliran barang. Studi ini menyoroti pentingnya penggunaan teknologi, analisis data, dan otomatisasi guna mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik. Dengan menerapkan strategi yang sesuai, perusahaan dapat menghindari kekurangan stok, mengurangi kelebihan *inventory*, serta meningkatkan kinerja operasional rantai pasok secara keseluruhan.

Penelitian yang dilakukan oleh Natalia & Wijoyo (2023) bertujuan untuk mengetahui pengaruh tuntutan pekerjaan terhadap keterikatan kerja (*work engagement*) karyawan di PT X. Pada penelitian ini terdapat 53 responden melalui Teknik *sampling* jenuh yang dikumpulkan menggunakan kuesioner daring. Parameter yang digunakan yaitu tuntutan kerja dan keterikatan kerja. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa tuntutan pekerjaan (*job demands*) berpengaruh secara signifikan terhadap keterikatan kerja (*work engagement*) karyawan di PT X. Temuan ini menunjukkan bahwa tingkat *job demands* dapat digunakan sebagai indikator untuk mengukur tingkat keterikatan kerja. Semakin rendah tuntutan pekerjaan yang dirasakan karyawan, maka semakin tinggi tingkat keterikatan mereka terhadap pekerjaan.

2.2 Research Gap

Berdasarkan kajian literatur di atas, terdapat *research gap* yang tertera pada Tabel 2. 1 sebagai berikut:

Tabel 2. 1 *Research Gap*

No	Peneliti & Tahun	VMI	Transparansi <i>Demand</i>	Bullwhip Effect	Efisiensi Biaya (JTC)	Keseimbangan Beban Kerja
1	Ernawati et al. (2021)	✓	-	✓	✓	-
2	Kurniasari & Pulansari (2024)	✓	-	✓	✓	-
3	Khosravian et al. (2025)	-	-	✓	-	✓
4	Salwa & Zulfikri (2024)	-	✓	✓	-	-
5	Mhaskey (2024)	✓	✓	✓	-	-
6	Prakongwittaya & Liangrokapart (2024)	-	✓	✓	-	-
7	Tang et al. (2021)	-	✓	✓	-	-
8	Karimi et al. (2023)	✓	-	✓	✓	-
9	Bunjak et al. (2023)	-	-	-	-	✓
10	Deng et al. (2021)	-	-	-	-	✓
11	Putri et al. (2021)	✓	-	✓	✓	-
12	Lemadi (2022)	✓	-	✓	✓	-
13	Muzady & Ernawati (2021)	✓	-	✓	✓	-
14	Setyorini & Purwanti (2025)	✓	-	✓	✓	-
15	Natalia & Wijoyo (2023)	-	-	-	-	✓
16	Penelitian saat ini (2025)	✓	✓	✓	✓	✓

2.3 Landasan Teori

Landasan teori yang digunakan pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

2.2.1 *Supply Chain*.

Secara umum *supply chain* mencakup serangkaian aktivitas yang melibatkan seluruh tahapan dalam proses produksi hingga distribusi produk, mulai dari tahap awal hingga produk tersebut diterima oleh pelanggan. Dalam perspektif yang lebih luas, rantai pasok tidak hanya berfokus pada peningkatan nilai tambah, tetapi juga berperan dalam pemenuhan kebutuhan pelanggan, peningkatan daya saing, perolehan keuntungan, serta pembentukan hubungan yang harmonis antar pihak yang terlibat dalam sistem rantai pasok (Chauhan & Marie, 2005). Menurut Schroeder et al. (2008), *supply chain* atau rantai pasok adalah serangkaian proses bisnis dan informasi yang memungkinkan barang atau jasa bergerak dari *supplier* ke perusahaan, lalu didistribusikan kepada pelanggan. Sedangkan menurut Tyagi & Agarwal (2014), *supply chain* merupakan sistem terintegrasi yang menghubungkan berbagai organisasi dalam menyalurkan produk dan layanan kepada pelanggan, mencakup aktivitas mulai dari pengadaan, produksi, pengendalian persediaan, hingga distribusi, yang dikoordinasikan antar pemasok, produsen, pengecer, dan konsumen akhir melalui dukungan teknologi informasi. Prinsip utama dalam rantai pasok adalah adanya transparansi informasi dan kolaborasi baik di dalam organisasi maupun dengan mitra eksternal selama proses produksi pada rantai pasok berlangsung.

Berdasarkan definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa *supply chain* merupakan rangkaian aktivitas dan aliran yang berlangsung di dalam maupun antar tahapan dalam rantai pasok, yang saling terintegrasi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. *Supply chain* juga dapat dipahami sebagai sebuah sistem yang menggabungkan berbagai elemen kerja, mulai dari *vendor* bahan baku, fasilitas produksi, hingga pelanggan akhir, dan secara berkelanjutan dituntut untuk menghasilkan solusi serta menyelaraskan aliran produk atau jasa secara efektif.

2.2.2 *Supply Chain Management*.

Supply chain management atau manajemen rantai pasok merupakan kumpulan proses dan kegiatan yang saling terintegrasi, yang bertujuan untuk merencanakan, mengelola, dan mengawasi pergerakan barang, layanan, serta informasi sejak tahap awal hingga akhir dalam sistem rantai pasok. Tujuan utamanya adalah menjamin ketersediaan produk atau layanan secara tepat waktu, jumlah yang sesuai, efisiensi biaya, serta mencapai tingkat kepuasan pelanggan yang tinggi (Syamil et al., 2023). Menurut Basuki (2021), *supply*

chain management (SCM) adalah sistem distribusi dinamis dari hulu ke hilir yang bertujuan untuk menghasilkan produk atau layanan yang unggul dengan biaya serendah mungkin. SCM dipandang sebagai kerangka kerja terintegrasi yang mencakup aliran barang, informasi, dan keuangan di seluruh jaringan pelaku rantai pasok. SCM adalah serangkaian aktivitas yang dilakukan dalam organisasi untuk mendorong manajemen rantai pasok yang efektif. Komponen-komponen dari praktik SCM meliputi manajemen pasokan dan material, operasi, teknologi informasi dan komunikasi, serta layanan pelanggan. Pengelolaan yang efektif terhadap komponen-komponen ini dapat menciptakan nilai tambah bagi pelanggan akhir (S. Li et al., 2006).

Berdasarkan definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa *supply chain management* merupakan sistem terintegrasi yang mencakup serangkaian proses dan aktivitas untuk mengelola pergerakan barang, jasa, informasi, dan keuangan secara efektif dan efisien dari hulu hingga hilir. SCM bertujuan untuk memastikan ketersediaan barang atau jasa secara tepat waktu, dalam jumlah yang sesuai, dengan biaya optimal, serta untuk meningkatkan kepuasan pelanggan. Selain itu, SCM juga berperan dalam menciptakan *value* melalui pengelolaan yang baik terhadap komponen-komponen utama seperti pasokan bahan baku, proses operasional, teknologi informasi dan komunikasi, serta pelayanan kepada pelanggan. Dengan pendekatan yang terkoordinasi dan dinamis, SCM mendorong efisiensi operasional, daya saing, serta kolaborasi antar pelaku dalam jaringan rantai pasok.

2.2.3 *Persediaan.*

Persediaan adalah stok atau cadangan barang yang memungkinkan manajemen mengatur pengadaan, produksi, dan penjualan. Persediaan berfungsi untuk memberikan pilihan barang, memisahkan tahapan proses produksi, memisahkan operasi, melindungi dari kehabisan persediaan, mengambil keuntungan dari siklus pesanan, melindungi dari peningkatan harga, memungkinkan kelancaran operasi, dan mengambil keuntungan dari diskon kuantitas (Stevenson & Sum, 2014). Menurut Kumar & Suresh (2008)(2008), perencanaan produksi perlu disertai dengan pengelolaan persediaan yang efektif. Jumlah persediaan harus tetap terjaga pada tingkat yang cukup agar proses produksi tidak terganggu dan perusahaan dapat terus memenuhi permintaan pelanggan.

Menurut Heizer et al. (2020)(2020), persediaan memiliki 4 macam fungsi yaitu sebagai berikut:

- 1) Mengantisipasi permintaan pelanggan dan memisahkan perusahaan dari fluktuasi *demand*.
- 2) Memanfaatkan diskon kuantitas. Hal ini dikarenakan pembelian kuantitas yang besar dapat mengurangi harga pokok barang maupun biaya pengiriman.
- 3) Memisahkan berbagai bagian proses produksi dari *supplier* jika persediaan mengalami fluktuasi.
- 4) Melindungi nilai terhadap inflasi dan perubahan harga yang meningkat.

Berdasarkan definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa persediaan tidak hanya berfungsi sebagai cadangan barang, tetapi juga sebagai alat strategis untuk mengatur produksi, memenuhi permintaan pelanggan, serta mengantisipasi ketidakpastian dalam rantai pasok. Pengelolaan persediaan yang efektif memungkinkan perusahaan menjaga kontinuitas produksi, memanfaatkan keuntungan ekonomi seperti diskon kuantitas, serta melindungi dari risiko fluktuasi permintaan dan harga. Dengan demikian, manajemen persediaan yang baik menjadi kunci dalam menjaga efisiensi dan daya saing perusahaan.

2.2.4 Manajemen Persediaan.

Manajemen persediaan merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen operasi dan manajemen rantai pasok, karena berkaitan langsung dengan ketersediaan barang untuk memenuhi permintaan pelanggan, menjaga kelancaran proses produksi, dan mengendalikan biaya perusahaan. Menurut Heizer dan Render (2020)(2020), manajemen persediaan adalah serangkaian kebijakan dan pengendalian yang memonitor tingkat persediaan serta menentukan kapan pesanan harus dilakukan dan berapa banyak yang harus dipesan. Definisi ini menekankan bahwa pengendalian persediaan bukan sekadar aktivitas penyimpanan barang, tetapi juga mencakup pengambilan keputusan strategis untuk menyeimbangkan antara biaya persediaan dan tingkat pelayanan pelanggan.

Chopra dan Meindl (2016)(2016) menjelaskan bahwa persediaan berfungsi sebagai penyangga antara permintaan dan pasokan dalam rantai pasok. Persediaan memungkinkan perusahaan menghadapi ketidakpastian permintaan maupun lead time pemasok, sehingga risiko *stockout* dapat diminimalkan. Namun, persediaan yang terlalu tinggi dapat menimbulkan pemborosan biaya penyimpanan, risiko kedaluwarsa, maupun kerusakan barang. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan persediaan yang efisien agar perusahaan dapat mencapai keseimbangan antara biaya dan layanan pelanggan.

Menurut Stevenson (2021), manajemen persediaan memiliki tiga tujuan utama sebagai berikut:

- 1) Menjaga ketersediaan barang agar permintaan pelanggan dapat dipenuhi tepat waktu,
- 2) Meminimalkan total biaya yang terkait dengan persediaan (termasuk biaya simpan, biaya pesan, dan biaya kekurangan),
- 3) Memastikan pemanfaatan sumber daya yang efektif dalam mendukung operasi perusahaan.

Dengan demikian, manajemen persediaan berperan sebagai mekanisme pengendali yang memastikan operasi berjalan lancar dengan biaya serendah mungkin. Lebih lanjut, Silver et al. (1998)(1998) mengemukakan bahwa sistem manajemen persediaan dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu sistem *fixed order quantity* (*Q system*) dan sistem *fixed order period* (*P system*). Pada sistem Q, jumlah pesanan ditetapkan konstan sementara waktu pemesanan bervariasi sesuai tingkat persediaan. Sebaliknya, pada sistem P, pemesanan dilakukan dalam interval waktu tertentu dengan jumlah yang bervariasi. Pemilihan sistem ini bergantung pada pola permintaan, biaya yang terlibat, serta strategi pengendalian perusahaan. Dalam konteks modern, manajemen persediaan semakin dipengaruhi oleh teknologi informasi dan pendekatan kolaboratif.

Dari berbagai definisi dan perspektif di atas, dapat disimpulkan bahwa manajemen persediaan adalah proses strategis yang bertujuan mengoptimalkan ketersediaan barang dengan biaya minimal melalui pengendalian tingkat persediaan, pemilihan sistem pemesanan yang tepat, serta pemanfaatan teknologi informasi. Pengelolaan persediaan yang baik akan meningkatkan kepuasan pelanggan, efisiensi operasional, dan daya saing perusahaan dalam jangka panjang.

2.2.5 *Bullwhip Effect*.

Menurut Pujawan (2005)(2005), *bullwhip effect* merupakan fenomena yang terjadi akibat adanya kesalahan atau distorsi informasi dalam rantai pasok yang menyebabkan meningkatnya variabilitas permintaan. Peningkatan variabilitas ini muncul di berbagai tingkatan dalam jaringan *supply chain* dan biasanya semakin besar dari hilir ke hulu, yaitu dari *konsumen* menuju *supplier*. Hal ini dipicu oleh permintaan pasar yang bersifat kompleks dan berubah-ubah, sehingga informasi yang tidak akurat dapat memperbesar fluktuasi permintaan di sepanjang rantai pasok. Sedangkan menurut Maserih (2017)(2017), konsep *bullwhip effect* secara umum mengacu pada ketidaksesuaian yang signifikan antara jumlah persediaan dan permintaan yang sering terjadi di dalam perusahaan. Hal ini disebabkan oleh kesalahan dalam memahami atau

menginterpretasikan data permintaan pada setiap tingkat dalam rantai distribusi serta ketidaktepatan dalam sistem informasi yang digunakan.

Berdasarkan Lee at al. yang ada dalam Aji & Yaqoub (2015)(2015), didapatkan identifikasi 4 penyebab utama dari *bullwhip effect*, antara lain:

1. *Demand forecast errors*, Dimana permintaan yang tidak stabil menyebabkan peramalan sering meleset, sehingga perusahaan menyiapkan *safety stock* sebagai antisipasi. Namun, jika ditelusuri dari produk jadi hingga bahan baku, terlihat lonjakan permintaan yang tajam. Saat permintaan naik, seluruh pelaku rantai pasok meningkatkan persediaan, dan sebaliknya saat permintaan turun. Akibatnya, tingginya *safety stock* berdampak pada rendahnya efisiensi produksi dan pemanfaatan distribusi.
2. *Order batching*, dimana ketika persediaan menurun, perusahaan tidak langsung memesan karena menerapkan *order batching* atau pengakumulasian permintaan sebelum memesan ke *supplier*. Umumnya dilakukan secara periodik, seperti mingguan atau bulanan. Pola ini menyebabkan permintaan tinggi di satu periode dan sepi di periode berikutnya, sehingga memicu *bullwhip effect*.
3. *Price fluctuation*, dimana untuk meningkatkan penjualan, produsen dan distributor secara periodik membuat promosi. Promosi periodik mendorong pembeli memesan jauh di atas kebutuhan. Setelah harga kembali normal, permintaan anjlok karena stok masih menumpuk, membuat pola permintaan tak akurat dan variasi pembelian melebihi variasi konsumsi.
4. *Rationing and shortage gaming*, dimana jika salah satu pihak dalam rantai pasok memanipulasi informasi atau menimbun barang, pabrik kehilangan visibilitas terhadap permintaan nyata. Hal ini menyebabkan kelebihan atau kekurangan stok, kekacauan di hilir, dan lonjakan permintaan palsu yang pada akhirnya memicu *bullwhip effect*.

Berdasarkan definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa *bullwhip effect* merupakan fenomena dalam rantai pasok yang ditandai dengan meningkatnya variabilitas permintaan dari hilir ke hulu akibat distorsi atau kesalahan informasi. Fenomena ini terjadi karena ketidaktepatan dalam interpretasi data permintaan serta ketidaksesuaian antara stok dan kebutuhan aktual. Berdasarkan pandangan para ahli, penyebab utama *bullwhip effect* meliputi kesalahan peramalan permintaan (*demand forecast errors*), praktik pemesanan secara periodik (*order batching*), fluktuasi harga akibat promosi (*price fluctuation*), serta

manipulasi informasi dan penimbunan barang (*rationing and shortage gaming*). Keempat faktor ini menyebabkan ketidakefisienan dalam produksi dan distribusi, serta mengganggu stabilitas dan akurasi aliran barang dalam *supply chain*. Oleh karena itu, pengelolaan informasi dan koordinasi antar pihak dalam rantai pasok menjadi kunci untuk meminimalkan terjadinya *bullwhip effect*.

2.2.6 Demand.

Menurut Chopra dan Meindl (2016)(2016), *demand* atau permintaan merupakan jumlah produk atau jasa yang diinginkan oleh konsumen pada suatu periode tertentu dengan tingkat harga dan kondisi pasar yang berlaku. Permintaan ini berperan sebagai pendorong utama dalam sistem rantai pasok, karena setiap aktivitas produksi, distribusi, dan persediaan pada dasarnya ditentukan oleh kebutuhan konsumen. Permintaan bersifat dinamis karena dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti harga, kualitas produk, preferensi konsumen, pendapatan, serta kondisi pasar. Selain itu, Silver et al. (1998)(1998) menjelaskan bahwa permintaan dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori besar, yaitu *deterministic demand* dan *stochastic demand*. Pada permintaan deterministik, jumlah dan waktu kebutuhan produk diketahui secara pasti, sehingga sistem perencanaan persediaan dapat dibuat lebih sederhana. Sebaliknya, pada permintaan stokastik, jumlah kebutuhan bersifat tidak pasti dan mengikuti distribusi probabilitas tertentu. Kondisi inilah yang lebih sering ditemui dalam praktik, sehingga sistem pengendalian persediaan harus dirancang untuk menghadapi ketidakpastian tersebut.

Heizer dan Render (2020)(2020) membedakan permintaan ke dalam *independent demand* dan *dependent demand*. Permintaan independen adalah kebutuhan terhadap produk akhir yang dipengaruhi langsung oleh perilaku pasar dan konsumen, misalnya permintaan batik oleh konsumen akhir. Sedangkan permintaan dependen adalah kebutuhan terhadap komponen atau bahan baku yang jumlahnya ditentukan oleh permintaan produk akhir, misalnya kain, pewarna, atau lilin untuk membatik. Pemahaman tentang kedua jenis permintaan ini sangat penting dalam menentukan strategi perencanaan dan pengendalian persediaan. Menurut Stevenson (2021)(2021), salah satu tantangan terbesar dalam manajemen rantai pasok adalah menghadapi variabilitas permintaan yang tidak dapat diprediksi dengan akurat. Permintaan yang berfluktuasi dapat menimbulkan efek *bullwhip*, yaitu distorsi informasi permintaan yang semakin membesar ketika bergerak dari konsumen hingga pemasok. Oleh karena itu, transparansi

informasi permintaan sangat penting untuk meminimalkan ketidakpastian, meningkatkan koordinasi, serta menekan biaya persediaan.

Berdasarkan definisi para ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa *demand* atau permintaan merupakan kebutuhan konsumen terhadap suatu produk atau jasa yang memengaruhi keseluruhan aktivitas rantai pasok. Permintaan bersifat fluktuatif dan dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal maupun internal, sehingga menuntut adanya strategi pengendalian persediaan yang adaptif. Dengan memahami sifat dan jenis permintaan, perusahaan dapat melakukan perencanaan yang lebih baik, mengurangi risiko *stockout* maupun *overstock*, serta meningkatkan kepuasan pelanggan.

2.2.7 *Transparansi Demand.*

Menurut Swink et al. (Jean, 2024)(Jean, 2024), transparansi *demand* atau *demand transparency* (yang sering disamakan dengan *demand visibility*) merupakan kemampuan untuk melihat dan mengakses data *real-time* terkait pesanan, penjualan, perkiraan permintaan, data konsumen, dan promosi dari hilir (*customer*) hingga ke hulu (*supplier*) dalam jaringan rantai pasok. Sedangkan menurut Hu et al. (2024)(2024), *demand visibility* merupakan keterbukaan informasi tentang volume pesanan dan tren permintaan pelanggan yang dibagikan secara transparan kepada semua mitra rantai pasok, sehingga setiap pihak dapat melakukan perencanaan dan penyesuaian secara proaktif. Hal ini berperan sebagai mediator dalam integrasi rantai pasok, yang mana ketika data permintaan dibuka secara transparan, koordinasi aktivitas antara produsen, distributor, dan pengecer menjadi lebih erat, sehingga inovasi produk dan efisiensi operasional meningkat. Transparansi dalam rantai pasok mencakup keterbukaan informasi operasional dan produk, seperti asal dan sumber bahan baku, yang dibagikan secara akurat kepada seluruh pemangku kepentingan (Jean, 2024)(Jean, 2024). Transparansi ini memungkinkan perusahaan untuk melacak dan memantau setiap aspek rantai pasok secara *real-time*, dari pengadaan bahan mentah hingga pengiriman produk jadi kepada konsumen akhir.

Berdasarkan definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa *demand transparency* atau transparansi permintaan merupakan kemampuan dan komitmen untuk membagikan informasi permintaan secara *real-time*, terbuka, dan menyeluruh di seluruh jaringan rantai pasok. Informasi ini mencakup data pesanan, penjualan, tren permintaan, hingga perkiraan kebutuhan pasar, yang berasal dari sisi hilir (*customer*) dan diteruskan hingga ke hulu (*supplier*). Transparansi ini memungkinkan seluruh pihak dalam rantai pasok

mulai dari produsen, distributor, hingga pengecer untuk melakukan perencanaan dan penyesuaian yang lebih akurat, meningkatkan koordinasi dan integrasi, serta mendorong efisiensi operasional dan inovasi produk. Selain itu, transparansi juga mencakup keterbukaan informasi mengenai asal-usul dan alur produk, sehingga membantu pelacakan rantai pasok secara menyeluruh.

2.2.8 *Beban Kerja.*

Menurut Elbert et al. (2017)(2017), *workload* atau beban kerja adalah total usaha fisik maupun mental yang harus dikeluarkan oleh seseorang dalam melaksanakan suatu tugas, yang dipengaruhi oleh tuntutan pekerjaan, lingkungan kerja, serta kapasitas individu. Beban kerja tidak hanya mencakup aspek fisik seperti energi, kekuatan, dan waktu, tetapi juga aspek kognitif seperti konsentrasi, pengambilan keputusan, dan pengolahan informasi. Selain itu, Tarwaka et al. (2004)(2004) menjelaskan bahwa beban kerja dapat dibedakan menjadi beban kerja fisik dan beban kerja mental. Beban kerja fisik muncul dari tuntutan aktivitas otot dalam melakukan pekerjaan, sedangkan beban kerja mental berasal dari tuntutan pikiran, persepsi, serta tanggung jawab dalam menyelesaikan tugas. Apabila beban kerja yang diterima melampaui kapasitas individu, maka akan muncul kelelahan baik secara fisik maupun mental yang berdampak pada penurunan kinerja dan produktivitas.

Sementara itu, Menurut Hart dan Staveland (1988)(1988) melalui pendekatan *NASA-Task Load Index (NASA-TLX)*, beban kerja dipengaruhi oleh enam dimensi utama, yaitu tuntutan mental, tuntutan fisik, tuntutan waktu, performa, usaha, dan tingkat frustrasi. Model ini menekankan bahwa beban kerja merupakan persepsi subjektif individu terhadap tuntutan pekerjaan, sehingga tidak hanya diukur dari aspek kuantitatif tetapi juga dari pengalaman subjektif pekerja. Dengan demikian, beban kerja dapat dipahami sebagai interaksi antara tuntutan pekerjaan dengan kapasitas pekerja dalam menyelesaikan tugas. Apabila keseimbangan tidak tercapai, maka risiko yang muncul adalah kelelahan, menurunnya kualitas kerja, serta gangguan kesehatan jangka panjang. Oleh sebab itu, pengukuran beban kerja menjadi hal penting untuk menjaga produktivitas dan keberlanjutan sistem kerja.

2.2.9 *Keseimbangan Beban Kerja.*

Keseimbangan beban kerja merupakan kondisi dimana distribusi tugas antarpekerja dalam suatu sistem kerja dilakukan secara proporsional, sehingga tidak ada pekerja yang mengalami kelebihan beban (*overload*) maupun kekurangan beban (*underload*). Menurut

Sutalaksana, Anggawisastra, dan Tjakraatmadja (2016)(2016), keseimbangan beban kerja diperlukan agar alokasi sumber daya manusia lebih optimal, efisiensi sistem meningkat, dan produktivitas kerja dapat tercapai secara merata. Menurut Heizer dan Render (2020)(2020), konsep keseimbangan beban kerja atau *workload balancing* erat kaitannya dengan perencanaan kapasitas dan penjadwalan kerja. Apabila beban kerja tidak seimbang, maka sebagian pekerja akan menghadapi tekanan berlebih yang dapat menurunkan kualitas kerja, sementara pekerja lain tidak termanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, distribusi beban kerja yang proporsional berfungsi menjaga keberlangsungan operasi serta mencegah masalah kesehatan akibat kelelahan.

Sedarmayanti (2016)(2016) menegaskan bahwa keseimbangan beban kerja bukan hanya soal pembagian pekerjaan secara adil, tetapi juga mempertimbangkan faktor kemampuan, keterampilan, dan pengalaman masing-masing pekerja. Dengan kata lain, keseimbangan dicapai apabila setiap pekerja diberikan tugas sesuai dengan kapasitas dan kompetensinya. Dalam konteks manajemen rantai pasok, keseimbangan beban kerja sangat penting karena fluktuasi permintaan seringkali menimbulkan variasi beban produksi antarperiode. Tanpa pengaturan yang baik, operator berpotensi mengalami lonjakan beban kerja pada periode tertentu yang mengarah pada kelelahan. Oleh sebab itu, strategi keseimbangan beban kerja, seperti penjadwalan yang merata, *job rotation*, serta penerapan transparansi permintaan, menjadi solusi untuk menjaga keberlanjutan dan kesehatan tenaga kerja.

2.2.10 Vendor Managed Inventory.

Vendor Managed Inventory (VMI) merupakan suatu pendekatan kolaboratif dalam manajemen rantai pasok, di mana tanggung jawab pengelolaan persediaan dialihkan kepada pemasok. Dalam sistem ini, pemasok memiliki wewenang untuk menentukan tingkat persediaan dan kebijakan pengisian ulang guna memastikan ketersediaan produk sesuai kebutuhan pelanggan (Sari, 2008)(Sari, 2008). Menurut Bahagia (2023)(2023), VMI merupakan pendekatan kolaboratif dalam manajemen rantai pasok, di mana pemasok mengambil alih tanggung jawab penuh atas pengelolaan persediaan barang milik pelanggan. Dalam sistem ini, pelanggan tidak lagi menentukan waktu dan jumlah pemesanan; sebaliknya, mereka menyediakan informasi terkait kebutuhan dan tingkat persediaan kepada pemasok. Dengan data tersebut, pemasok dapat merencanakan dan mengatur pengisian ulang persediaan secara proaktif untuk memastikan ketersediaan barang yang optimal. VMI merupakan salah satu pendekatan dalam mengelola *inventory*

yang efisien antara pemasok dan konsumen di dalam sebuah sistem rantai pasok. Dengan VMI, pemasok menempatkan *inventory*nya di konsumen, namun kepemilikan *inventory* berpindah kepada konsumen ketika *inventory* digunakan (Martono, 2018)(Martono, 2018).

Berdasarkan definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa *Vendor Managed Inventory* (VMI) merupakan strategi kolaboratif dalam manajemen rantai pasok di mana pemasok mengambil alih tanggung jawab atas pengelolaan persediaan pelanggan. Dalam sistem ini, pemasok memiliki wewenang untuk menentukan tingkat persediaan dan kebijakan pengisian ulang guna memastikan ketersediaan produk sesuai kebutuhan pelanggan. Pelanggan tidak lagi menentukan waktu dan jumlah pemesanan; sebaliknya, mereka menyediakan informasi terkait kebutuhan dan tingkat persediaan kepada pemasok. Dengan data tersebut, pemasok dapat merencanakan dan mengatur pengisian ulang persediaan secara proaktif untuk memastikan ketersediaan barang yang optimal. Selain itu, dalam pendekatan ini, pemasok menempatkan persediaannya di lokasi pelanggan, namun kepemilikan barang berpindah kepada pelanggan saat barang tersebut digunakan. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya persediaan, dan meningkatkan tingkat layanan pelanggan melalui kolaborasi yang erat antara pemasok dan pelanggan.

2.2.11 Model Fuzzy Arithmetic.

Menurut Zadeh (1965)(1965), teori *fuzzy set* diperkenalkan untuk merepresentasikan ketidakpastian dan keambiguan dalam pengambilan keputusan. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah *fuzzy arithmetic*, yaitu metode perhitungan matematis pada bilangan fuzzy yang digunakan untuk memodelkan variabel yang tidak pasti atau samar. Bilangan fuzzy biasanya dinyatakan dalam bentuk *fuzzy number*, seperti *triangular fuzzy number* (TFN) atau *trapezoidal fuzzy number*, yang memudahkan representasi rentang nilai dalam kondisi tidak pasti. Zimmermann (2001)(2001) menjelaskan bahwa *fuzzy arithmetic* memungkinkan pengambil keputusan untuk melakukan operasi dasar (penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagian) pada bilangan fuzzy dengan tetap mempertahankan sifat ketidakpastian yang terkandung di dalamnya. Hal ini bermanfaat ketika parameter dalam model perencanaan atau optimasi tidak dapat dinyatakan secara pasti, misalnya permintaan pasar, waktu produksi, atau kapasitas sumber daya.

Selanjutnya, Klir dan Yuan (2003)(2003) menegaskan bahwa penggunaan *fuzzy arithmetic* dalam manajemen operasi sangat relevan karena dunia nyata sering kali menghadapi data yang tidak presisi. Dalam konteks manajemen rantai pasok, *fuzzy arithmetic* dapat digunakan untuk memperkirakan kebutuhan persediaan, memprediksi permintaan, serta mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih fleksibel di tengah ketidakpastian. Dengan demikian, *fuzzy arithmetic* merupakan alat penting dalam pengambilan keputusan di bawah ketidakpastian. Model ini memungkinkan pengambil keputusan untuk memperhitungkan variasi dan ambiguitas data sehingga solusi yang dihasilkan lebih realistis.

2.2.12 *Mix Integer Programming*

Mixed Integer Programming (MIP) merupakan salah satu metode optimasi matematis yang menggabungkan variabel keputusan dalam bentuk kontinu dan bilangan bulat (*integer*) dalam satu formulasi model. Metode ini banyak digunakan untuk memecahkan permasalahan kompleks dalam rantai pasok, seperti perencanaan produksi, alokasi sumber daya, distribusi, serta desain jaringan pasokan. Keunggulan MIP terletak pada fleksibilitasnya dalam memformulasikan fungsi tujuan dan kendala yang mencerminkan kondisi nyata, baik dalam skala kecil maupun besar. Berbagai penelitian terbaru menegaskan relevansi penggunaan MIP dalam konteks rantai pasok. Vicente (2025)(2025) mengembangkan model MILP berbasis kebijakan *periodic review* (s, S) untuk mengoptimalkan pengendalian persediaan, dengan hasil mampu meningkatkan efisiensi inventori dalam supply chain. Mecheter et al. (2024)(2024) merumuskan model MIP multi-periode untuk pengelolaan suku cadang (*spare parts*) yang memperhitungkan *trade-off* antara biaya dan ketersediaan, menunjukkan fleksibilitas MIP dalam menangani masalah dinamis. Li et al. (2024)(2024) menekankan bahwa MIP efektif dalam mendesain jaringan rantai pasok dengan mempertimbangkan distribusi multi-level dan keterbatasan kapasitas. Sementara itu, Demirel et al. (2025)(2025) menggunakan MIP untuk optimasi jaringan distribusi perusahaan pengemasan, yang terbukti mampu menekan biaya transportasi dan meningkatkan efisiensi distribusi. Berdasarkan kajian tersebut, MIP dipandang sebagai pendekatan yang sangat relevan dalam penelitian ini karena mampu merepresentasikan keterbatasan kapasitas produksi, biaya-biaya yang terlibat dalam sistem rantai pasok, serta kebutuhan untuk mendistribusikan beban kerja operator secara lebih seimbang.

2.2.13 Periodic Review System

Periodic Review System atau Sistem P adalah salah satu metode manajemen persediaan di mana jumlah pemesanan ditentukan pada interval waktu yang tetap (periode tertentu). Pada setiap periode, persediaan diperiksa, dan pemesanan dilakukan untuk menambah stok hingga mencapai tingkat persediaan yang telah ditentukan (*order-up-to level*). Sistem ini cocok digunakan ketika permintaan bersifat stokastik atau tidak pasti, sehingga jumlah pemesanan yang dilakukan pada tiap periode bisa berbeda-beda tergantung pada kondisi permintaan actual (Silver et al., 1998)(Silver et al., 1998). Kelebihan sistem P adalah kesederhanaannya dalam implementasi serta kemampuannya mengakomodasi permintaan acak dengan tetap menjaga level persediaan yang diinginkan (Nahmias & Olsen, 2015)(Nahmias & Olsen, 2015). Namun, sistem ini juga menimbulkan risiko *stockout* apabila permintaan lebih tinggi dari perkiraan sebelum periode pemesanan berikutnya dilakukan.

2.2.14 Optimasi Evolutionary Algorithm.

Menurut Holland (1992)(1992), *evolutionary algorithm* merupakan salah satu pendekatan dalam *computational intelligence* yang terinspirasi dari mekanisme evolusi biologis, seperti seleksi alam, mutasi, dan rekombinasi. Algoritma ini digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi kompleks yang sulit dipecahkan dengan metode konvensional. Goldberg (1988)(1988) memperkenalkan *Genetic Algorithm (GA)* sebagai salah satu bentuk algoritma evolusioner yang paling banyak digunakan. GA bekerja dengan membangkitkan populasi solusi awal, kemudian melalui iterasi seleksi, *crossover*, dan mutasi, solusi tersebut diperbaiki hingga diperoleh hasil yang mendekati optimal. Kelebihan dari algoritma ini adalah kemampuannya untuk mengeksplorasi ruang solusi yang luas tanpa harus terjebak pada solusi lokal.

Eiben dan Smith (2016)(2016) menyatakan bahwa *evolutionary algorithms* mencakup berbagai metode seperti *genetic algorithm*, *evolutionary strategy*, *genetic programming*, dan *differential evolution*. Algoritma ini banyak diaplikasikan dalam perencanaan produksi, penjadwalan, pengendalian persediaan, serta optimasi rantai pasok karena fleksibilitasnya dalam menangani masalah *non-linear*, multi-objektif, dan bersifat NP-hard. Michalewicz (2013)(2013) menambahkan bahwa keunggulan utama algoritma evolusioner adalah sifatnya yang berbasis populasi dan probabilistik, sehingga mampu memberikan solusi yang lebih baik pada permasalahan dengan banyak variabel dan kendala. Dalam konteks penelitian ini, algoritma evolusioner sangat relevan karena

mampu mengoptimasi parameter P dan R dalam sistem persediaan multi-produk dan multi-*buyer* dengan mempertimbangkan variasi permintaan serta keseimbangan beban kerja operator. Dengan demikian, optimasi menggunakan algoritma evolusioner menjadi pilihan tepat dalam menghadapi permasalahan kompleks yang sulit diselesaikan secara analitik. Pendekatan ini tidak hanya memberikan solusi mendekati optimal, tetapi juga fleksibel terhadap ketidakpastian dan perubahan kondisi sistem.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah segala sesuatu yang menjadi sasaran penelitian, yang mencakup variabel-variabel yang akan diteliti dan dijelaskan dalam rangka menjawab rumusan masalah. Adapun objek penelitian pada penelitian ini adalah rantai pasok industri batik pada UMKM Batik X yang berfokus pada optimasi pesanan berdasarkan volume order dan keseimbangan waktu pekerja dengan subjek penelitian adalah UMKM Batik X dengan 12 pekerja pada UMKM Batik X.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah pihak yang menjadi sumber data penelitian, baik berupa individu maupun kelompok. Pada penelitian ini yang menjadi subjek ialah UMKM Batik X yang berlokasi di Daerah Istimewa Yogyakarta. UMKM Batik X berperan sebagai pemasok utama sekaligus produsen tunggal yang memproduksi lima jenis produk batik dan mendistribusikannya kepada lima *buyer*. Para *buyer* ini dapat bertindak sebagai *reseller* yang mendistribusikan produk kembali ke *buyer* lain maupun langsung ke konsumen akhir.

3.3 Jenis Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder dan kajian pustaka. Data sekunder diperoleh dari UMKM Batik X Yogyakarta yang mencakup data pemesanan dan penilaian kemampuan kerja pekerja. Sementara itu, kajian pustaka diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal atau penelitian sebelumnya, artikel, serta laporan yang relevan dengan permasalahan penelitian. Adapun data yang digunakan dari UMKM Batik X Yogyakarta sebagai *vendor* adalah sebagai berikut:

1. Data pesanan konsumen dari *buyer* 1-5
2. Data waktu kerja dari 12 operator
3. Data waktu proses produksi batik
4. Biaya *setup*
5. Biaya *inventory*
6. Biaya *lost sales*

Data yang dipilih pada *buyer* 1-5 antara lain:

1. Data penyimpanan awal

2. Data permintaan antar *buyer*
3. Data penyimpanan
4. Data pemesanan
5. Data *lost sales*
6. Status pemesanan
7. Biaya *order*
8. Biaya *inventory*
9. Biaya *lost sales*

3.4 Komponen Model

3.4.1 Notasi Model

Berupakan merupakan notasi model yang digunakan pada penelitian ini:

Indeks

- v : pemasok (*vendor*)
 b : pembeli (*buyer*); $b = 1, 2, 3, 4, 5$
 p : produk; $p = 1, 2, 3, 4, 5$
 e : pekerja; $e = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$
 t : periode; $t = 1, 2, \dots, t$

Parameter

- R_{bp} : Level maksimum persediaan (*up to level*) untuk *buyer b* (unit)
 dan produk p
 $D_{bp,t}$: Permintaan *buyer b* untuk produk p pada periode t (unit)
 $I_{bp,t}$: *Inventory* akhir *buyer b* untuk produk p pada periode t (unit)
 $I_{bp,0}$: *Inventory* awal *buyer b* untuk produk p (unit)
 I_{vp} : *Inventory* pada *vendor* untuk produk p pada periode t (unit)
 $Q_{bp,t}$: Kuantitas pengiriman produk p ke *buyer b* pada periode t (unit)
 A_{bv} : Biaya pemesanan *buyer b* kepada pemasok untuk per unit (unit)
 A_{bb} : Biaya pemesanan antar *buyer* untuk per unit (unit)
 DC_{bv} : Biaya pengiriman *vendor* untuk *buyer b* untuk produk p (Rp/unit)
 OC_{bb} : Biaya pemesanan antar *buyer* untuk produk p (Rp/unit)
 h_{bp} : Biaya penyimpanan per unit produk p oleh *buyer b* (Rp/unit)
 π_{bp} : Biaya tetap pengiriman ke *buyer b* untuk produk p (jika (Rp/pengiriman)
 pengiriman dilakukan)
 h_{vp} : Biaya penyimpanan *vendor* per unit produk p (Rp/unit)

HC_b	: Biaya penyimpanan <i>vendor</i> pada produk p	(Rp/unit)
l_{bp}	: Biaya <i>lost sales buyer</i> pada produk p	(unit)
l_{vp}	: Biaya <i>lost sales vendor</i> pada produk p	(unit)
LS_{btp}	: <i>Lost Sales</i> yang terjadi pada <i>buyer</i> pada produk p	(unit)
LS_{vtp}	: <i>Lost Sales</i> yang terjadi pada <i>vendor</i> pada produk p	(unit)
LS_b	: Biaya <i>lost sales</i> yang terjadi pada <i>buyer</i>	(Rp/unit)
LS_v	: Biaya <i>lost sales</i> yang terjadi pada <i>vendor</i>	(Rp/unit)
SC_p	: Biaya <i>setup</i> total	(Rp)
S	: Biaya <i>setup</i> yang harus dikeluarkan oleh <i>vendor</i>	(Rp)
f	: Frekuensi <i>setup</i> dalam satu periode	
$W_{p,e}$	: Waktu total produk p pada pekerja e	(menit)
σ	: Standar deviasi <i>employee workload</i>	(menit)
$x_{bp,t}$	: variabel biner (1 jika terdapat pengiriman ke <i>buyer b</i> produk p pada periode t ; 0 jika tidak terdapat pengiriman)	
M	: nilai besar (<i>big-M</i>) untuk batasan logika pengiriman	(unit)
T	: Jumlah periode perencanaan	(hari)
TC_b	: Total biaya <i>buyer</i>	(Rp)
TC_v	: Total biaya <i>vendor</i>	(Rp)
JTC	: Total biaya persediaan gabungan	(Rp)

3.4.2 Variabel Keputusan dan Kriteria Performansi

Variabel Keputusan

Berikut di bawah ini merupakan variabel keputusan yang digunakan pada penelitian ini:

$Q_{bp,t}$	: jumlah unit produk p yang dikirim ke <i>buyer b</i> pada periode t	(unit)
$I_{bp,t}$	: persediaan akhir <i>buyer b</i> untuk produk p pada periode t	(unit)
$X_{bp,t}$	: variabel biner (1 jika terdapat pengiriman ke <i>buyer b</i> produk p pada periode t ; 0 jika tidak terdapat pengiriman)	-
$Pr_{p,e}$	: Proporsi produk p yang dihasilkan pekerja e	(unit)

Kriteria Performansi

Berikut merupakan kriteria performansi yang digunakan pada penelitian ini:

JTC	: Total biaya gabungan pembeli dan pemasok	(Rp)
WL_e	: <i>Employee workload</i> pada pekerja e	

3.4.3 Asumsi dan Batasan Model

Berikut merupakan asumsi yang digunakan pada penelitian ini:

- 1) Model ini terbatas pada sistem persediaan pemasok tunggal, multi pembeli, dan multi produk dengan 12 pekerja pada pemasok.
- 2) Biaya transportasi per unit dari *vendor* ke *buyer* maupun *buyer* ke *buyer* adalah konstan dan *independent* terhadap jumlah pemesanan, sehingga biaya transportasi dapat diabaikan.
- 3) Tingkat produksi lebih besar dari total permintaan ($P \geq D$).
- 4) Tidak mempertimbangkan *safety stock* dan *backorder*.
- 5) Tidak ada *quantity discount*.
- 6) Biaya yang ada pada penelitian ini adalah konstan dan tidak dipengaruhi oleh inflasi dan lainnya.

3.5 Pengembangan Formulasi Model Matematis

3.5.1 Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan yang menjadi tujuan dari pengembangan model yaitu meminimasi biaya gabungan antara pemasok dan pembeli dengan menerapkan sistem *Vendor Managed Inventory* (VMI). Penerapan sistem VMI ini memungkinkan koordinasi yang lebih baik dalam pengendalian persediaan dan pengiriman yang membuat frekuensi pemesanan, tingkat persediaan, dan risiko terjadinya kekurangan stok dapat diatur secara lebih efisien. Dengan melakukan penerapan VMI membuat pengelolaan rantai pasok produk batik terintegrasi sehingga dapat meminimalkan total biaya gabungan pada *vendor* dan *buyer*. Total biaya yang menjadi nilai yang diminimalkan yaitu mencakup biaya penyimpanan pemasok, biaya *setup* produksi, biaya *lost sales* pemasok, biaya penyimpanan pembeli, biaya pemesanan ke pemasok, biaya *lost sales* pembeli, dan biaya pemesanan antar pembeli. Variabel keputusan pada model ini yaitu jumlah unit produk yang harus dikirimkan, persediaan akhir *buyer*, variabel biner yang menampilkan keputusan pengiriman menuju *buyer*, dan *employee workload* pada setiap pekerja. Berikut merupakan fungsi tujuan dari model yang dibuat pada penelitian ini:

$$\begin{aligned} \text{Minimasi } JTC &= (TC_b + TC_v) \times (1 + \text{Selisih } WL) \\ \text{Minimasi } JTC &= \left(\sum HC_b + \sum LSC_b + \sum DC_{bv} + \sum OC_{bb} \right) + \left(\sum HC_v + \sum SC_v \right. \\ &\quad \left. + \sum LSC_v \right) \times (1 + (\text{Max } WL - \text{Min } WL)) \end{aligned}$$

Berikut dibawah ini merupakan penjabaran dari biaya yang terlibat pada fungsi tujuan:

3.5.2 Total Biaya Pembeli

1) Biaya Penyimpanan Pembeli (*Holding Cost*)

Biaya penyimpanan pembeli merupakan biaya yang didapatkan dari adanya penyimpanan persediaan di gudang pihak *buyer*. Biaya ini mencakup seperti biaya ruang gudang, biaya tenaga kerja, dan banyak lainnya. Nilai biaya penyimpanan didapatkan dengan perhitungan biaya simpan per unit dengan jumlah stok produk yang disimpan. Berikut merupakan rumus perhitungan biaya penyimpanan pembeli:

$$HC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{bpt} \times h_{bp}$$

I_{bpt} : *Inventory* akhir *buyer b* untuk produk *p* pada periode *t*

h_{bp} : Biaya penyimpanan per unit produk *p* oleh *buyer b*

2) Biaya *Lost Sales* Pembeli

Biaya kekurangan atau *shortage cost* didapat karena ketidakmampuan pembeli dalam memenuhi permintaan pelanggan karena stok yang habis. Pada penelitian ini, kekurangan stok diasumsikan sebahagi *lost sales* karena diasumsikan tidak adanya mekanisme *backorder* atau pemesanan ulang secara medadak oleh *buyer* menuju *vendor*. Berikut merupakan rumus perhitungan biaya *lost sales* pembeli:

$$LSC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p LS_{btp} \times l_{bp}$$

LS_{btp} : *Lost Sales* yang terjadi pada *buyer* pada produk *p*

l_{bp} : Biaya *lost sales* *buyer* pada produk *p*

3) Biaya Pengiriman

Biaya pengiriman merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh *buyer* untuk melakukan pengiriman pesanan atas produk *p* kepada *vendor*. Berikut merupakan rumus perhitungan dari biaya pengiriman pembeli menuju pemasok:

$$DC_{bv} = \sum_{b=1}^b \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t Q_{bpt} \times A_{bv}$$

Q_{bpt} : Kuantitas pengiriman produk *p* ke *buyer b* pada periode *t*

A_{bv} : Biaya pemesanan *buyer b* kepada pemasok untuk per unit

4) Biaya Pemesanan antar Pembeli

Biaya pemesanan merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh *buyer* untuk melakukan pemesanan atas produk p kepada *buyer* lain dikarenakan pada penelitian ini mempertimbangan terjadinya *lateral transshipment*. Berikut merupakan rumus perhitungan dari biaya pemesanan antara pembeli:

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

Q_{btp} : Kuantitas pengiriman produk p ke *buyer* b pada periode t

A_{bb} : Biaya pemesanan antar *buyer* untuk per unit

3.5.3 Total Biaya Pemasok

1) Biaya Penyimpanan Pemasok

Biaya penyimpanan pemasok merupakan biaya yang dikeluarkan oleh *vendor* untuk menyimpan persediaan produk sebelum dikirimkan ke *buyer*. Biaya ini mencakup penggunaan gudang, tenaga kerja, peralatan penyimpanan, risiko penyusutan atau kerusakan. Berikut merupakan rumus perhitungan dari biaya penyimpanan pemasok:

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

I_{vtp} : *Inventory* pada *vendor* untuk produk p pada periode t

h_{vp} : Biaya penyimpanan *vendor* per unit produk p

2) Biaya *Lost Sales* Pemasok

Biaya *lost sales* terjadi dikarenakan ketidakmampuan *vendor* dalam memenuhi permintaan *buyer* karena stok yang habis. Berikut merupakan rumus perhitungan dari biaya *lost sales* pemasok:

$$LSC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t LS_{vtp} \times l_{vp}$$

LS_{vtp} : *Lost Sales* yang terjadi pada *vendor* pada produk p

l_{vp} : Biaya *lost sales* *vendor* pada produk p

3) Biaya *Setup*

Biaya *setup* merupakan biaya yang harus dikeluarkan setiap melakukan produksi untuk memenuhi permintaan. Berikut merupakan rumus perhitungan dari biaya *setup*:

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

S : Biaya *setup* yang harus dikeluarkan oleh *vendor*

F : Frekuensi *setup* dalam satu periode

4) *Employee Workload*

Nilai *employee workload* didapatkan dari waktu yang dibutuhkan oleh pekerja dalam membuat produk p dan produk p yang dapat dibuat oleh pekerja. Berikut merupakan rumus perhitungan dari nilai *employee workload*:

$$WL_e = \sum_{p=1}^p \sum_{e=1}^e (W_{pe} * Pr_{e,p}) / 60$$

WL_e : Beban kerja pekerja e

W_{pe} : Waktu proses produksi produk p yang dibutuhkan oleh pekerja e

$Pr_{e,p}$: Produk p riil yang dapat dibuat oleh pekerja e

Dilakukan perhitungan selisih *workload* pekerja dari nilai *workload* pekerja terberat dikurangi dengan *workload* pekerja dengan nilai paling ringan, berikut merupakan rumusan perhitungan selisih *workload*:

$$\text{Selisih Workload} = \text{Max Workload} - \text{Min Workload}$$

3.5.4 *Total Biaya Gabungan (JTC)*

Total biaya gabungan merupakan nilai yang didapatkan dari penjumlahan total biaya pada pihak setiap *buyer* dan pihak *vendor*. Berikut merupakan model matematis dari rumus total gabungan:

$$\text{Minimasi JTC} = (TC_b + TC_v) \times (1 + \text{Selisih WL})$$

$$\begin{aligned} \text{Minimasi JTC} = & \left(\sum HC_b + \sum LSC_b + \sum DC_{bv} + \sum OC_{bb} \right) + \left(\sum HC_v + \sum SC_v \right. \\ & \left. + \sum LSC_v \right) \times (1 + (\text{Max WL} - \text{Min WL})) \end{aligned}$$

HC_b : Total biaya penyimpanan pembeli

SC_b : Total biaya *lost sales* pembeli

DC_v : Total biaya *delivery* pembeli ke pemasok

OC_{bb} : Total biaya pemesanan pembeli ke pembeli

HC_v : Total biaya penyimpanan pemasok

LSC_v : Total biaya *lost sales* pemasok

SC : Total biaya *setup* pemasok

WL : Beban pekerja pada pemasok

3.6 Algoritma Model Pemecah Solusi

Algoritma pemecah solusi yaitu langkah-langkah sistematis yang dilakukan pada pengolahan data pada penelitian yang ditujukan untuk menyelesaikan permasalahan dari penelitian. Berikut pada Tabel 3. 1 merupakan penjelasan dari langkah perhitungan optimasi pada pihak *buyer* dan pada Tabel 3. 2 **Error! Reference source not found.** adalah penjelasan langkah optimasi pada pihak *vendor*.

Tabel 3. 1 Langkah Perhitungan Optimasi *Buyer*

Pembeli	
No	Langkah – langkah
1	<p>Melakukan <i>generate</i> data pada bagian data permintaan <i>customer</i> untuk setiap produk batik dengan menggunakan fungsi yang terdapat pada <i>Ms. Excel</i> dengan fungsi seperti berikut yang digunakan pada data yang berdistribusi normal,</p> $= INT(NORMNIV(RAND(); D; \sigma)),$ <p>Kemudian berikut dibawah ini merupakan fungsi yang digunakna untuk data yang berdistribusi <i>uniform</i>,</p> $= RANDBETWEEN(Batas Atas; Batas Bawah)$
2	<p>Membuat model simulasi perhitungan dengan menggunakan tabel yang berada pada <i>Excel</i> dengan kolom yang terdiri dari total permintaan dari <i>customer</i> dan dari <i>buyer</i> lain, total persediaan akhir, <i>lost sales</i> yang terjadi, dan total pemesanan. Kemudian dilakukan perhitungan dengan rumusan sebagai berikut,</p> <p>Total Permintaan = Permintaan <i>customer</i> + Permintaan <i>buyer</i> lain</p> <p>Persediaan Akhir = Persediaan awal – Total Permintaan</p> <p><i>Lost sales</i> didapatkan apabila terdapat permintaan dengan nilai yang lebih besar daripada stok yang dimiliki oleh <i>buyer</i> tersebut, berdasarkan hal tersebut dapat diketahui permintaan tidak dapat terpenuhi.</p>
3	<p>Melakukan optimasi dengan menggunakan <i>solver evolutionary algorithm</i> pada <i>Ms. Excel</i> pada nilai R dan nilai P untuk setiap <i>buyer</i> pada setiap produk, yang pada optimasinya dilakukan untuk mencari nilai R dan P yang sesuai untuk meminimasi total biaya gabungan antara <i>vendor</i> dan <i>buyer</i>. Dimana nilai R untuk menentukan produk yang dipesan berdasarkan nilai <i>order up to</i> R dan nilai P merupakan periode dari pengecekan stok pada penyimpanan <i>buyer</i>.</p>
4	<p>Melakukan perhitungan total biaya penyimpanan <i>buyer</i> pada setiap produk dengan rumusan sebagai berikut,</p> $HC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{bpt} \times h_{bp}$

Pembeli	
No	Langkah – langkah
5	<p>Menghitung total biaya <i>lost sales buyer</i> dengan menggunakan rumusan sebagai berikut,</p> $LSC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p LS_{btp} \times l_{bp}$
6	<p>Melakukan perhitungan total biaya pengiriman dari <i>vendor</i> ke <i>buyer</i> b maupun total biaya pemesanan antar pembeli. Berikut merupakan rumus perhitungan total biaya pengiriman dari <i>vendor</i> menuju <i>buyer</i> b,</p> $DC_{bv} = \sum_{b=1}^b \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t Q_{bpt} \times A_{bv}$ <p>Kemudian berikut merupakan rumus perhitungan total biaya pemesanan antar <i>buyer</i>,</p> $OC_{bb} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p Q_{btp} \times A_{bb}$
7	<p>Menghitung total biaya pembeli (TC_b) dengan melakukan penjumlahan dari biaya-biaya yang membangun total biaya pembeli seperti biaya penyimpanan, biaya <i>lost sales</i>, dan biaya pemesanan. Berikut merupakan rumus dalam perhitungan total biaya pembeli,</p> $TC_{bp} = \sum HC_b + \sum LSC_b + \sum DC_{bv} + \sum OC_{bb}$

Tabel 3. 2 Langkah Perhitungan Optimasi *Vendor*

Pemasok	
No	Langkah – langkah
1.	<p>Data permintaan pada <i>vendor</i> didapatkan dari total jumlah pesanan dari <i>buyer</i> untuk setiap produk selama periode t, dengan perumusan total permintaan <i>vendor</i> seperti berikut,</p> $D = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p Q_b$ <p>Q_b : Jumlah pesanan dari <i>buyer</i> b</p>
2.	<p>Membuat model simulasi perhitungan dengan menggunakan tabel yang berada pada <i>Excel</i> dengan kolom yang terdiri dari total permintaan dari <i>buyer</i>, total persediaan akhir, <i>lost sales</i> yang terjadi, dan total produksi. Kemudian dilakukan perhitungan dengan rumusan sebagai berikut,</p>

Pemasok	
No	Langkah – langkah
	<p>Total Permintaan = Total pesanan <i>buyer</i></p> <p>Persediaan Akhir = Persediaan awal – Permintaan</p> <p><i>Lost sales</i> didapatkan apabila terdapat permintaan dengan nilai yang lebih besar daripada stok yang dimiliki oleh <i>vendor</i> tersebut, berdasarkan hal tersebut dapat diketahui permintaan tidak dapat terpenuhi.</p>
3.	<p>Melakukan optimasi dengan menggunakan <i>solver evolutionary algorithm</i> pada <i>Ms. Excel</i> pada nilai PQ dan pada keputusan pengiriman menuju <i>buyer</i> untuk setiap <i>buyer</i> pada setiap produk yang digambarkan dengan angka biner 0 untuk tidak melakukan pengiriman dan 1 untuk melakukan pengiriman, yang pada optimasinya dilakukan untuk mencari nilai PQ dan pada keputusan pengiriman yang sesuai untuk meminimasi total biaya gabungan antara <i>vendor</i> dan <i>buyer</i>. Nilai PQ merupakan <i>production quantity</i> yang harus diproduksi oleh <i>vendor</i> tersebut dan keputusan pengiriman kepada <i>buyer</i> didapatkan dengan informasi <i>inventory</i> dari <i>buyer</i> yang apabila pada periode P nilai <i>inventory buyer</i> dibawah nilai R akan dilakukan pengiriman produk sejumlah nilai <i>up to R</i> oleh <i>vendor</i>.</p>
4.	<p>Melakukan perhitungan total biaya penyimpanan <i>vendor</i> pada setiap produk dengan rumusan sebagai berikut,</p> $HC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{vtp} \times h_{vp}$
5.	<p>Menghitung total biaya <i>lost sales vendor</i> dengan menggunakan rumusan sebagai berikut,</p> $LSC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t LS_{vtp} \times l_{vp}$
6.	<p>Melakukan perhitungan biaya <i>setup vendor</i> dengan rumus sebagai berikut,</p> $SC = \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p f \times S$
7.	<p>Menghitung total biaya <i>vendor</i> (TC_v) dengan melakukan penjumlahan dari biaya-biaya yang membangun total biaya <i>vendor</i> seperti biaya penyimpanan, biaya <i>lost sales</i>, dan biaya <i>setup</i>. Berikut merupakan rumus dalam perhitungan total biaya <i>vendor</i>,</p> $TC_v = \sum HC_v + \sum SC_v + \sum LSC_v$

Pemasok	
No	Langkah – langkah
8.	<p>Menghitung total biaya gabungan (JTC) dengan melakukan penjumlahan biaya dari kedua pihak dengan biaya yang membangun total biaya dari kedua pihak tersebut. Berikut merupakan rumus dalam perhitungan total biaya gabungan,</p> $\text{Minimasi JTC} = TC_b + TC_v$ $\text{Minimasi JTC} = (\sum HC_b + \sum LSC_b + \sum DC_{bv} + \sum OC_{bb}) + (\sum HC_v + \sum SC_v + \sum LSC_v)$
9.	Menghitung total waktu yang digunakan oleh pekerja dalam memproduksi produk.
10.	<p>Melakukan optimasi dengan menggunakan <i>solver evolutionary algorithm</i> pada <i>Ms. Excel</i>. Optimasi yang dilakukan menggunakan objektif sel JTC keseluruhan dengan optimasi JTC pada setiap produk dikali dengan 1+ selisih <i>workload</i>. Variabel keputusan dari optimasi ini yaitu mencari nilai P dan R paling optimal pada setiap pembeli untuk setiap produk, dan jumlah produk pada pemasok dan proporsi kuantitas produk yang dibuat oleh setiap pekerja.</p>
11.	Melakukan perhitungan total proporsi produk dan menghitung PQ yang perlu diproduksi oleh pemasok.
12.	<p>Menghitung produk riil yang diproduksi oleh setiap pekerja untuk setiap produk. Berikut merupakan rumus dalam perhitungan produk riil yang diproduksi,</p> $PR_{e,p} = \left(\frac{Pr_{e,p}}{\sum Pr_p} \right) \times PQ_p \times \text{Hari Kerja}$ <p><i>PR</i>: Produk riil yang harus diproduksi oleh pekerja untuk setiap produk <i>Pr</i>: Proporsi produk <i>PQ</i>: <i>Production Quantity</i> Hari kerja diasumsikan 5 hari kerja dalam satu minggu.</p>
13.	<p>Menghitung <i>employee workload</i> pada setiap pekerja. Berikut merupakan rumus <i>employee workload</i> yang digunakan,</p> $WL_e = (W_{1,e} \times PR_{1,e}) + (W_{2,e} \times PR_{2,e}) + (W_{3,e} \times PR_{3,e}) + (W_{4,e} \times PR_{4,e}) + (W_{5,e} \times PR_{5,e}) / 60 \text{ menit}$ <p><i>WL</i> : <i>Employee Workload</i> <i>W</i> : Waktu proses produksi produk <i>p</i> oleh pekerja <i>e</i> <i>PR</i> : Produk riil produk <i>p</i> oleh pekerja <i>e</i></p>

Pemasok	
No	Langkah – langkah
14.	<p>Melakukan perhitungan selisih <i>workload</i> pada pekerja dengan menentukan <i>workload</i> pekerja terbesar dan terkecil dan melakukan pengurangan pada <i>workload</i> pekerja terbesar dikurangi yang terkecil.</p> $\text{Selisih WL} = \text{Max} \sum \text{WL} - \text{Min} \sum \text{WL}$ <p>Selanjutnya menghitung standar deviasi pada populasi data <i>workload</i> dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut,</p> $\text{Standar Deviasi} = \text{STDEV}. P(\text{WL})$
15.	<p>Menghitung nilai JTC untuk semua produk yang nilai JTC tersebut sudah terintegrasi dengan nilai selisih <i>employee workload</i>. Berikut merupakan rumus yang digunakan,</p> $\text{JTC Keseluruhan} = \left(\sum_{p=1}^p \text{JTC}_p \right) + (1 + \text{Selisih WL})$
16.	<p>Melakukan perhitungan nilai normalisasi JTC dengan menambahkan pertimbangan dampak waktu dengan menggunakan rumus seperti berikut,</p> $\text{JTC Normal} = \frac{\text{JTC Keseluruhan}}{(1 + \text{Selisih WL})}$

3.7 Validasi Model

Validasi model pada penelitian ini dilakukan untuk membuktikan formulasi model yang dilakukan dan dikembangkan pada penelitian, validasi model dilakukan dengan melakukan pengecekan dimensi satuan model. Tahapan dalam melakukan validasi model dilakukan dengan memeriksa kesesuaian dimensi satuan pada ruas kanan dan kiri dengan menggunakan sumber penelitian terdahulu oleh Handoko (2024)(2024) sebagai dasar dari validasi model yang dilakukan. Berikut pada Tabel 3. 3 merupakan hasil validasi pada model yang dikembangkan:

Tabel 3. 3 Validasi Model

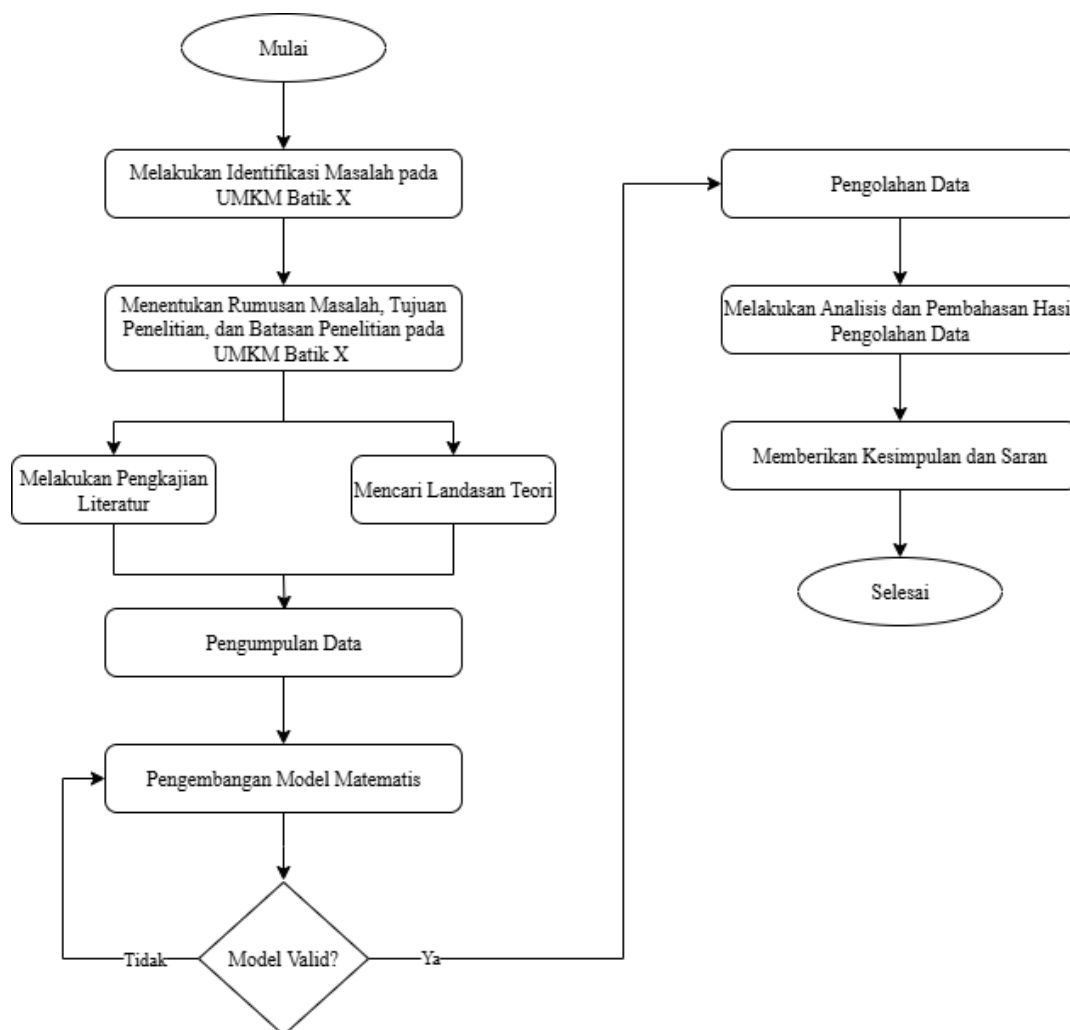
Persamaan	Pemeriksaan Satuan	Status
Biaya penyimpanan <i>buyer</i>	$HC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{bpt} \times h_{bp}$ $HC_b = \frac{\text{unit}}{\text{bulan}} \times \frac{Rp/\text{unit}}{\text{bulan}}$ $HC_b = \frac{\text{unit}}{\text{bulan}} \times \frac{Rp/\text{unit}}{\text{bulan}}$ $HC_b = Rp$	Valid

Persamaan	Pemeriksaan Satuan	Status
Biaya <i>lost sales</i> buyer	$LSC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p LS_{btp} \times l_{bp}$ $LSC_b = unit \times \frac{Rp}{unit}$ $LSC_b = \cancel{unit} \times \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $LSC_b = Rp$	Valid
Biaya pengiriman <i>vendor</i> ke buyer b	$DC_{bv} = \sum_{b=1}^b \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t Q_{bpt} \times A_{bv}$ $DC_{bv} = unit \times \frac{Rp}{unit}$ $DC_{bv} = \cancel{unit} \times \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $DC_{bv} = Rp$	Valid
Biaya pemesanan antar buyer	$OC_{bb} = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p Q_{btp} \times A_{bb}$ $OC_{bb} = unit \times \frac{Rp}{unit}$ $OC_{bb} = \cancel{unit} \times \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $OC_{bb} = Rp$	Valid
Biaya simpan <i>vendor</i>	$HC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{vtp} \times h_{vp}$ $HC_v = \frac{unit}{bulan} \times \frac{Rp/unit}{bulan}$ $HC_v = \frac{\cancel{unit}}{\cancel{bulan}} \times \frac{Rp/\cancel{unit}}{\cancel{bulan}}$ $HC_v = Rp$	Valid
Biaya <i>lost sales</i> pemasok	$LSC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t LS_{vtp} \times l_{vp}$ $LSC_v = unit \times \frac{Rp}{unit}$	Valid

Persamaan	Pemeriksaan Satuan	Status
	$LSC_v = \cancel{unit} \times \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $LSC_v = Rp$	
Biaya <i>setup</i> pemasok	$SC = \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p f \times S$ $SC = \frac{\cancel{unit}}{\cancel{bulan}} \times \frac{Rp/\cancel{unit}}{\cancel{bulan}}$ $SC = \frac{\cancel{unit}}{\cancel{bulan}} \times \frac{Rp/\cancel{unit}}{\cancel{bulan}}$ $SC = Rp$	Valid

3.8 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan alur seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. 1.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari tiap alur penelitian:

- 1) Mulai
- 2) Identifikasi Masalah

Tahap awal penelitian ini adalah mengidentifikasi permasalahan UMKM Batik X, yaitu ketidaksesuaian antara jumlah pesanan dan kapasitas produksi yang menyebabkan beban kerja berlebih, penurunan kualitas, risiko cacat, serta *lost sales*. Selain itu, distribusi kerja antar operator belum seimbang sehingga menimbulkan ketidakpuasan dan potensi konflik internal di antara pekerja akibat adanya perbedaan beban kerja yang signifikan. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini mengusulkan penerapan *Vendor Managed Inventory* (VMI) berbasis *periodic review* dengan optimasi Mixed Integer Programming (MIP) melalui Evolutionary Algorithm (EA). Berbeda dari penelitian sebelumnya, model ini menambahkan dimensi transparansi *demand* agar informasi permintaan terintegrasi secara lebih akurat, sehingga tidak hanya menekan biaya rantai pasok, tetapi juga memastikan pemerataan beban kerja operator dan menciptakan sistem yang lebih adil, adaptif, dan berkelanjutan.

- 3) Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, dan Batasan Penelitian

Tahap kedua penelitian ini adalah merumuskan masalah agar penelitian lebih terarah dan fokus. Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, penelitian ini memiliki dua rumusan utama, yaitu bagaimana menentukan nilai biaya total gabungan (*Joint Total Cost*) yang optimal melalui integrasi transparansi permintaan dalam sistem rantai pasok UMKM Batik X, serta bagaimana hasil optimasi *Mixed Integer Programming* (MIP) yang dioptimalkan menggunakan *Evolutionary Algorithm* (EA) dapat digunakan untuk menyeimbangkan beban kerja operator sehingga tidak terjadi kelebihan maupun kekurangan beban kerja. Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai biaya total minimum yang optimal dalam sistem rantai pasok dengan mempertimbangkan faktor transparansi permintaan, serta mengembangkan dan memformulasikan model optimasi berbasis MIP yang didukung EA untuk menyeimbangkan beban kerja operator sehingga tercipta distribusi kerja yang lebih adil dan efisien. Untuk memperjelas ruang lingkup, penelitian ini memiliki beberapa batasan. Data yang digunakan berasal dari 12 operator di UMKM Batik X dengan struktur rantai pasok yang terdiri atas satu pemasok utama dan lima pembeli.

Kapasitas pekerja dinilai berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi produk, sedangkan pola permintaan diasumsikan bersifat probabilistik dengan pendekatan transparansi permintaan. Penelitian ini hanya mempertimbangkan aspek biaya total (*Joint Total Cost*) dan keseimbangan beban kerja operator, tanpa memperhitungkan faktor lain seperti biaya pelatihan, produktivitas jangka panjang, atau variabel eksternal lain yang berada di luar lingkup studi.

4) Kajian Literatur dan Landasan Teori

Tahap ketiga yaitu melakukan pengkajian literatur penelitian terdahulu dan mencari landasan teori yang relevan dengan topik penelitian yang sedang dilakukan yang kemudian dibuatkan *research gap* dari penelitian terdahulu. Pada landasan teori menjelaskan terkait *Supply Chain*, *Supply Chain Management*, Persediaan, Manajemen Persediaan, *Bullwhip Effect*, *Demand*, *Transparansi Demand*, Beban Kerja, Keseimbangan Beban Kerja, *Vendor Managed Inventory*, Model *Fuzzy Arithmetic*, *Mixed Integer Programming*, *Periodic Review System*, dan Optimasi *Evolutionary Algorithm*.

5) Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang bertujuan untuk memperoleh seluruh informasi yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang digunakan merupakan data sekunder dari UMKM Batik X Yogyakarta yang mencakup data pemasok, data pembeli, serta data 12 operator pada pihak pemasok. Struktur sistem rantai pasok yang dikaji adalah hubungan antara satu *vendor* dengan lima *buyer* untuk lima jenis produk batik, yaitu Kemeja Batik Standar Lengan Pendek, Gaun Batik Tradisional, Kemeja Batik Lengan Panjang Bermotif, Blus Batik Modern, dan Polo Batik Urban. Sistem ini menggunakan pendekatan *single vendor–multi buyer–multi product* dengan mempertimbangkan faktor transparansi *demand* dan mekanisme *lateral transshipment*, yaitu kerja sama antar *buyer* untuk saling membantu pemenuhan kebutuhan produk ketika terjadi kekurangan persediaan. Transparansi permintaan memungkinkan keterbukaan informasi pola permintaan dari *buyer*, sehingga *vendor* dapat mengelola kapasitas produksi dan distribusi dengan lebih terencana. Proses pemesanan dimulai dari pelanggan ke *buyer*, dan apabila stok tidak mencukupi, *buyer* akan memesan sejumlah Q unit ke *vendor* dengan biaya pemesanan A . Sistem manajemen persediaan yang diterapkan adalah sistem P (*periodic review system*), di mana pemesanan dilakukan pada periode tetap

dengan permintaan bersifat stokastik yang mengikuti distribusi tertentu serta memperhitungkan waktu tunggu (*lead time*). Dalam sistem ini, *vendor* harus mengalokasikan beban kerja kepada 12 operator untuk memenuhi permintaan lima produk berbeda sesuai jadwal produksi. Namun, banyaknya pesanan dan keterbatasan kapasitas menimbulkan kondisi *overload* pada beberapa operator, sementara operator lain justru kurang dimanfaatkan. Hal ini menyebabkan distribusi beban kerja yang tidak seimbang, menimbulkan tekanan kerja, serta berpotensi berdampak pada penurunan kesejahteraan pekerja dan kualitas hasil produksi. Oleh karena itu, diperlukan model optimasi untuk menyeimbangkan alokasi waktu kerja setiap pekerja agar beban kerja tidak berlebihan serta menghasilkan output produksi yang optimal dengan biaya total yang diminimalkan.

6) Pengembangan Model

Pada tahap ini, dilakukan penyusunan model matematis yang menjadi inti dari penelitian. Proses diawali dengan menjabarkan karakteristik sistem yang dikaji, kemudian dilanjutkan dengan pengembangan model matematis berdasarkan variabel-variabel yang relevan. Model yang telah dibangun selanjutnya diverifikasi untuk memastikan kesesuaiannya dengan kondisi nyata serta konsistensi dalam penggunaan satuan. Jika model dinyatakan valid, maka penelitian berlanjut pada tahap pengolahan data melalui analisis numerik. Namun, apabila model belum valid, maka diperlukan pengembangan lebih lanjut hingga model benar-benar mampu merepresentasikan sistem yang diteliti.

7) Validasi Model

Tahap validasi model bertujuan untuk memastikan bahwa formulasi matematis yang dikembangkan telah sesuai secara logis dan konsisten dalam penggunaan dimensi satuan sebelum digunakan dalam proses optimasi dan pengambilan keputusan. Validasi dilakukan dengan memeriksa kesesuaian satuan pada setiap komponen model untuk menjamin konsistensi dan keabsahan perhitungan.

8) Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan terhadap data sekunder yang diperoleh dari UMKM Batik X, meliputi data pemasok, data pembeli, data permintaan, serta data beban kerja 12 operator. Pengolahan data diawali dengan pembersihan dan penyusunan data sesuai variabel penelitian, seperti jumlah permintaan, waktu kerja operator, biaya pemesanan, biaya penyimpanan, serta kapasitas produksi.

Selanjutnya, data tersebut digunakan untuk membangun model matematis berbasis *Mixed Integer Programming* (MIP) dengan pendekatan *periodic review system*. Proses optimasi dilakukan menggunakan *Evolutionary Algorithm* (EA) yang diimplementasikan melalui *Excel Solver* untuk memperoleh nilai optimal dari biaya total (*Joint Total Cost*) sekaligus distribusi beban kerja yang seimbang antar operator.

9) Analisis dan Pembahasan

Tahap analisis dan pembahasan dilakukan untuk menginterpretasikan hasil pengolahan data yang diperoleh dari model optimasi. Analisis diawali dengan membandingkan kondisi awal sistem rantai pasok UMKM Batik X dengan hasil optimasi yang diperoleh melalui integrasi *Mixed Integer Programming* (MIP), *Evolutionary Algorithm* (EA), serta faktor transparansi *demand*. Fokus utama pembahasan adalah melihat sejauh mana penerapan model mampu menurunkan biaya total atau *Joint Total Cost* dan bagaimana hasil optimasi dapat mendistribusikan beban kerja operator secara lebih merata. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kondisi awal dan kondisi setelah optimasi, baik dari sisi efisiensi biaya maupun keseimbangan alokasi kerja. Selain itu, pembahasan juga menekankan implikasi manajerial dari penerapan model, seperti peningkatan kualitas produksi, penurunan risiko kelelahan operator, serta peningkatan kepuasan kerja. Selanjutnya, hasil yang diperoleh dibandingkan dengan penelitian terdahulu untuk memperlihatkan kontribusi penelitian ini dalam mengisi *research gap*, khususnya pada aspek integrasi transparansi permintaan dengan keseimbangan beban kerja operator dalam sistem rantai pasok UMKM.

10) Kesimpulan dan Saran

Tahap ini menyajikan ringkasan temuan utama penelitian yang diperoleh dari analisis. Kesimpulan berfokus pada pencapaian tujuan penelitian, yaitu nilai biaya total minimum yang dapat dicapai serta bagaimana model optimasi mampu menyeimbangkan beban kerja operator melalui transparansi permintaan. Selain itu, penelitian ini juga memberikan saran praktis bagi UMKM Batik X dalam mengimplementasikan strategi pengelolaan rantai pasok yang lebih efisien dan berkelanjutan.

11) Selesai

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan guna memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian. Dalam penelitian ini, data yang dikumpulkan mencakup data penelitian yang berisikan biaya dan deskripsi produk. Adapun penjelasan mengenai data yang dikumpulkan sebagai berikut.

4.1.1 Deskripsi Sistem

Pada penelitian ini dilakukan pada sistem rantai pasok yang meliputi dari multi-eselon dengan eselon pertama yaitu pemasok atau *vendor*, kemudian yang kedua adalah pembeli atau *buyer*. Sistem rantai pasok pada penelitian ini terdiri dari pemasok tunggal atau *single vendor* yang memasok 5 produk menuju pembeli yang pada kasus berjumlah 5 pembeli (*multi buyer*). Pada sistem rantai pasok ini memiliki pertimbangan terjadi *lateral transshipment* dimana sistem ini merupakan sistem jual beli antar pembeli yang ditujukan untuk memberi produk ke pembeli lain untuk memenuhi permintaan pelanggan pelanggan tanpa harus menunggu pengiriman dari *vendor* yang membutuhkan waktu pada pengirimannya, pengaplikasian sistem ini dilakukan dengan antar *buyer* yang mengemudi menggunakan motor menuju pembeli lain untuk melakukan pembelian produk. Pada sistem ini *vendor* memiliki tanggung jawab untuk memantau dan mengelola tingkat persediaan pada setiap titik pembeli berdasarkan data permintaan dan tingkat stok pada masing-masing *buyer* dan pada *vendor* terdiri dari 12 orang pekerja yang pada penelitian ini dilakukan optimasi kapasitas produksi untuk mempertimbangkan beban kerja pada pekerja.

Sistem yang dirancang dalam penelitian ini merupakan integrasi dari model *Vendor Managed Inventory* (VMI) dan metode pengendalian persediaan *Up To (R)* yang diimplementasikan dalam kerangka kerja *push system*. Sistem ini dikembangkan untuk menjawab permasalahan rantai pasok pada UMKM Batik X di Yogyakarta, yang sebelumnya menghadapi fluktuasi permintaan, *bullwhip effect*, serta ketidakseimbangan beban kerja operator akibat lonjakan produksi yang tidak terprediksi. Dalam pendekatan *push*, aliran fisik barang dilakukan secara aktif dari pemasok ke pembeli tanpa menunggu permintaan eksplisit dari pelanggan. Namun, pada sistem yang diusulkan, keputusan produksi dan distribusi tidak lagi bergantung pada estimasi subjektif, melainkan

berdasarkan data permintaan historis dan informasi *stock* aktual yang dikumpulkan secara berkala dari sisi pembeli.

Model VMI dalam sistem ini menempatkan UMKM Batik X sebagai pihak yang bertanggung jawab penuh atas pengelolaan inventaris yang dimiliki oleh *buyer*. Artinya, *buyer* tidak lagi melakukan pemesanan mandiri, melainkan hanya menyediakan data permintaan, sisa *stock*, dan *lead time* kepada pemasok. Dengan informasi tersebut, UMKM dapat menentukan kapan dan berapa banyak barang yang harus dikirim untuk mengisi ulang persediaan pelanggan. Untuk mengatur volume pengisian ulang, digunakan pendekatan *Up To (R)*, yaitu suatu kebijakan pengendalian persediaan dengan sistem tinjauan periodik. Pada setiap periode evaluasi, jika tingkat *stock* di *buyer* berada di bawah ambang batas tertentu (biasanya titik pemesanan ulang atau *safety stock*), maka pemasok akan melakukan *replenishment* hingga jumlah persediaan mencapai level maksimum *R* yang telah ditentukan sebelumnya.

Implementasi sistem ini melibatkan beberapa parameter penting yang saling berkaitan, yaitu permintaan rata-rata (*P*) yang diperoleh dari data historis penjualan, seperti biaya pemesanan (*setup cost*), biaya penyimpanan (*holding cost*), serta waktu tunggu pengiriman (*lead time*). Data ini digunakan untuk menyusun simulasi model pengisian ulang pada masing-masing *buyer* agar diperoleh nilai *R* yang optimal, yakni nilai yang mampu meminimalkan total biaya persediaan sambil tetap menjaga ketersediaan produk. *Replenishment* dilakukan dalam satuan waktu tertentu, pada penelitian ini dilakukan antara hari Sabtu atau Minggu, sehingga pola produksi dan distribusi dapat diprediksi dan distandarkan. Hal ini sangat penting untuk menjaga beban kerja operator tetap seimbang, terutama di sektor UMKM yang memiliki kapasitas produksi terbatas dan tenaga kerja terbatas.

Keunggulan dari sistem ini terletak pada keseimbangan antara fleksibilitas produksi dan kepastian permintaan. Dengan memanfaatkan informasi historis permintaan secara lebih sistematis dan terintegrasi, sistem mampu mengurangi *bullwhip effect* yang sering kali menjadi sumber inefisiensi dalam rantai pasok. Selain itu, dengan adanya batasan atas (*R*) yang jelas, UMKM dapat merencanakan aktivitas produksi dan distribusi secara lebih merata dari waktu ke waktu, sehingga menghindari kondisi lembur ekstrem atau idle time di lini produksi. Dari sisi pembeli, penerapan sistem ini juga memberikan manfaat berupa keterjaminan pasokan, pengurangan *stockout*, serta pengurangan beban administratif dalam proses pemesanan.

dengan P01p-P05p atau dengan anak panah hitam tegas yang sebelumnya diproduksi oleh ke-12 pekerja yang tersedia pada *vendor*. Selanjutnya diketahui pada sistem rantai pasok UMKM Batik X melakukan sistem *lateral transshipment* yang merupakan proses jual beli antar *buyer* untuk memenuhi permintaan, seperti contoh dapat dilihat pada diagram dengan kode Q21p yang diartikan sebagai permintaan produk dari *buyer 2* kepada *buyer 1* atas produk p, dan pada kode P12p merupakan pengiriman produk p dari *buyer 1* ke *buyer 2*. Dengan mekanisme ini, *vendor* dapat menjadi ketersediaan produk pada setiap *buyer* agar tidak terjadi kekurangan maupun kelebihan stok yang membuat rantai pasok berjalan lebih efisien. Sistem ini mencerminkan sinergi antara aliran produk dan informasi yang terintegrasi dalam pengelolaan persediaan *multi-buyer* yang dikendalikan oleh *vendor*.

4.1.2 Deskripsi Produk

UMKM Batik X memproduksi beragam jenis produk batik dengan variasi motif, teknik, dan segmentasi pasar yang beragam. Namun, dalam penelitian ini hanya lima produk yang dijadikan sebagai objek penelitian ini. Berikut merupakan deskripsi dari masing-masing produk:

1) Kemeja Batik Standar Lengan Pendek

Produk batik 1 merupakan kemeja batik pria berlengan pendek dengan motif klasik tradisional. Desain yang simpel namun elegan membuat produk ini serbaguna dan dapat digunakan untuk berbagai kesempatan, baik acara formal maupun acara santai. Gambar 4. 2 menampilkan terkait produk batik 1.



Gambar 4. 2 Produk Batik 1

2) Dress Batik Tradisional

Produk batik 2 adalah gaun batik elegan yang biasa digunakan dalam acara formal maupun upacara adat. Gaun ini umumnya dihiasi dengan motif batik yang rumit dan

bernilai seni tinggi. Untuk memperkuat nuansa tradisional, gaun ini sering dipadukan dengan kebaya atau aksesoris khas lainnya. Gambar 4. 3 menampilkan terkait produk batik 2.



Gambar 4. 3 Produk Batik 2

3) Kemeja Batik Motif Lengan Panjang

Produk batik 3 merupakan kemeja batik lengan panjang dengan desain formal yang menampilkan motif batik cetak. Produk ini dirancang khusus untuk keperluan profesional seperti pertemuan bisnis atau acara formal lainnya. Gambar 4. 4 menggambarkan terkait produk batik 3.



Gambar 4. 4 Produk Batik 3

4) *Blouse* Batik Modern

Produk batik 4 adalah *blouse* batik modern yang merupakan interpretasi kontemporer dari busana batik tradisional. Blus ini dirancang untuk mengikuti tren mode masa kini, dengan potongan yang lebih dinamis seperti desain asimetris atau gaya fusi yang memadukan unsur tradisional dan modern. Gambar 4. 5 merupakan produk batik 4.



Gambar 4. 5 Produk Batik 4

5) Polo Batik Modern

Produk batik 5 merupakan kaus polo kasual yang dihiasi dengan sentuhan motif batik. Dirancang untuk penggunaan sehari-hari, produk ini menggabungkan kenyamanan khas kaus polo dengan keunikan dan nilai budaya dari desain batik. Produk batik 5 digambarkan pada Gambar 4. 6.



Gambar 4. 6 Produk Batik 5

4.1.3 Data Penelitian

Pengumpulan data bertujuan untuk memastikan seluruh kebutuhan informasi dalam penelitian ini dapat terpenuhi. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari UMKM Batik X Yogyakarta. Data sekunder ditampilkan pada Tabel 4. 1.

Tabel 4. 1 Data Biaya Pemasok dan Pembeli

Jenis Biaya	Jenis Produk Batik					Satuan
	Batik 1	Batik 2	Batik 3	Batik 4	Batik 5	
<i>Vendor</i>						
Biaya <i>Setup</i> (<i>S</i>)	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	Rp/unit/ <i>setup</i>
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

Jenis Biaya	Jenis Produk Batik					Satuan
	Batik 1	Batik 2	Batik 3	Batik 4	Batik 5	
Buyer 1						
Biaya Pesan (<i>A1</i>)	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	Rp/4 pcs
Biaya Simpan (<i>hb1</i>)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	Rp/unit/bulan
Biaya <i>Lost Sales</i> (<i>lb1</i>)	20.000	25.000	20.000	20.000	25.000	Rp/unit
Buyer 2						
Biaya Pesan (<i>A2</i>)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	Rp/4 pcs
Biaya Simpan (<i>hb2</i>)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	Rp/unit/bulan
Biaya <i>Lost Sales</i> (<i>lb2</i>)	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	Rp/unit
Buyer 3						
Biaya Pesan (<i>A3</i>)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	Rp/4 pcs
Biaya Simpan (<i>hb3</i>)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	Rp/unit/bulan
Biaya <i>Lost Sales</i> (<i>lb3</i>)	25.000	30.000	25.000	30.000	25.000	Rp/unit
Buyer 4						
Biaya Pesan (<i>A4</i>)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	Rp/4 pcs
Biaya Simpan (<i>hb4</i>)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	Rp/unit/bulan
Biaya <i>Lost Sales</i> (<i>lb4</i>)	35.000	25.000	25.000	25.000	25.000	Rp/unit
Buyer 5						
Biaya Pesan (<i>A5</i>)	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	Rp/4 pcs
Biaya Simpan (<i>hb5</i>)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	Rp/unit/bulan
Biaya <i>Lost Sales</i> (<i>lb5</i>)	25.000	25.000	25.000	35.000	30.000	Rp/unit

Selain itu, pada penelitian ini terdapat proses *transshipment* dimana terjadi kegiatan pemesanan antar pembeli. Data biaya pemesanan antar pembeli ditampilkan pada Tabel 4. 2.

Tabel 4. 2 Data Biaya Pemesanan antar Pembeli

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

Tabel 4. 3 Data Total Waktu Pekerja

Pekerja	Jenis Produk Batik					Satuan
	Batik 1	Batik 2	Batik 3	Batik 4	Batik 5	
Pekerja 1	140,7	142,18	120,15	135,55	109,11	Menit
Pekerja 2	153,81	141,77	117,27	136,25	108,85	Menit
Pekerja 3	156,51	141,05	118,49	136,19	108,85	Menit
Pekerja 4	155,75	139,27	120,1	135,77	109,06	Menit
Pekerja 5	159,25	140,38	120,25	134,21	108,94	Menit
Pekerja 6	151,87	141,99	120,18	135,67	107,17	Menit
Pekerja 7	158,89	142	118,84	135,56	109,27	Menit
Pekerja 8	157,81	141,17	119,87	135,8	108,79	Menit
Pekerja 9	153,51	141,56	120,58	136,24	109,35	Menit
Pekerja 10	151,81	140,29	119,64	134,39	108,83	Menit
Pekerja 11	151,03	140,42	120,21	136,49	107,73	Menit
Pekerja 12	155,62	140,43	119,78	136,32	109,02	Menit

4.2 Pengolahan Data

Dalam tahap pengolahan data pada penelitian ini dilakukan pengolahan menggunakan data sekunder yang didapat dari UMKM Batik X. Berikut dibawah ini merupakan penjelasan dan visualisasi pengerjaan dari langkah yang telah disusun pada bagian algoritma pemecah solusi. Tahapan pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan model dengan hasil nilai total biaya gabungan terkecil dengan melakukan perhitungan di kedua pihak yaitu pihak *buyer* dan pihak *vendor* dan melakukan perhitungan dalam perhitungan gabungan. Berikut merupakan tahap pengolahan data yang dilakukan untuk *buyer* 1 pada produk 1:

4.2.1 Perhitungan Biaya pada Pembeli

Langkah 1: Melakukan *generate data* pada permintaan pembeli

Pada langkah *generate data* perlu diketahui sifat distribusi dari data yang dimiliki, dan diketahui dari data yang dimiliki sifat distribusi permintaan *uniform* dan normal dengan jumlah permintaan yang bervariasi untuk setiap periodenya dan setiap produknya. Berikut dibawah merupakan contoh perhitungan dari *buyer* 1 untuk produk 1 selama periode 30 hari. Pada *buyer* 1 data menunjukkan memiliki rata-rata distribusi permintaan produk 1 sebesar 300 dengan standar deviasi 35. Berdasarkan data yang dimiliki dilakukan

generate data permintaan *customer* pada *buyer* 1 untuk produk 1 dengan periode 30 hari yang ditampilkan pada Tabel 4. 4.

Tabel 4. 4 Hasil Model Simulasi Permintaan Pembeli *Buyer* 1 untuk Produk Batik 1

Periode (<i>t</i>)	Permintaan	Periode (<i>t</i>)	Permintaan
	Pembeli (unit)		Pembeli (unit)
1	9	16	9
2	10	17	10
3	12	18	11
4	9	19	9
5	9	20	10
6	10	21	13
7	10	22	11
8	10	23	10
9	11	24	9
10	13	25	10
11	12	26	11
12	10	27	9
13	12	28	11
14	10	29	10
15	11	30	11

Selanjutnya pada *buyer* 1 terjadi *lateral transshipment* yang mendapatkan permintan dari *buyer* lainnya. Berikut pada Tabel 4. 5 merupakan hasil model simulasi permintaan dari *buyer* 2 ke *buyer* 1 dengan data yang berdistribusi *uniform* dengan batas bawah 20 dan batas atas 100.

Tabel 4. 5 Hasil Model Simulasi Permintaan *Buyer* 2 ke *Buyer* 1 untuk Produk Batik 1

Periode (<i>t</i>)	Permintaan <i>buyer</i> 2 (unit)	Periode (<i>t</i>)	Permintaan <i>buyer</i> 2 (unit)
1	0	16	0
2	0	17	0
3	0	18	0
4	0	19	0
5	0	20	0

Periode (<i>t</i>)	Permintaan <i>buyer 2</i> (unit)	Periode (<i>t</i>)	Permintaan <i>buyer 2</i> (unit)
6	2	21	2
7	0	22	0
8	0	23	0
9	0	24	0
10	0	25	0
11	0	26	0
12	0	27	0
13	1	28	1
14	0	29	0
15	0	30	0

Kemudian *buyer 1* juga mendapatkan permintaan dari *buyer 3* dengan pola distribusi data yang *uniform* dengan batas bawah 20 dan batas atas 100. Tabel 4. 6 merupakan visualisasi dari hasil data permintaan *buyer 3* menuju *buyer 1*.

Tabel 4. 6 Hasil Model Simulasi Permintaan *Buyer 3* ke *Buyer 1* untuk Produk Batik 1

Periode (<i>t</i>)	Permintaan <i>buyer 3</i> (unit)	Periode (<i>t</i>)	Permintaan <i>buyer 3</i> (unit)
1	0	16	0
2	0	17	0
3	0	18	0
4	0	19	0
5	0	20	0
6	0	21	4
7	4	22	0
8	0	23	0
9	0	24	0
10	0	25	0
11	0	26	0
12	0	27	0
13	0	28	4
14	3	29	0

Periode (<i>t</i>)	Permintaan <i>buyer 3</i> (unit)	Periode (<i>t</i>)	Permintaan <i>buyer 3</i> (unit)
15	0	30	0

Langkah 2: Membuat Model Simulasi Perhitungan

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model yang dicontohkan dibawah ini yaitu pada *buyer 1* untuk produk 1 dan perhitungan yang lengkap untuk semua *buyer* untuk semua produk akan dilampirkan pada bagian lampiran. Nilai R dan periode untuk *buyer 1* untuk produk 1 ditentukan menggunakan *solver evolutionary algorithm* agar dapat menghasilkan hasil yang dapat meminimasi nilai total biaya gabungan nantinya. Berikut pada Tabel 4. 7 merupakan data *buyer 1* pada produk 1 dan pada Tabel 4. 8 merupakan pemaparan hasil dari model simulasi perhitungan untuk *buyer 1* pada produk 1.

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

Persediaan Awal (unit)	Jumlah Pemesanan <i>up to</i> R (unit)	Periode	Lead time (hari)
10	74	3	4

Tabel 4. 8 Hasil Model Simulasi Perhitungan *Buyer 1* pada Produk 1

Periode (<i>t</i>)	Persediaan Awal (unit)	Total Permintaan (<i>D</i>)	Persediaan Akhir (<i>I</i>)	Jumlah Diterima dari <i>Vendor</i> (<i>R</i>)	Jumlah Pesanan ke Pembeli 5 (<i>d</i>)	Jumlah <i>Lost Sales</i>
1	10	9	1	0	0	0
2	1	10	0	0	0	9
3	0	12	0	0	0	12
4	0	9	0	0	0	9
5	0	9	64	73	0	0
6	64	12	52	0	0	0
7	52	14	39	0	1	0
8	39	10	103	74	0	0
9	103	11	92	0	0	0
10	92	13	79	0	0	0
11	79	12	102	35	0	0
12	102	10	92	0	0	0

Periode (<i>t</i>)	Persediaan Awal (unit)	Total Permintaan (<i>D</i>)	Persediaan Akhir (<i>I</i>)	Jumlah Diterima dari <i>Vendor</i> (<i>R</i>)	Jumlah Pesanan ke Pembeli 5 (<i>d</i>)	Jumlah <i>Lost Sales</i>
13	92	13	80	0	1	0
14	80	13	67	0	0	0
15	67	11	56	0	0	0
16	56	9	47	0	0	0
17	47	10	37	0	0	0
18	37	11	33	7	0	0
19	33	9	42	18	0	0
20	42	10	60	27	1	0
21	60	19	41	0	0	0
22	41	11	30	0	0	0
23	30	10	52	32	0	0
24	52	9	57	14	0	0
25	57	10	80	33	0	0
26	80	11	69	0	0	0
27	69	9	61	0	1	0
28	61	16	62	17	0	0
29	62	10	52	0	0	0
30	52	11	46	5	0	0

Langkah 3: Melakukan Optimasi Nilai P dan R

Pada tahapan ini melakukan optimasi nilai P dan R yang dilakukan dengan *solver* yang terdapat pada *Ms. Excel* yaitu *evolutionary algorithm*. Dengan tujuan dari optimasi yang dilakukan yaitu minimasi nilai total biaya gabungan pada sistem rantai pasok. Berikut dibawah ini merupakan batasan dari optimasi yang dilakukan:

- 1) Nilai P dan R lebih dari sama dengan 0 untuk memastikan nilai bernilai positif
- 2) Nilai P dan R merupakan bilangan interger
- 3) Nilai P lebih dari sama dengan 1
- 4) Nilai P kurang dari sama dengan 10
- 5) Nilai R lebih atau sama dengan 10
- 6) Nilai R kurang atau sama dengan 100

Berikut pada Tabel 4. 9 merupakan hasil optimasi nilai R dan P untuk *buyer* 1 pada produk 1 dengan menerapkan batasan-batasan di atas dan

Tabel 4. 10 merupakan hasil optimasi nilai R dan P untuk setiap *buyer* pada setiap produk.

Tabel 4. 9 Hasil Optimasi nilai P dan R untuk *Buyer* 1 pada Produk 1

Jumlah pemesanan up to R (unit)	Periode
74	3

Tabel 4. 10 Hasil Optimasi Nilai P dan R untuk Setiap Pembeli pada Setiap Produk

Hasil Optimasi P dan R		<i>Buyer 1</i>	<i>Buyer 2</i>	<i>Buyer 3</i>	<i>Buyer 4</i>	<i>Buyer 5</i>
Produk 1	P	3	4	3	3	3
	R	74	62	61	52	53
Produk 2	P	3	2	4	2	4
	R	45	59	64	59	61
Produk 3	P	3	2	2	2	2
	R	40	50	67	63	43
Produk 4	P	1	3	3	2	2
	R	72	39	59	47	88
Produk 5	P	2	4	3	2	3
	R	56	62	64	69	43

Langkah 4: Menghitung Biaya Persediaan Pembeli

Langkah ini melakukan biaya persediaan pembeli yang didapat dari perkalian total unit yang disimpan dan biaya simpan untuk setiap unit pada produk 1 *buyer* 1. Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan:

$$HC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t I_{bpt} \times h_{bp}$$

$$HC_1 = 1596 \times 2000$$

$$HC_1 = \text{Rp}3.192.000$$

Langkah 5: Menghitung Biaya *Lost Sales* Pembeli

Pada langkah ini dilakukan perhitungan biaya *lost sales* oleh pembeli yang menandakan ketidakmampuan *buyer* dalam memenuhi permintaan yang nilai tersebut menjadi nilai yang ditanggung oleh *buyer*. Perhitungan ini didapatkan dari perkalian unit yang tidak

dapat terpenuhi dengan biaya *lost sales* per unit. Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan:

$$LSC_b = \sum_{b=1}^b \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p LS_{btp} \times l_{bp}$$

$$LSC_1 = 30 \times 20000$$

$$LSC_1 = \text{Rp}600.000$$

Langkah 6: Menghitung Biaya Pengiriman dan Biaya Pemesanan Antar Pembeli

Pada tahap ini dilakukan perhitungan biaya pengiriman yang harus dibayarkan oleh *buyer* untuk setiap pengiriman produk dari *vendor* menuju *buyer* dengan perhitungan yang didapatkan dari perkalian setiap produk dengan biaya pengiriman per 4 produk. Berikut dibawah ini merupakan perhitungan yang dilakukan:

$$DC_{bv} = \sum_{b=1}^b \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t Q_{bpt} \times A_{bv}$$

$$DC_{1v} = 335 \times 13000$$

$$DC_{1v} = \text{Rp}1.157.000$$

Selanjutnya pada tahap ini dilakukan perhitungan biaya pemesanan antar pembeli mengingat adanya pertimbangan *lateral transshipment* dan pada *buyer* 1 melakukan pemesanan antar pembeli dengan *buyer* 5. Berikut dibawah ini merupakan perhitungan yang dilakukan:

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

$$OC_{15} = 6 \times 13000$$

$$OC_{15} = \text{Rp}52.000$$

Langkah 7: Menghitung Total Biaya Pembeli

Pada langkah ini total biaya pembeli diperoleh dari penjumlahan biaya yang membangun biaya pembeli yaitu biaya penyimpanan, biaya *lost sales*, biaya pengiriman, dan biaya pemesanan antar *buyer*. Berikut dibawah ini merupakan perhitungan dari total biaya *buyer* 1 untuk produk 1, dan pada Tabel 4. 11 merupakan kumpulan dari hasil total biaya untuk seluruh *buyer* pada setiap produk.

$$TC_{bp} = \sum HC_b + \sum LSC_b + \sum DC_{bv} + \sum OC_{bb}$$

$$TC_{11} = 3192000 + 600000 + 1157000 + 52000$$

$$TC_{11} = Rp5.001.000$$

Tabel 4. 11 Hasil Total Biaya Seluruh Pembeli pada Setiap Produk

GTC Buyer	Buyer 1	Buyer 2	Buyer 3	Buyer 4	Buyer 5
Produk 1	Rp5.001.000	Rp1.874.000	Rp2.403.000	Rp1.441.000	Rp1.442.000
Produk 2	Rp4.717.000	Rp4.719.000	Rp4.994.000	Rp4.129.000	Rp6.651.000
Produk 3	Rp3.707.000	Rp1.171.000	Rp1.996.000	Rp1.389.000	Rp5.732.000
Produk 4	Rp1.388.000	Rp1.931.000	Rp4.194.000	Rp2.261.000	Rp16.952.000
Produk 5	Rp2.915.000	Rp4.607.000	Rp2.250.000	Rp1.933.000	Rp8.634.000

4.2.2 Total Biaya Pemasok

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

Pada langkah ini dilakukan pemodelan yang nantinya dilakukan simulasi yang mencakup data jumlah produk yang perlu dikirim *vendor* menuju setiap *buyer*. Berikut merupakan model simulasi yang didapat dari jumlah pemesanan *buyer* 1 hingga *buyer* 5 untuk produk 1 dengan perhitungan lengkap dipaparkan pada bagian lampiran. Keputusan pada jumlah produksi didapatkan dari hasil optimasi dengan *solver evolutionary algorithm* pada *Ms. Excel*. Pada Tabel 4. 12 merupakan data *vendor* untuk produk 1, kemudian pada Tabel 4. 13 merupakan hasil dari model simulasi perhitungan untuk *vendor* pada produk 1.

Tabel 4. 12 Data Pemasok pada Produk 1

Persediaan Awal (unit)	Jumlah produksi (unit)
20	26

Tabel 4. 13 Hasil Model Simulasi Perhitungan Pemasok pada Produk 1

Periode (t)	Persediaan Awal (unit)	Keputusan Pengiriman	Kuantitas Pengiriman (unit)	Persediaan Akhir (unit)	Jumlah Lost Sales
1	20	1	73	0	34
2	0	0	0	19	0
3	19	0	0	0	54
4	0	1	74	0	55
5	0	0	0	19	0
6	19	0	0	0	10
7	0	1	35	0	16

Periode (<i>t</i>)	Persediaan Awal (unit)	Keputusan Pengiriman	Kuantitas Pengiriman (unit)	Persediaan Akhir (unit)	Jumlah <i>Lost Sales</i>
8	0	0	0	19	0
9	19	0	0	38	0
10	38	1	0	57	0
11	57	0	0	76	0
12	76	0	0	38	0
13	38	1	0	25	0
14	25	1	7	37	0
15	37	1	18	38	0
16	38	1	27	30	0
17	30	0	0	49	0
18	49	0	0	42	0
19	42	1	32	0	14
20	0	1	14	5	0
21	5	1	33	0	44
22	0	0	0	7	0
23	7	0	0	26	0
24	26	1	17	3	0
25	3	0	0	22	0
26	22	1	5	36	0
27	36	0	0	55	0
28	55	1	12	35	0
29	35	1	22	32	0
30	32	0	0	0	13

Langkah 2: Melakukan Optimasi Nilai PQ dan Keputusan Pengiriman

Pada tahapan ini dilakukan optimasi dengan menggunakan *solver evolutionary algorithm* pada *Ms. Excel* pada nilai PQ dan pada keputusan pengiriman dari *vendor* yang digambarkan dengan angka biner 0 untuk tidak melakukan pengiriman dan 1 untuk melakukan pengiriman, Nilai PQ merupakan *production quantity* yang harus diproduksi oleh *vendor* tersebut. Optimasi yang dilakukan menggunakan batasan-batasan seperti berikut yang dimasukkan dalam proses optimasi *evolutionary algorithm*:

- 1) PQ merupakan bilangan interger
- 2) PQ bernilai lebih besar sama dengan 0
- 3) PQ bernilai lebih kecil sama dengan 100
- 4) Keputusan pengiriman merupakan bilangan biner
- 5) Total pengiriman lebih kecil sama dengan frekuensi pengiriman

Berikut pada Tabel 4. 14 merupakan hasil dari optimasi nilai PQ untuk produk 1 pada *vendor*, dan pada Tabel 4. 15 merupakan hasil optimasi dari keputusan pengiriman produk 1 dari *vendor* menuju *buyer*, kemudian pada Tabel 4. 16 merupakan tabel hasil optimasi untuk keputusan pemesanan pada produk 1.

Tabel 4. 14 Hasil Optimasi PQ pada Pemasok untuk Produk 1

Jumlah Produksi <i>PQ</i> (unit)
26

Tabel 4. 15 Hasil Optimasi Nilai PQ untuk Setiap Pemasok pada Setiap Produk

Hasil Optimasi Nilai PQ <i>Vendor</i>		
Produk 1	PQ	26
Produk 2	PQ	12
Produk 3	PQ	19
Produk 4	PQ	31
Produk 5	PQ	42

Tabel 4. 16 Hasil Optimasi Keputusan Pengiriman untuk Produk 1

Periode (<i>t</i>)	Persediaan Awal (unit)	Keputusan Pengiriman	Kuantitas Pengiriman (unit)	Persediaan Akhir (unit)	Jumlah <i>Lost Sales</i>
1	20	1	73	0	34
2	0	0	0	19	0
3	19	0	0	0	54
4	0	1	74	0	55
5	0	0	0	19	0
6	19	0	0	0	10
7	0	1	35	0	16
8	0	0	0	19	0
9	19	0	0	38	0
10	38	1	0	57	0

Periode (<i>t</i>)	Persediaan Awal (unit)	Keputusan Pengiriman	Kuantitas Pengiriman (unit)	Persediaan Akhir (unit)	Jumlah <i>Lost Sales</i>
11	57	0	0	76	0
12	76	0	0	38	0
13	38	1	0	25	0
14	25	1	7	37	0
15	37	1	18	38	0
16	38	1	27	30	0
17	30	0	0	49	0
18	49	0	0	42	0
19	42	1	32	0	14
20	0	1	14	5	0
21	5	1	33	0	44
22	0	0	0	7	0
23	7	0	0	26	0
24	26	1	17	3	0
25	3	0	0	22	0
26	22	1	5	36	0
27	36	0	0	55	0
28	55	1	12	35	0
29	35	1	22	32	0
30	32	0	0	0	13

Langkah 3: Perhitungan Biaya Penyimpanan Pemasok

Pada tahap ini dilakukan perhitungan biaya penyimpanan *vendor* yang didapatkan dari unit produk yang disimpan dikalikan biaya simpan per unit untuk produk 1. Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan:

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

$$HC_v = 708 \times 3500$$

$$HC_v = \text{Rp}2.478.000$$

Langkah 4: Perhitungan Biaya *Lost Sales* Pemasok

Langkah ini melakukan perhitungan biaya *lost sales* pada pihak pemasok yang didapatkan dari unit yang tidak dapat dipenuhi oleh pemasok dikarenakan terjadinya kekurangan stok yang dikalikan dengan biaya kehilangan untuk setiap unit. Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan:

$$LSC_v = \sum_{p=1}^p \sum_{t=1}^t LS_{vtp} \times l_{vp}$$

$$LSC_v = 240 \times 5500$$

$$LSC_v = Rp1.320.000$$

Langkah 5: Menghitung Biaya *Setup*

Pada langkah ini dilakukan perhitungan biaya *setup* yang merupakan biaya yang harus dikeluarkan setiap melakukan produksi untuk memenuhi permintaan. Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan:

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

$$SC = 10 \times 5700$$

$$SC = Rp57.000$$

Langkah 6: Melakukan Perhitungan Total Biaya Pemasok

Pada langkah ini dilakukan perhitungan total biaya *vendor* (TC_v) dengan melakukan penjumlahan dari biaya-biaya yang membangun total biaya *vendor* seperti biaya penyimpanan, biaya *lost sales*, dan biaya *setup*. Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan, dan pada Tabel 4. 17 merupakan kumpulan dari hasil total biaya *vendor* untuk setiap produk.

$$TC_v = \sum HC_v + \sum SC_v + \sum LSC_v$$

$$TC_v = 2478000 + 57000 + 1320000$$

$$TC_v = Rp3.855.000$$

Tabel 4. 17 Hasil Total Biaya *Vendor* pada Setiap Produk

GTC <i>Vendor</i>	<i>Vendor</i>
Produk 1	Rp3.855.000
Produk 2	Rp4.483.500
Produk 3	Rp2.099.500
Produk 4	Rp6.080.500
Produk 5	Rp2.295.000

Langkah 7: Melakukan Perhitungan Total Biaya Gabungan

Pada tahapan total biaya gabungan (JTC) dengan melakukan penjumlahan biaya dari kedua pihak dengan biaya yang membangun total biaya dari kedua pihak tersebut. Berikut merupakan rumus dalam perhitungan total biaya gabungan, dan pada Tabel 4. 18 merupakan hasil dari total biaya gabungan pada setiap produk.

$$JTC = (\sum HC_b + \sum LSC_b + \sum DC_{bv} + \sum OC_{bb}) + (\sum HC_v + \sum SC_v + \sum LSC_v)$$

$$JTC = (3192000 + 600000 + 1157000 + 52000) + (2478000 + 57000 + 1320000)$$

$$JTC = Rp16.016.000, -$$

Tabel 4. 18 Hasil Total Biaya Gabungan pada Setiap Produk

JTC	
Produk 1	Rp16.016.000
Produk 2	Rp29.693.500
Produk 3	Rp16.064.500
Produk 4	Rp32.806.500
Produk 5	Rp22.634.000

Langkah 8 : Melakukan Optimasi P, R, PQ, dan PR

Pada tahap ini dilakukan perhitungan optimasi P, R, PQ dan PR dengan menggunakan *solver evolutionary algorithm* pada *Ms. Excel*. Optimasi dilakukan dengan mencari nilai paling optimal pada periode (P), nilai produk *up-to* R, nilai *production quantity* dan proporsi produk yang diproduksi oleh setiap pekerja. Optimasi yang dilakukan menggunakan batasan-batasan seperti berikut yang dimasukkan dalam proses optimasi *evolutionary algorithm*:

- 1) P, R, PQ, PR merupakan bilangan interger
- 2) P bernilai lebih besar sama dengan 0 dan lebih kecil sama dengan 5
- 3) R bernilai lebih besar sama dengan 10 dan lebih kecil sama dengan 100
- 4) PQ bernilai lebih besar sama dengan 1 dan lebih kecil sama dengan 100
- 5) Nilai PR bernilai lebih kecil sama dengan 15.

Berikut pada Tabel 4. 19 merupakan hasil dari optimasi nilai P dan R untuk produk 1 pada *vendor*, dan pada Tabel 4. 20 merupakan hasil optimasi dari nilai PQ pada *vendor*,

kemudian setelah mengetahui nilai PQ per hari dapat dilakukan perhitungan jumlah produksi untuk 5 hari kerja pada *vendor* yang didapatkan dari jumlah produksi pada 5 hari kerja dilakukan 5 hari kerja yang dapat dilihat pada Tabel 4. 21 untuk tabel hasil optimasi untuk nilai PR pada setiap produk oleh setiap pekerja.

Tabel 4. 19 Hasil Optimasi Nilai P dan R

Hasil Optimasi P dan R		<i>Buyer 1</i>	<i>Buyer 2</i>	<i>Buyer 3</i>	<i>Buyer 4</i>	<i>Buyer 5</i>
Produk 1	P	3	4	3	3	3
	R	74	62	61	52	53
Produk 2	P	3	2	4	2	4
	R	45	59	64	59	61
Produk 3	P	3	2	2	2	2
	R	40	50	67	63	43
Produk 4	P	1	3	3	2	2
	R	72	39	59	47	88
Produk 5	P	2	4	3	2	3
	R	56	62	64	69	43

Tabel 4. 20 Hasil Optimasi Nilai PQ

Hasil Optimasi Nilai PQ	<i>Vendor</i>
Produk 1	PQ 26
Produk 2	PQ 12
Produk 3	PQ 19
Produk 4	PQ 31
Produk 5	PQ 42

Tabel 4. 21 Hasil Optimasi Nilai PQ dalam 5 Hari Kerja

Hasil Optimasi Nilai PQ	<i>Vendor</i>
Produk 1	PQ 130
Produk 2	PQ 60
Produk 3	PQ 95
Produk 4	PQ 155
Produk 5	PQ 210

Tabel 4. 22 Proporsi Produk yang Dibuat oleh Setiap Pekerja

Proporsi Produk	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	Total
Produk 1	4	5	8	10	10	4	5	8	10	10	4	5	90
Produk 2	6	8	5	8	9	6	8	5	8	9	6	8	75
Produk 3	8	5	9	10	7	8	5	9	10	7	8	5	90
Produk 4	10	5	6	9	8	10	5	6	9	8	10	5	114
Produk 5	5	8	7	11	9	5	8	7	11	9	5	8	91

Langkah 9 : Melakukan Perhitungan Produk Riil

Langkah ini dilakukan perhitungan produk riil yang harus dibuat oleh setiap pekerja pada *vemdor* dengan menggunakan perhitungan contoh pada pekerja 1 dan produk 1 sebagai berikut,

$$PR_{1,1} = \left(\frac{Pr_{1,1}}{\sum Pr_1} \right) \times PQ_1 \times \text{Hari Kerja}$$

$$PR = \left(\frac{4}{90} \right) \times 26 \times 5$$

$$PR_{1,1} = 5 \text{ unit}$$

Langkah 10: Melakukan Perhitungan *Employee Workload*

Pada langkah ini dilakukan perhitungan *employee workload* dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut,

$$WL_1 = (W_{1,1} \times PR_{1,1}) + (W_{2,1} \times PR_{2,1}) + (W_{3,1} \times PR_{3,1}) + (W_{4,1} \times PR_{4,1}) + (W_{5,1} \times PR_{5,1})/60$$

$$WL_1 = (140,7 \times 5) + (142,18 \times 4) + (120,15 \times 8) + (135,55 \times 13) + (109,11 \times 23)/60$$

$$WL_1 = 112,62 \text{ menit}$$

Berikut pada Tabel 4. 23 merupakan hasil perhitungan *employee workload* pada setiap pekerja.

Tabel 4. 23 *Employee Workload*

<i>Employee Workload</i>	
E1	112,6196799
E2	110,0336886

<i>Employee Workload</i>	
E3	118,4744549
E4	120,7041165
E5	120,1158062
E6	120,7759832
E7	112,9194357
E8	119,4659747
E9	113,2540172
E10	113,0622329
E11	117,9109937
E12	116,6732503

Langkah 11: Menghitung Selisih *Workload*

Melakukan perhitungan selisih *workload* pada pekerja dengan menentukan *workload* pekerja terbesar dan terkecil dan melakukan pengurangan pada *workload* pekerja terbesar dikurangi yang terkecil.

$$\text{Selisih WL} = \text{MAX WL} - \text{MIN WL}$$

$$\text{Selisih WL} = 120,776 - 110,034$$

$$\text{Selisih WL} = 10,7423$$

Langkah 12: Menghitung JTC

Menghitung nilai JTC untuk semua produk yang nilai JTC tersebut sudah terintegrasi dengan nilai selisih *employee workload*. Berikut merupakan rumus yang digunakan,

$$JTC \text{ Keseluruhan} = \left(\sum_{p=1}^p JTC_p \right) + (1 + \text{SelisihWL})$$

$$JTC \text{ Keseluruhan} = (JTC_1 + JTC_2 + JTC_3 + JTC_4 + JTC_5) \times (1 + (\text{MAX WL} - \text{MIN WL}))$$

$$JTC \text{ Keseluruhan}$$

$$= (16016000 + 29693500 + 16064500 + 32806500 + 22634000) \times (1 + 10,7423)$$

$$JTC \text{ Keseluruhan} = \text{Rp}1.376.367.193$$

Langkah 13: Menghitung Nilai Normalisasi JTC

Melakukan perhitungan nilai normalisasi JTC dengan menambahkan pertimbangan dampak waktu dengan menggunakan rumusd dan didapatkan perhitungan seperti berikut,

$$JTC \text{ Normal} = \frac{JTC \text{ Keseluruhan}}{(1 + \text{Selisih WL})}$$

$$JTC \text{ Normal} = \frac{1376367193}{(1 + 10,7423)}$$

$$JTC \text{ Normal} = \text{Rp}128.125.995,-$$

4.2.3 Rangkuman Perhitungan Pengolahan Data

4.2.3.1 Produk Batik 1

1. Hasil Perhitungan Biaya Pembeli

Hasil dari perhitungan biaya *buyer* pada produk batik 1 menggunakan *solver evolutionary* tertera pada Tabel 4. 24 hingga Tabel 4. 29.

Tabel 4. 24 Hasil Optimasi Semua Pembeli pada Produk Batik 1

Pembeli	Jumlah Pemesanan up to R (unit)	Periode (hari)
<i>Buyer 1</i>	74	3
<i>Buyer 2</i>	62	4
<i>Buyer 3</i>	61	3
<i>Buyer 4</i>	52	3
<i>Buyer 5</i>	53	3

Tabel 4. 25 Hasil Total Biaya Penyimpanan Semua Pembeli pada Produk Batik 1

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp/unit)	Total Biaya Penyimpanan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	1596	2.000	3.192.000
<i>Buyer 2</i>	409	2.000	818.000
<i>Buyer 3</i>	578	2.000	1.156.000
<i>Buyer 4</i>	571	2.000	1.142.000
<i>Buyer 5</i>	71	2.000	142.000

Tabel 4. 26 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Semua Pembeli pada Produk Batik 1

Pembeli	Total <i>Lost Sales</i> (unit)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)
<i>Buyer 1</i>	30	20.000	600.000
<i>Buyer 2</i>	32	25.000	800.000
<i>Buyer 3</i>	33	25.000	825.000
<i>Buyer 4</i>	1	35.000	35.000

Pembeli	Total <i>Lost Sales</i> (unit)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)
<i>Buyer 5</i>	52	25.000	1.300.000

Tabel 4. 27 Hasil Total Biaya Pengiriman Semua Pembeli pada Produk Batik 1

Pembeli	Total Produk Dikirimkan (unit)	Biaya Pengiriman (Rp/4 unit)	Total Biaya Pengiriman (Rp)
<i>Buyer 1</i>	335	13.000	1.157.000
<i>Buyer 2</i>	109	8.000	224.000
<i>Buyer 3</i>	149	10.000	390.000
<i>Buyer 4</i>	112	8.000	232.000
<i>Buyer 5</i>	-	13.000	-

Tabel 4. 28 Total Biaya Pemesanan Antar Pembeli pada Produk Batik 1

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1 to 5</i>	4	13.000	52.000
<i>Buyer 2 to 1</i>	6	8.000	32.000
<i>Buyer 3 to 1</i>	15	8.000	32.000
<i>Buyer 4 to 2</i>	14	8.000	32.000

Tabel 4. 29 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pembeli pada Produk Batik 1

Pembeli	Jumlah Pemesanan up to <i>R</i> (unit)	Periode	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)	Biaya Pengiriman dari Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	74	3	3.192.000	600.000	1.157.000	52.000	5.001.000
<i>Buyer 2</i>	62	4	818.000	800.000	224.000	32.000	1.874.000
<i>Buyer 3</i>	61	3	1.156.000	825.000	390.000	32.000	2.403.000
<i>Buyer 4</i>	52	3	1.142.000	35.000	232.000	32.000	1.441.000
<i>Buyer 5</i>	53	3	142.000	1.300.000	-	-	1.442.000

2. Hasil Perhitungan Biaya Pemasok

Hasil dari perhitungan biaya *vendor* pada produk batik 1 menggunakan *solver evolutionary* dipaparkan pada Tabel 4. 30 hingga Tabel 4. 33.

Tabel 4. 30 Total Biaya Penyimpanan Pemasok pada Produk Batik 1

Total Penyimpanan Akhir (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp/unit)	Total Biaya Penyimpanan Pemasok (Rp)
708	3.500	2.478.000

Tabel 4. 31 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)
240	5.500	1.320.000

Tabel 4. 32 Total Biaya *Setup* Pemasok pada Produk Batik 1

Total Jumlah <i>Setup</i>	Biaya <i>Setup</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok (Rp)
10	5.700	57.000

Tabel 4. 33 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 1

<i>PQ</i> (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
26	2.478.000	1.320.000	57.000	3.855.000

4.2.3.2 Produk Batik 2

1. Hasil Perhitungan Biaya Pembeli

Hasil dari perhitungan biaya *buyer* pada produk batik 2 menggunakan *solver evolutionary* tertera pada Tabel 4. 34 hingga Tabel 4. 39.

Tabel 4. 34 Hasil Optimasi Semua Pembeli pada Produk Batik 2

Pembeli	Jumlah Pemesanan <i>up to R</i> (unit)	Periode (hari)
<i>Buyer 1</i>	45	3
<i>Buyer 2</i>	59	2
<i>Buyer 3</i>	64	4
<i>Buyer 4</i>	59	2
<i>Buyer 5</i>	61	4

Tabel 4. 35 Hasil Total Biaya Penyimpanan Semua Pembeli pada Produk Batik 2

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp/unit)	Total Biaya Penyimpanan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	533	2.000	1.066.000

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp/unit)	Total Biaya Penyimpanan (Rp)
<i>Buyer 2</i>	829	2.000	1.658.000
<i>Buyer 3</i>	411	2.000	822.000
<i>Buyer 4</i>	587	2.000	1.174.000
<i>Buyer 5</i>	13	2.000	26.000

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

Pembeli	Total <i>Lost Sales</i> (unit)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)
<i>Buyer 1</i>	106	25.000	2.650.000
<i>Buyer 2</i>	93	25.000	2.325.000
<i>Buyer 3</i>	114	30.000	3.420.000
<i>Buyer 4</i>	91	25.000	2.275.000
<i>Buyer 5</i>	265	25.000	6.625.000

Tabel 4. 37 Hasil Total Biaya Pengiriman Semua Pembeli pada Produk Batik 2

Pembeli	Total Produk Dikirimkan (unit)	Biaya Pengiriman (Rp/4 unit)	Total Biaya Pengiriman (Rp)
<i>Buyer 1</i>	278	13.000	949.000
<i>Buyer 2</i>	340	8.000	704.000
<i>Buyer 3</i>	272	10.000	720.000
<i>Buyer 4</i>	318	8.000	648.000
<i>Buyer 5</i>	-	13.000	-

Tabel 4. 38 Total Biaya Pemesanan Antar Pembeli pada Produk Batik 2

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1 to 5</i>	4	13.000	52.000
<i>Buyer 2 to 1</i>	10	8.000	32.000
<i>Buyer 3 to 1</i>	8	8.000	32.000
<i>Buyer 4 to 2</i>	4	8.000	32.000

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

Pembeli	Jumlah Pemesanan up to R (unit)	Periode	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)	Biaya Pengiriman dari Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	45	3	1.066.000	2.650.000	949.000	52.000	4.717.000

Pembeli	Jumlah Pemesanan <i>up to R</i> (unit)	Periode	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)	Biaya Pengiriman dari Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 2</i>	59	2	1.658.000	2.325.000	704.000	32.000	4.719.000
<i>Buyer 3</i>	64	4	822.000	3.420.000	720.000	32.000	4.994.000
<i>Buyer 4</i>	59	2	1.174.000	2.275.000	648.000	32.000	4.129.000
<i>Buyer 5</i>	61	4	26.000	6.625.000	-	-	6.651.000

2. Hasil Perhitungan Biaya Pemasok

Hasil dari perhitungan biaya *vendor* pada produk batik 2 menggunakan *solver evolutionary* dipaparkan pada Tabel 4. 40 hingga Tabel 4. 43.

Tabel 4. 40 Total Biaya Penyimpanan Pemasok pada Produk Batik 2

Total Penyimpanan Akhir (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp/unit)	Total Biaya Penyimpanan Pemasok (Rp)
572	3.500	2.002.000

Tabel 4. 41 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)
373	6.500	2.424.500

Tabel 4. 42 Total Biaya *Setup* Pemasok pada Produk Batik 2

Total Jumlah <i>Setup</i>	Biaya <i>Setup</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok (Rp)
10	5.700	57.000

Tabel 4. 43 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 2

<i>PQ</i> (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
35	2.002.000	2.424.500	57.000	4.483.500

4.2.3.3 Produk Batik 3

1. Hasil Perhitungan Biaya Pembeli

Hasil dari perhitungan biaya *buyer* pada produk batik 3 menggunakan *solver evolutionary* tertera pada Tabel 4. 44 hingga Tabel 4. 49.

Tabel 4. 44 Hasil Optimasi Semua Pembeli pada Produk Batik 3

Pembeli	Jumlah Pemesanan up to R (unit)	Periode (hari)
<i>Buyer 1</i>	40	3
<i>Buyer 2</i>	50	2
<i>Buyer 3</i>	67	2
<i>Buyer 4</i>	63	2
<i>Buyer 5</i>	43	2

Tabel 4. 45 Hasil Total Biaya Penyimpanan Semua Pembeli pada Produk Batik 3

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp/unit)	Total Biaya Penyimpanan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	189	2.000	378.000
<i>Buyer 2</i>	449	2.000	898.000
<i>Buyer 3</i>	227	2.000	454.000
<i>Buyer 4</i>	534	2.000	1.068.000
<i>Buyer 5</i>	16	2.000	32.000

Tabel 4. 46 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Semua Pembeli pada Produk Batik 3

Pembeli	Total Lost Sales (unit)	Biaya Lost Sales (Rp/unit)	Total Biaya Lost Sales (Rp)
<i>Buyer 1</i>	116	20.000	2.900.000
<i>Buyer 2</i>	1	25.000	25.000
<i>Buyer 3</i>	46	25.000	1.150.000
<i>Buyer 4</i>	1	25.000	25.000
<i>Buyer 5</i>	228	25.000	5.700.000

Tabel 4. 47 Hasil Total Biaya Pengiriman Semua Pembeli pada Produk Batik 3

Pembeli	Total Produk Dikirimkan (unit)	Biaya Pengiriman (Rp/4 unit)	Total Biaya Pengiriman (Rp)
<i>Buyer 1</i>	104	13.000	377.000
<i>Buyer 2</i>	99	8.000	216.000
<i>Buyer 3</i>	123	10.000	330.000
<i>Buyer 4</i>	117	8.000	264.000
<i>Buyer 5</i>	-	13.000	-

Tabel 4. 48 Total Biaya Pemesanan Antar Pembeli pada Produk Batik 3

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1 to 5</i>	4	13.000	52.000
<i>Buyer 2 to 1</i>	14	8.000	32.000
<i>Buyer 3 to 1</i>	12	8.000	32.000
<i>Buyer 4 to 2</i>	11	8.000	32.000

Tabel 4. 49 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pembeli pada Produk Batik 3

Pembeli	Jumlah Pemesanan up to R (unit)	Periode	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya Lost Sales (Rp)	Biaya Pengiriman dari Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	40	3	378.000	2.900.000	377.000	52.000	3.707.000
<i>Buyer 2</i>	50	2	898.000	25.000	216.000	32.000	1.171.000
<i>Buyer 3</i>	67	2	454.000	1.150.000	330.000	32.000	1.996.000
<i>Buyer 4</i>	63	2	1.068.000	25.000	264.000	32.000	1.389.000
<i>Buyer 5</i>	43	2	32.000	5.700.000	-	-	5.732.000

2. Hasil Perhitungan Biaya Pemasok

Hasil dari perhitungan biaya *vendor* pada produk batik 3 menggunakan *solver evolutionary* dipaparkan pada Tabel 4. 50 hingga Tabel 4. 53.

Tabel 4. 50 Total Biaya Penyimpanan Pemasok pada Produk Batik 3

Total Penyimpanan Akhir (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp/unit)	Total Biaya Penyimpanan Pemasok (Rp)
531	3.500	1.858.500

Tabel 4. 51 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)
46	4.000	184.000

Tabel 4. 52 Total Biaya *Setup* Pemasok pada Produk Batik 3

Total Jumlah <i>Setup</i>	Biaya <i>Setup</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok (Rp)
10	5.700	57.000

Tabel 4. 53 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 3

<i>PQ</i> (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
18	1.858.500	184.000	57.000	2.099.500

4.2.3.4 Produk Batik 4

1. Hasil Perhitungan Biaya Pembeli

Hasil dari perhitungan biaya *buyer* pada produk batik 4 menggunakan *solver evolutionary* tertera pada Tabel 4. 54 hingga Tabel 4. 59.

Tabel 4. 54 Hasil Optimasi Semua Pembeli pada Produk Batik 4

Pembeli	Jumlah Pemesanan <i>up to R</i> (unit)	Periode (hari)
<i>Buyer 1</i>	72	1
<i>Buyer 2</i>	39	3
<i>Buyer 3</i>	59	3
<i>Buyer 4</i>	47	2
<i>Buyer 5</i>	88	2

Tabel 4. 55 Hasil Total Biaya Penyimpanan Semua Pembeli pada Produk Batik 4

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp/unit)	Total Biaya Penyimpanan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	363	2.000	726.000
<i>Buyer 2</i>	378	2.000	756.000
<i>Buyer 3</i>	311	2.000	622.000
<i>Buyer 4</i>	577	2.000	1.154.000
<i>Buyer 5</i>	6	2.000	12.000

Tabel 4. 56 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Semua Pembeli pada Produk Batik 4

Pembeli	Total <i>Lost Sales</i> (unit)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)
<i>Buyer 1</i>	11	20.000	220.000
<i>Buyer 2</i>	31	25.000	775.000
<i>Buyer 3</i>	99	30.000	2.970.000
<i>Buyer 4</i>	27	25.000	675.000
<i>Buyer 5</i>	484	25.000	16.940.000

Tabel 4. 57 Hasil Total Biaya Pengiriman Semua Pembeli pada Produk Batik 4

Pembeli	Total Produk Dikirimkan (unit)	Biaya Pengiriman (Rp/4 unit)	Total Biaya Pengiriman (Rp)
<i>Buyer 1</i>	110	13.000	390.000
<i>Buyer 2</i>	171	8.000	368.000
<i>Buyer 3</i>	207	10.000	570.000
<i>Buyer 4</i>	8	8.000	400.000
<i>Buyer 5</i>	-	13.000	-

Tabel 4. 58 Total Biaya Pemesanan Antar Pembeli pada Produk Batik 4

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1 to 5</i>	6	13.000	52.000
<i>Buyer 2 to 1</i>	6	8.000	32.000
<i>Buyer 3 to 1</i>	8	8.000	32.000
<i>Buyer 4 to 2</i>	8	8.000	32.000

Tabel 4. 59 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pembeli pada Produk Batik 4

Pembeli	Jumlah Pemesanan up to R (unit)	Periode	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)	Biaya Pengiriman dari Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	72	1	726.000	220.000	390.000	52.000	1.388.000
<i>Buyer 2</i>	39	3	756.000	775.000	368.000	32.000	1.931.000
<i>Buyer 3</i>	59	3	622.000	2.970.000	570.000	32.000	4.194.000
<i>Buyer 4</i>	47	2	1.154.000	675.000	400.000	32.000	2.261.000
<i>Buyer 5</i>	88	2	12.000	16.940.000	-	-	16.952.000

2. Hasil Perhitungan Biaya Pemasok

Hasil dari perhitungan biaya *vendor* pada produk batik 4 menggunakan *solver evolutionary* dipaparkan pada Tabel 4. 60 hingga Tabel 4. 63.

Tabel 4. 60 Total Biaya Penyimpanan Pemasok pada Produk Batik 4

Total Penyimpanan Akhir (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp/unit)	Total Biaya Penyimpanan Pemasok (Rp)
1601	3.500	5.603.500

Tabel 4. 61 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)
60	7.000	420.000

Tabel 4. 62 Total Biaya *Setup* Pemasok pada Produk Batik 4

Total Jumlah <i>Setup</i>	Biaya <i>Setup</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok (Rp)
10	5.700	57.000

Tabel 4. 63 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 4

<i>PQ</i> (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
26	5.603.500	420.000	57.000	6.080.500

4.2.3.5 Produk Batik 5

1. Hasil Perhitungan Biaya Pembeli

Hasil dari perhitungan biaya *buyer* pada produk batik 5 menggunakan *solver evolutionary* tertera pada Tabel 4. 64 hingga Tabel 4. 69.

Tabel 4. 64 Hasil Optimasi Semua Pembeli pada Produk Batik 5

Pembeli	Jumlah Pemesanan up to <i>R</i> (unit)	Periode (hari)
<i>Buyer 1</i>	56	2
<i>Buyer 2</i>	62	4
<i>Buyer 3</i>	64	3
<i>Buyer 4</i>	69	2
<i>Buyer 5</i>	43	3

Tabel 4. 65 Hasil Total Biaya Penyimpanan Semua Pembeli pada Produk Batik 5

Pembeli	Total Persediaan Akhir (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp/unit)	Total Biaya Penyimpanan (Rp)
<i>Buyer 1</i>	343	2.000	686.000
<i>Buyer 2</i>	536	2.000	1.072.000
<i>Buyer 3</i>	405	2.000	818.000
<i>Buyer 4</i>	605	2.000	1.210.000
<i>Buyer 5</i>	12	2.000	24.000

Tabel 4. 66 Hasil Total Biaya *Lost Sales* Semua Pembeli pada Produk Batik 5

Pembeli	Total <i>Lost Sales</i> (unit)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)
<i>Buyer 1</i>	59	20.000	1.475.000
<i>Buyer 2</i>	111	25.000	2.775.000
<i>Buyer 3</i>	36	25.000	900.000
<i>Buyer 4</i>	11	25.000	275.000
<i>Buyer 5</i>	287	25.000	8.610.000

Tabel 4. 67 Hasil Total Biaya Pengiriman Semua Pembeli pada Produk Batik 5

Pembeli	Total Produk Dikirimkan (unit)	Biaya Pengiriman (Rp/4 unit)	Total Biaya Pengiriman (Rp)
<i>Buyer 1</i>	208	13.000	702.000
<i>Buyer 2</i>	348	8.000	728.000
<i>Buyer 3</i>	187	10.000	900.000
<i>Buyer 4</i>	193	8.000	416.000
<i>Buyer 5</i>	-	13.000	-

Tabel 4. 68 Total Biaya Pemesanan Antar Pembeli pada Produk Batik 5

Pembeli	Total Pemesanan (unit)	Biaya Pemesanan (Rp/unit)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
<i>Buyer 1 to 5</i>	9	13.000	52.000
<i>Buyer 2 to 1</i>	6	8.000	32.000
<i>Buyer 3 to 1</i>	6	8.000	48.000
<i>Buyer 4 to 2</i>	27	8.000	32.000

Tabel 4. 69 Hasil Total Biaya Keseluruhan Pembeli pada Produk Batik 5

Pembeli	Jumlah Pemesanan <i>up to R</i> (unit)	Periode	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> (Rp)	Biaya Pengiriman dari Pemasok (Rp)	Biaya Pemesanan antar Pembeli (Rp)	Total Biaya Pembeli (Rp)
<i>Buyer 1</i>	56	2	686.000	1.475.000	702.000	52.000	2.915.000
<i>Buyer 2</i>	62	4	1.072.000	2.775.000	728.000	32.000	4.607.000
<i>Buyer 3</i>	64	3	818.000	900.000	900.000	48.000	2.250.000
<i>Buyer 4</i>	69	2	1.210.000	275.000	416.000	32.000	1.933.000
<i>Buyer 5</i>	43	3	24.000	8.610.000	-	-	8.634.000

b. Hasil Perhitungan Biaya Pemasok

Hasil dari perhitungan biaya *vendor* pada produk batik 5 menggunakan *solver evolutionary* dipaparkan pada Tabel 4. 70 hingga Tabel 4. 73.

Tabel 4. 70 Total Biaya Penyimpanan Pemasok pada Produk Batik 5

Total Penyimpanan Akhir (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp/unit)	Total Biaya Penyimpanan Pemasok (Rp)
193	3.500	1.414.000

Tabel 4. 71 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)
206	4.000	824.000

Tabel 4. 72 Total Biaya *Setup* Pemasok pada Produk Batik 5

Total Jumlah <i>Setup</i>	Biaya <i>Setup</i> (Rp/unit)	Total Biaya <i>Setup</i> Pemasok (Rp)
10	5.700	57.000

Tabel 4. 73 Total Biaya Keseluruhan Pemasok pada Produk Batik 5

<i>PQ</i> (unit)	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya <i>Lost Sales</i> Pemasok (Rp)	Biaya <i>Setup</i> Produksi (Rp)	Total Biaya Pemasok (Rp)
27	1.414.000	824.000	57.000	2.295.000

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hasil Optimasi

Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan, bab ini menyajikan analisis terhadap model yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya. Model yang dibangun merupakan variabel keputusan hasil optimasi antara pembeli dan pemasok dengan tujuan meminimalkan total biaya, sekaligus diintegrasikan dengan aspek waktu kerja untuk menyeimbangkan beban pekerja dan menghasilkan biaya yang optimal.

Tabel 5. 1 Hasil Optimasi Nilai P dan R

Hasil Optimasi P dan R	Buyer 1	Buyer 2	Buyer 3	Buyer 4	Buyer 5
Produk 1	P	3	4	3	3
	R	74	62	61	52
Produk 2	P	3	2	4	2
	R	45	59	64	59
Produk 3	P	3	2	2	2
	R	40	50	67	63
Produk 4	P	1	3	3	2
	R	72	39	59	47
Produk 5	P	2	4	3	2
	R	56	62	64	69

Berdasarkan Tabel 5. 1, didapatkan Nilai P (*periodic review system*) dan R (*maximum inventory level*) yang diperoleh melalui optimasi dengan *solver evolutionary* menjadi dasar pengendalian persediaan yang efisien. Pada produk Batik 1, diperoleh hasil bahwa *buyer 1* memiliki nilai P sebesar 3 hari dan nilai R sebesar 74 unit. *Buyer 2* memiliki nilai P sebesar 4 hari dengan nilai R sebesar 62 unit. *Buyer 3* memiliki nilai P sebesar 3 hari dan nilai R sebesar 61 unit. *Buyer 4* memiliki nilai P sebesar 3 hari dengan nilai R sebesar 52 unit. Sementara itu, *buyer 5* memiliki nilai P sebesar 3 hari dan nilai R sebesar 53 unit. Untuk produk Batik 2, *buyer 1* memperoleh nilai P sebesar 3 hari dengan nilai R sebesar 45 unit. *Buyer 2* memiliki nilai P sebesar 2 hari dan nilai R sebesar 59 unit. *Buyer 3* memiliki nilai P sebesar 4 hari dengan nilai R sebesar 64 unit. *Buyer 4* memiliki nilai P sebesar 2 hari dan nilai R sebesar 59 unit. *Buyer 5* memiliki nilai P sebesar 4 hari dengan nilai R sebesar 61 unit. Pada produk Batik 3, hasil optimasi menunjukkan bahwa *buyer 1*

memiliki nilai P sebesar 3 hari dan nilai R sebesar 40 unit. *Buyer 2* memiliki nilai P sebesar 2 hari dengan nilai R sebesar 50 unit. *Buyer 3* memiliki nilai P sebesar 2 hari dan nilai R sebesar 67 unit. *Buyer 4* memiliki nilai P sebesar 2 hari dengan nilai R sebesar 63 unit. *Buyer 5* memiliki nilai P sebesar 2 hari dan nilai R sebesar 43 unit. Selanjutnya, pada produk Batik 4, *buyer 1* memperoleh nilai P sebesar 1 hari dengan nilai R sebesar 72 unit. *Buyer 2* memiliki nilai P sebesar 3 hari dan nilai R sebesar 39 unit. *Buyer 3* memiliki nilai P sebesar 3 hari dengan nilai R sebesar 59 unit. *Buyer 4* memiliki nilai P sebesar 2 hari dan nilai R sebesar 47 unit. *Buyer 5* memiliki nilai P sebesar 2 hari dengan nilai R sebesar 88 unit. Terakhir, pada produk Batik 5, hasil optimasi menunjukkan bahwa *buyer 1* memiliki nilai P sebesar 2 hari dengan nilai R sebesar 56 unit. *Buyer 2* memiliki nilai P sebesar 4 hari dan nilai R sebesar 62 unit. *Buyer 3* memiliki nilai P sebesar 3 hari dengan nilai R sebesar 64 unit. *Buyer 4* memiliki nilai P sebesar 2 hari dengan nilai R sebesar 69 unit. *Buyer 5* memiliki nilai P sebesar 3 hari dengan nilai R sebesar 43 unit.

5.2 Analisis Perbandingan Produk

Perhitungan produk riil didapatkan dari perhitungan waktu pekerja dengan proporsi produk setiap pekerja yang dilakukan pada Bab 4. Berikut merupakan hasil perhitungan produk riil untuk seluruh produk dan pekerja:

Tabel 5. 2 Proporsi Produk

Proporsi Produk	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	Total
Produk 1	4	5	8	10	10	4	5	8	10	10	4	5	90
Produk 2	6	8	5	8	9	6	8	5	8	9	6	8	75
Produk 3	8	5	9	10	7	8	5	9	10	7	8	5	90
Produk 4	10	5	6	9	8	10	5	6	9	8	10	5	114
Produk 5	5	8	7	11	9	5	8	7	11	9	5	8	91

Berdasarkan Tabel 5. 2, data menunjukkan bahwa jumlah produk riil yang dihasilkan oleh masing-masing employee (E1–E12) pada lima jenis produk memiliki variasi yang cukup signifikan. Secara keseluruhan, Produk 4 merupakan jenis produk dengan total produksi tertinggi yaitu sebesar 114 unit, diikuti oleh Produk 5 dengan total 91 unit, serta Produk 1 dan Produk 3 yang masing-masing berjumlah 90 unit. Adapun Produk 2 memiliki total produksi terendah sebesar 75 unit. Perbedaan capaian produksi ini

mengindikasikan adanya variasi tingkat prioritas maupun kompleksitas pengerjaan antar produk.

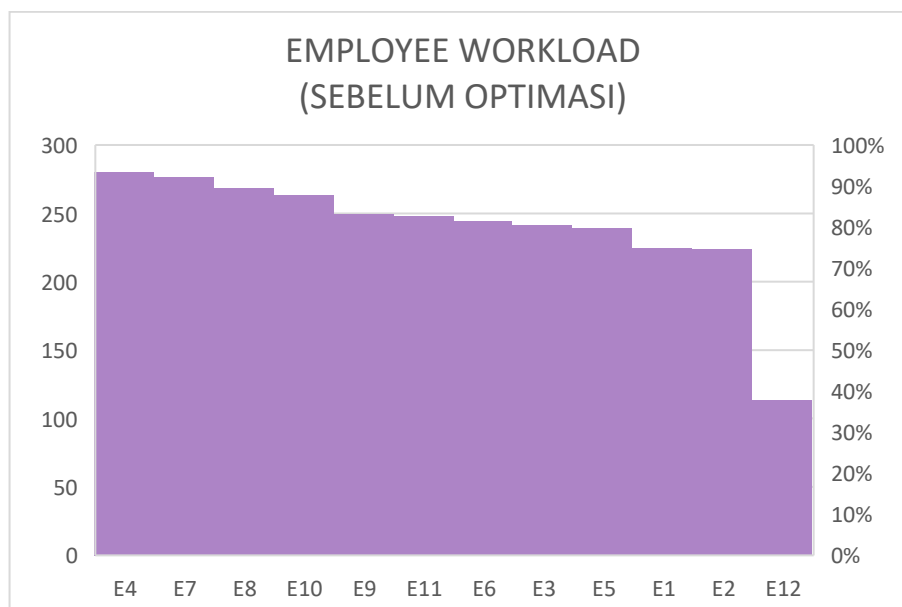
Apabila ditinjau dari kontribusi individu, terlihat bahwa beberapa *employee* seperti E4, E9, dan E10 menunjukkan capaian produksi yang relatif tinggi pada hampir seluruh jenis produk, sedangkan E7 dan E11 cenderung memiliki *output* produksi lebih rendah dibandingkan *employee* lainnya. Kondisi ini merefleksikan adanya ketidakseimbangan beban kerja antar *employee*, di mana sebagian tenaga kerja mengerjakan volume produksi yang lebih besar, sementara sebagian lainnya berkontribusi lebih sedikit.

5.3 Analisis Optimasi Beban Kerja

Hasil perhitungan beban kerja diperoleh dari proses optimasi yang dilakukan menggunakan solver evolutionary pada variabel keputusan, yaitu periode pemesanan (P) serta *order up to* (R). Adapun hasil perhitungan beban kerja karyawan ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 5. 3 Beban Kerja Operator Sebelum Optimasi

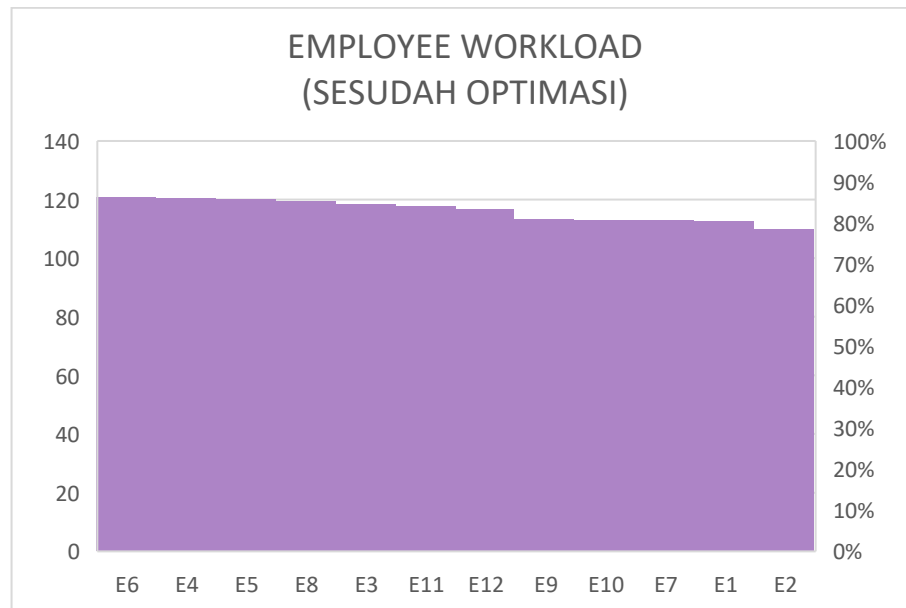
<i>Employee Workload</i>	
E1	224,6598594
E2	223,9257505
E3	241,5829585
E4	280,4093268
E5	239,4078425
E6	244,0391221
E7	276,5937019
E8	268,2766227
E9	249,1657979
E10	263,5390536
E11	247,9584397
E12	113,1396558



Gambar 5. 1 Grafik Beban Kerja Opertor Sebelum Optimasi

Tabel 5. 4 Beban Kerja Operator Setelah Optimasi
Employee Workload

E1	112,6196799
E2	110,0336886
E3	118,4744549
E4	120,7041165
E5	120,1158062
E6	120,7759832
E7	112,9194357
E8	119,4659747
E9	113,2540172
E10	113,0622329
E11	117,9109937
E12	116,6732503



Gambar 5. 2 Grafik Beban Kerja Operator Setelah Optimasi

Berdasarkan Gambar 5. 1 dan data pada Tabel 5. 3, diketahui sebelum dilakukan optimasi, distribusi *workload* menunjukkan ketimpangan yang cukup besar. Nilai beban kerja tertinggi tercatat sebesar 280,41 menit (dimiliki oleh operator E4), sedangkan beban kerja terendah adalah 113,14 menit (dimiliki oleh operator E12), menghasilkan selisih sebesar 167,27 menit. Angka ini menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan, di mana sebagian operator mengalami kelebihan beban kerja (*overload*), sementara sebagian lainnya justru kurang termanfaatkan (*underload*). Kondisi ini berpotensi menimbulkan ketidakadilan dalam alokasi tugas, menurunkan produktivitas, serta meningkatkan risiko kelelahan pada operator yang terbebani. Sedangkan pada Gambar 5. 2 dan data pada Tabel 5. 4 diketahui setelah dilakukan optimasi, distribusi beban kerja menjadi jauh lebih seimbang. Nilai beban kerja tertinggi tercatat sebesar 120,78 menit (operator E6), sedangkan nilai terendah adalah 110,03 menit (operator E2), dengan selisih hanya 10,74 menit. Perbedaan ini jauh lebih kecil dibandingkan kondisi awal, menandakan bahwa beban kerja telah berhasil dialokasikan secara lebih proporsional. Selain itu, penyebaran nilai beban kerja antarkaryawan menjadi lebih terkonsentrasi di sekitar rata-rata, yang berarti distribusi kerja lebih merata. Hal ini mengindikasikan bahwa optimasi yang dilakukan mampu mengurangi ketimpangan, menurunkan risiko kelebihan beban, serta meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

5.4 Analisis Hasil Optimasi Total Biaya Gabungan

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, diperoleh total biaya gabungan (*Joint Total Cost/JTC*) setelah dilakukan optimasi sebesar Rp1.376.367.193. Nilai ini merupakan

hasil penjumlahan biaya dari lima jenis produk (JTC₁ hingga JTC₅), yaitu Rp16.016.000; Rp29.693.500; Rp16.064.500; Rp32.806.500; dan Rp22.634.000, yang kemudian dikalikan dengan faktor koreksi berupa $(1 + \text{selisih } workload)$, di mana selisih *workload* tercatat sebesar 10,74. Nilai tersebut masih belum menggambarkan biaya riil karena masih terintegrasi dengan selisih *workload*. Semua hal ini secara tidak langsung akan berdampak pada meningkatnya biaya operasional secara keseluruhan. Oleh karena itu, perhitungan JTC yang terintegrasi dengan selisih *workload* menjadi sangat penting untuk memberikan gambaran biaya yang lebih realistis dalam kondisi sistem kerja aktual. Selanjutnya, dilakukan perhitungan normalisasi JTC untuk mengetahui estimasi biaya kerja dalam kondisi ideal. Normalisasi ini dilakukan dengan membagi JTC Keseluruhan sebesar Rp1.376.367.193 dengan $(1 + \text{selisih WL})$ atau 10,74. Hasil perhitungan ini menghasilkan nilai JTC Normal sebesar Rp128.125.995, yang mencerminkan estimasi biaya produksi yang seharusnya dikeluarkan apabila seluruh karyawan memiliki beban kerja yang setara.

Sementara itu, JTC Normal sebelum dilakukan optimasi tercatat jauh lebih tinggi, yakni sebesar Rp264.986.326. Nilai ini juga diperoleh dari penjumlahan lima jenis produk (JTC₁ hingga JTC₅), dengan faktor koreksi yang lebih besar, yaitu selisih *workload* sebesar 167,27. Perbedaan nilai selisih *workload* yang signifikan antara sebelum dan sesudah optimasi mengindikasikan adanya ketidakseimbangan distribusi beban kerja yang sangat tinggi pada kondisi awal. Ketidakseimbangan tersebut menyebabkan lonjakan biaya total yang besar, sehingga proses optimasi menjadi krusial dalam menekan biaya. Perbandingan JTC dari sebelum dan sesudah optimasi tertera pada Tabel 5. 5.

Tabel 5. 5 Perbandingan JTC	
Joint Total Cost	
Sebelum Optimasi	Rp 264.986.326
Sesudah Optimasi	Rp 128.125.995

Berdasarkan Tabel 5. 5, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan total biaya gabungan sebesar Rp 136.860.331, atau setara dengan efisiensi sekitar 51,67%. Efisiensi ini terjadi karena adanya perubahan pendekatan manajemen rantai pasok, dari sistem konvensional yang bersifat *decentralized* menuju model *Vendor Managed Inventory* (VMI) yang bersifat *centralized*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Adirektawon et al. (2024), diketahui pada sektor kesehatan menunjukkan bahwa penerapan model VMI pada rumah sakit di Thailand dapat menurunkan rata-rata level persediaan antara 36% hingga

70%, serta menurunkan biaya manajemen persediaan sebesar 40% hingga 69% dibandingkan dengan sistem tradisional. Tidak hanya di sektor kesehatan, penerapan VMI juga terbukti efektif pada rantai pasok bahan peledak di industri pertambangan batubara dengan capaian penurunan total cost hingga 99%, pengurangan jumlah pesanan sekitar 78%, serta percepatan waktu pengiriman hingga 12 hari (Sapardiman & Okdinawati, 2025).

Efisiensi ini terjadi karena adanya perubahan fundamental dalam pendekatan manajemen rantai pasok, dari sistem konvensional yang bersifat *decentralized* menuju model VMI yang *centralized*. Pada sistem lama, setiap pihak cenderung bekerja secara terpisah (*pull system*), sehingga memunculkan tingginya biaya transportasi, biaya simpan, serta risiko *bullwhip effect*. Dengan VMI, aliran informasi dan keputusan pengendalian persediaan dikelola langsung oleh vendor sehingga tercipta integrasi dan sinkronisasi antar entitas. Mekanisme *push system* yang diterapkan memungkinkan pengelompokan pengiriman, pengurangan frekuensi pemesanan, serta penentuan *lot size* yang lebih optimal, sehingga menekan biaya persediaan, biaya pesan, dan biaya distribusi. Penurunan *total cost* yang signifikan juga memperlihatkan adanya *hidden cost* pada sistem konvensional, seperti kelebihan stok, keterlambatan, maupun inefisiensi distribusi, yang akhirnya dapat dieliminasi melalui optimasi. Dengan demikian, capaian efisiensi sebesar 51,67% menegaskan bahwa keberhasilan VMI bukan sekadar hasil perhitungan matematis, melainkan bukti nyata dari perbaikan koordinasi dan integrasi dalam sistem rantai pasok.

5.5 Pertimbangan *Waste* Produksi dan Jejak Karbon dalam Rantai Pasok

Selain fokus pada efisiensi biaya dan keseimbangan beban kerja operator, sistem rantai pasok juga perlu memperhitungkan faktor lain yang berpengaruh terhadap kinerja dan keberlanjutan perusahaan, yaitu *scrap* produksi dan jejak karbon dari aktivitas distribusi. Beban kerja yang berlebihan sering kali menurunkan ketelitian operator dan memicu kesalahan produksi, sehingga meningkatkan probabilitas *scrap* maupun *rework*. Hal ini selaras dengan temuan Enache et al. (2023) yang menunjukkan bahwa penerapan metodologi *Lean Six Sigma* secara sistematis mampu menurunkan tingkat *scrap* secara signifikan melalui identifikasi akar penyebab dan perbaikan berkelanjutan dalam proses produksi. Dampak pengendalian *scrap* tidak hanya menekan *hidden cost*, tetapi juga memperpendek *lead time* dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

Di sisi lain, aspek lingkungan yang semakin mendapat perhatian adalah emisi karbon dari aktivitas distribusi. Proses pengiriman produk yang dilakukan dengan frekuensi tinggi tanpa konsolidasi berpotensi meningkatkan jejak karbon secara drastis. Studi Verma et al. (2025) menegaskan bahwa optimasi inventori dalam rantai pasok tiga tingkat yang mempertimbangkan emisi karbon dari produksi, transportasi, penyimpanan, hingga pembuangan produk dapat menghasilkan sistem yang lebih berkelanjutan sekaligus efisien. Dengan demikian, keseimbangan beban kerja operator untuk mengurangi *scrap* dan strategi pengendalian distribusi guna menekan emisi karbon merupakan dua aspek yang saling melengkapi dalam membangun rantai pasok yang tidak hanya efisien secara operasional, tetapi juga berkontribusi terhadap tujuan keberlanjutan jangka panjang.

5.6 Pertimbangan Beban Kerja Mental dan KPI Keseimbangan

Selain keseimbangan beban kerja fisik yang telah dianalisis dalam penelitian ini, penting juga untuk memperhatikan aspek beban kerja mental yang dialami oleh operator. Beban kerja mental muncul ketika tuntutan kognitif, seperti konsentrasi, pengambilan keputusan, pemantauan kualitas, serta aktivitas multitasking, melebihi kapasitas individu. Kondisi ini sering kali tidak terlihat secara langsung, namun memiliki dampak signifikan terhadap kinerja operator maupun keberlanjutan proses produksi. Beban kerja mental yang tinggi berpotensi menurunkan tingkat fokus, meningkatkan risiko terjadinya kesalahan, memperpanjang waktu siklus produksi, serta memengaruhi tingkat kepuasan kerja. Namun demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keseimbangan beban kerja yang dicapai masih belum optimal. Hal ini disebabkan karena belum adanya *Key Performance Indicator* (KPI) yang jelas sebagai acuan dalam menilai tingkat keseimbangan beban kerja. Perhitungan keseimbangan sejauh ini hanya didasarkan pada distribusi waktu produksi yang dilakukan oleh tiap operator, sehingga belum sepenuhnya mencerminkan kondisi beban kerja secara menyeluruh, baik dari aspek fisik maupun mental. Dengan kata lain, meskipun beban kerja terlihat seimbang secara waktu, masih terdapat potensi ketidakseimbangan yang dirasakan operator dalam bentuk kelelahan mental dan tekanan psikologis.

Dalam penelitian yang dilakukan Hermansyah & Handayani (2022), ditemukan bahwa operator dan welder menghadapi beban kerja mental tinggi berdasarkan skor NASA-TLX, yang memicu defek produksi dan penurunan efisiensi. Temuan ini sejalan dengan hasil studi terkait yang menunjukkan bahwa pekerja produksi di berbagai perusahaan manufaktur mengalami beban kerja mental yang tinggi (misalnya skor NASA-TLX >70).

yang berkorelasi dengan stres kerja dan penurunan performa. Selain itu, berdasarkan penelitian Sulistyo & Vitasari (2024), skor beban kerja mental operator mencapai 72,64 dalam kategori tinggi. *Awareness* terhadap beban kerja mental ini penting untuk menjadi perhatian dalam penelitian lanjutan maupun implementasi praktis di perusahaan. Beberapa indikator yang dapat digunakan untuk menilai beban kerja mental antara lain tingkat kelelahan kognitif, stres kerja, serta persepsi subjektif pekerja terhadap tingkat kesulitan tugas. Metode pengukuran seperti *NASA-Task Load Index* (NASA-TLX) maupun *Subjective Workload Assessment Technique* (SWAT) dapat memberikan gambaran lebih komprehensif terkait kondisi beban kerja mental. Dengan demikian, implikasi manajerial yang dapat ditarik adalah perlunya penyusunan KPI yang jelas dan terukur terkait keseimbangan beban kerja, sehingga evaluasi tidak hanya berfokus pada aspek waktu produksi, tetapi juga memperhitungkan beban kognitif dan psikologis. Strategi seperti rotasi kerja, penjadwalan waktu istirahat yang lebih proporsional, pelatihan keterampilan, serta dukungan sistem pengambilan keputusan dapat diterapkan untuk menekan beban kerja mental. Keseimbangan yang terjaga antara beban kerja fisik dan mental pada akhirnya akan berkontribusi terhadap peningkatan kualitas produksi, pengurangan tingkat kesalahan, serta menjaga keberlanjutan kinerja perusahaan.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah penerapan model optimasi dengan mempertimbangkan keseimbangan beban kerja operator pada UMKM Batik X Yogyakarta mampu meminimalkan total biaya gabungan (*Joint Total Cost*) secara signifikan. Sebelum dilakukan optimasi, total biaya gabungan mencapai Rp264.986.326, sedangkan setelah optimasi biaya berhasil ditekan menjadi hanya Rp128.125.995. Hal ini menunjukkan adanya penghematan sebesar Rp136.860.331 atau setara dengan efisiensi 51,67% untuk kombinasi lima jenis produk dan lima pembeli dengan mempertimbangkan keseimbangan beban kerja pada 12 operator (E1-E12) pada pemasok. Selain penurunan biaya, hasil optimasi juga berdampak pada keseimbangan beban kerja operator. Nilai selisih workload yang semula sangat tinggi, yaitu 167,27, berhasil dikurangi menjadi 10,74 setelah optimasi. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan keseimbangan beban kerja sebesar 93,58%, yang menandakan distribusi beban kerja menjadi jauh lebih merata di antara operator. Dengan demikian, potensi kelebihan beban pada individu tertentu dapat diminimalkan, sehingga model optimasi tidak hanya menghasilkan biaya operasional yang lebih efisien, tetapi juga mendukung terciptanya kondisi kerja yang lebih adil, seimbang, dan berkelanjutan bagi para karyawan.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dan kesimpulan yang telah didapatkan, berikut merupakan saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya dengan topik yang serupa dengan mempertimbangkan aspek-aspek dibawah ini:

1. Pada model penelitian ini hanya berfokus pada ketidakpastian permintaan, maka disarankan pada penelitian selanjutnya memaparkan pertimbangan ketidakpastian pada sisi produksi seperti kerusakan mesin, keterlambatan bahan baku, dan transportasi agar solusi yang dihasilkan lebih kuat untuk diimplementasikan pada dunia nyata.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi UMKM Batik X Yogyakarta dalam mencari solusi dengan topik terkait untuk menentukan kebijakan produksi.

3. Penelitian selanjutnya diharapkan menambahkan variabel *scrap* (*waste* produksi) dan menghitung jumlah jejak karbon yang dikeluarkan saat proses pengantaran barang.
4. Diharapkan UMKM Batik X dapat menyusun KPI yang jelas dan terukur terkait keseimbangan beban kerja, sehingga evaluasi tidak hanya berfokus pada aspek waktu produksi, tetapi juga memperhitungkan beban kognitif dan psikologis.

DAFTAR PUSTAKA

- Adirektawon, S., Theeraroungchaisri, A., & Sakulbumrungsil, R. C. (2024). Efficiency of Inventory in Thai Hospitals: Comparing Traditional and Vendor-Managed Inventory Systems. *Logistics*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/logistics8030089>
- Aji, G. G., & Yaqoub, A. M. (2015). IDENTIFIKASI PENYEBAB BULLWHIP EFFECT PADA DISTRIBUSI PT ALFIAN JAYA DI BALI. *Jurnal Manajemen Teori Dan Terapan Tahun*, 8(2).
- Aprilianingsih, D., Nugroho, S., & Prihatiningsih, D. (2022). Analisis permasalahan rantai pasok pada UMKM batik di Indonesia. *Jurnal Teknik Industri*, 23(2), 115–124.
- Bahagia, S. N. (2023). *Perencanaan dan Pengendalian Sistem Logistik dan Rantai Pasok* (1st ed.). ITB Press.
- Basuki, M. (2021). Supply Chain Management: A Review. *Journal of Industrial Engineering and Halal Industries (JIEHIS)*, 2, 9–12. <https://doi.org/10.33111/ccc2019-060>
- Bunjak, A., Černe, M., Nagy, N., & Bruch, H. (2023). Job demands and burnout: The multilevel boundary conditions of collective trust and competitive pressure. *Human Relations*, 76(5), 657–688. <https://doi.org/10.1177/00187267211059826>
- Chauhan, S. S., & Marie, J. P. (2005). Analysis of a Supply Chain Partnership with Revenue Sharing. *International Journal of Production Economics*, 44–51.
- Chopra, Sunil., & Meindl, Peter. (2016). *Supply chain management : strategy, planning, and operation*. Pearson.
- Demiray, M., & Munyaka, G. (2023). Vendor managed inventory and workload balance in supply chain systems. *International Journal of Production Research*, 61(7), 2015–2032.
- Deng, G., Huang, C., Cheung, S. P., & Zhang, C. (2021). Job Demands and Resources, Burnout, and Psychological Distress of Employees in the Chinese Non-profit Sector. *Frontiers in Psychiatry*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.790064>
- Eiben, A. E. ., & Smith, J. E. . (2016). *Introduction to evolutionary computing* (2nd ed.). Springer.
- Elbert, K. E. K., Kroemer, H. B., & Hoffman, A. D. K. (2017). *ERGONOMICS: HOW TO DESIGN FOR EASE AND EFFICIENCY*. Pearson.
- Enache, I. C., Chivu, O. R., Rugescu, A. M., Ionita, E., & Radu, I. V. (2023). Reducing the Scrap Rate on a Production Process Using Lean Six Sigma Methodology. *Processes*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/pr11041295>
- Ernawati, D., Pudji, E., Rahmawati, N., & Alfin, M. (2021). Bullwhip Effect Reduction Using Vendor Managed Inventory (VMI) Method in Supply Chain of Manufacturing Company. *Journal of Physics: Conference Series*, 1899(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1899/1/012082>
- Fatih Demirel, D., Alev, A., Buse Erturan, B., Bağrıyanık, E., Akkaya, E., & Zahide Gündoğdu, Ş. (2025). Journal of Transportation and Logistics A Mixed-Integer Programming Model for Optimizing the Distribution Network of a Packaging Company Mixed Integer Linear Programming • Distribution Network Design Problem • Transportation Mode Selection • Supply Chain Network Design Problem A mixed-integer programming model for optimizing the distribution network of a packaging company. *Journal of Transportation and Logistics*, 2025(1), 18–33. <https://doi.org/10.26650/JTL.2025>

- Goldberg, D. E., & Holland, J. H. (1988). Genetic Algorithms and Machine Learning. *Machine Learning*, 3(2), 95–99. <https://doi.org/10.1023/A:1022602019183>
- Handoko, A. M. (2024). *PEMBANGUNAN MODEL OPTIMASI SISTEM RANTAI PASOK PRODUK BATIK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN JEJAK KARBON*. Universitas Islam Indonesia.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Advances in Psychology* (Vol. 52, pp. 139–183). North-Holland. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (13th ed.). Pearson Education Limited.
- Hermansyah, M. S. A., & Handayani, N. U. (2022). NASA-TLX Assessment of Mental Workload in Manufacturing Industry. *Spektrum Industri*, 20(2), 1–14. <https://doi.org/10.12928/si.v20i2.43>
- Holland, J. H. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/1090.001.0001>
- Hu, M., Jiang, S., & Huo, B. (2024). The impacts of supply visibility and demand visibility on product innovation: the mediating role of supply chain integration. *The International Journal of Logistics Management*, 35(2), 456–482. <https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2021-0033>
- Huang, C., Wang, L., & Liu, Y. (2020). Workload imbalance and its effect on productivity and errors in manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 57, 198–210.
- Jean, G. (2024). *Supply Chain Visibility and Transparency*. <https://www.researchgate.net/publication/384335325>
- Karimi, S., Ardalan, Z., Poursabzi, O., & Naderi, B. (2023). Toward a safe supply chain: Incorporating accident, physical, psychosocial and mental overload risks into supply chain network. *Environment, Development and Sustainability*, 25(6), 5579–5595. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02281-y>
- Khosravian, M., Ebrahim Pourzarandi, M., Jalal, S., & Monfared, H. (2025). Identification of Root Causes of Supply Chain and Supplier Risks in the Automotive Industry. *Business, Marketing, and Finance Open*, 2(1), 89–103.
- Klir, G. J. ., & Yuan, Bo. (2003). *Fuzzy sets and fuzzy logic : theory and applications*. Prentice Hall of India.
- Kumar, S. A., & Suresh, N. (2008). *Production and Operations Management : With Skill Development, Caselets and Cases* (2nd ed.). New Age International (P) Limited.
- Kurniasari, F., & Pulansari, F. (2024). Minimizing the Bullwhip Effect for Supply Chains Single Vendor and Multi Distributor in Salt Companies. *Jurnal Riset Manajemen*, 12, 91–104. <https://ejournal.upi.edu/index.php/image>
- Lemadi, G. (2022). IMPLEMENTASI VENDOR MANAGED INVENTORY UNTUK MENGURANGI BULLWHIP EFFECT PADA SUPPLY CHAIN INDUSTRI BISKUIT. In *Jurnal Baut dan Manufaktur* (Vol. 04, Issue 1).
- Li, S., Ragu-Nathan, B., Ragu-Nathan, T. S., & Subba Rao, S. (2006). The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance. *Omega (The International Journal of Management Science)*, 2, 107–124. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.08.002>

- Li, X., Ji, X., & Zeng, X. (2024). Optimizing supply chain networks using mixed integer linear programming (MILP). *Theoretical and Natural Science*, 53(1), 10–15. <https://doi.org/10.54254/2753-8818/53/20240642>
- Li, X., Zhang, Y., & Chen, J. (2024). Sustainable supply chain management under demand uncertainty: A transparency perspective. *Journal of Cleaner Production*, 412, 137216.
- Martono, R. V. (2018). STUDI KASUS PENERAPAN VENDOR MANAGED INVENTORY PADA SISTEM RANTAI PASOK. *Jurnal Manajemen Industri Dan Logistik*, 1, 28–39. <http://jurnal.poltekapp.ac.id/>
- Maserih. (2017). ANALISIS BULLWHIP EFFECT DAN DAY OF INVENTORY (DOI) SERTA IMPLIKASINYA TERHADAP SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (STUDI KASUS PADA PRODUK BPJS DI PT XYZ Tbk) (DOI) SERTA IMPLIKASINYA TERHADAP SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (STUDI KASUS PADA PRODUK BPJS DI PT XYZ Tbk). *Jurnal Ekonomi STEI*, 26(01), 108–119.
- Mecheter, A., Pokharel, S., Tarlochan, F., & Tsumori, F. (2024). A multi-period multiple parts mixed integer linear programming model for AM adoption in the spare parts supply Chain. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 37(5), 550–571. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2023.2228263>
- Mhaskey, S. V. (2024). Blockchain-as-a-Service (BaaS) Empowered Vendor-Managed Inventory (VMI): A Paradigm Shift in Supply Chain Efficiency PEER-Reviewed RESEARCH Blockchain-as-a-Service (BaaS) Empowered Vendor-Managed Inventory (VMI): A Paradigm Shift in Supply Chain Efficiency. *Article in The Journal of British Blockchain Association*. [https://doi.org/10.31585/jbba-8-1-\(1\)2025](https://doi.org/10.31585/jbba-8-1-(1)2025)
- Michalewicz, Zbigniew. (2013). *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs* (3rd ed.). Springer Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-662-03315-9>
- Muzady, I. A., & Ernawati, D. (2021). PENGURANGAN BULLWHIP EFFECT DALAM RANTAI PASOK SINGLE VENDOR DAN MULTI RETAILER MENGGUNAKAN METODE VENDOR MANAGED INVENTORY (VMI) PADA PT. MAGNESIUM GOSARI INTERNASIONAL GRESIK. *Juminten : Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi*, 2(6), 25–35.
- Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2015). *Production and Operations Analysis* (7th ed.). Waveland Press.
- Natalia, D., & Wijono, S. (2023). JOB DEMANDS TERHADAP WORK MANAGEMENT PADA KARYAWAN DI PT X. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 969–978.
- Prakongwittaya, S., & Liangrokapart, J. (2024). Integrating LARG measures to improve supply chain transparency performance. *Asia Pacific Management Review*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2024.09.002>
- Pujawan, I. N. (2005). *Supply Chain Management*. Guna Widya.
- Putri, K., & Handayani, N. (2021). PERANCANGAN MODEL VENDOR MANAGED INVENTORY (VMI) UNTUK MEMINIMASI ONGKOS TOTAL RANTAI PASOK (STUDI KASUS: USAHA ALFIS GAMPONG SIMPANG LHEE). In *Jurnal Industri Samudra* (Vol. 2, Issue 1).
- Rahman, A., & Wulandari, T. (2022). Penerapan Excel Solver untuk optimasi alokasi sumber daya pada usaha kecil. *Jurnal Sistem Industri*, 28(3), 155–166.

- Salwa, N., & Zulfikri, A. (2024). Sinergi International Journal of Logistics From Variability to Visibility: Mitigating the Bullwhip Effect in Modern Supply Chains. *Bullwhip Effect in Modern Supply Chains. Sinergi International Journal of Logistics*, 2(2), 118–132. <https://journal.sinergi.or.id/>
- Sapardiman, S., & Okdinawati, L. (2025). Vendor Managed Inventory for Strategic Supply Chain of Explosive Material in Coal Mining Operation. *European Journal of Business and Management Research*, 10(4), 75–85. <https://doi.org/10.24018/ejbmr.2025.10.4.2665>
- Sari, K. (2008). On the benefits of CPFR and VMI: A comparative simulation study. *International Journal of Production Economics*, 113(2), 575–586. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.10.021>
- Schroeder, R. G., Goldstein, S. M., & Rungtusanatham, M. J. (2008). *Operations Management: Contemporary Concepts and Cases* (4th ed.). McGraw-Hill Irwin.
- Sedarmayanti. (2016). *Manajemen Sumber Daya Manusia: Reformasi Birokrasi dan Manajmen Pegawai Negeri Sipil*. PT Refika Aditama.
- Setyorini, R., & Purwanti. (2025). Optimalisasi Manajemen Persediaan: Strategi Meningkatkan Efisiensi dan Mengurangi Biaya dalam Operasi Rantai Pasokan. *Jurnal Akuntansi Keuangan Dan Perpajakan*, 01, 210–215.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* (3rd ed.). Wiley. http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/dave.pyke/inventory_management/submit_error.htm
- Smith, J., Brown, P., & Hall, R. (2007). Mixed integer programming applications in supply chain optimization. *European Journal of Operational Research*, 183(3), 1231–1247.
- Stevenson, W. J. . (2021). *Operations management*. McGraw-Hill Education.
- Stevenson, W. J., & Sum, C. C. (2014). *Manajemen Operasi: Perspektif Asia* (D. Angelica, Ed.; 9th ed.). Salemba Empat.
- Sulistiyo, W., & Vitasari, P. (2024). Analisa Beban Kerja Mental Operator Dengan Metode NASA TLX Di PT XYZ. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 13(2), 45–52. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v13i2.7087.45-52>
- Sutalaksana, I. Z., Anggawisastra, R., & Tjakraatmadja, J. H. (2016). *Teknik Tata Cara Kerja*. Institut Teknologi Bandung.
- Syamil, A., Waty, E., Fahmi, M. A., & Hartati, V. (2023). *Buku Ajar Manajemen Rantai Pasok* (1st ed.). PT. Sonpedia Publishing Indonesia. <https://www.researchgate.net/publication/373980212>
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research: An Introduction* (10th ed.). Pearson Education.
- Tang, L., Yang, T., Tu, Y., & Ma, Y. (2021). Supply chain information sharing under consideration of bullwhip effect and system robustness. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 33(2), 337–380. <https://doi.org/10.1007/s10696-020-09384-6>
- Tarwaka, Bakri, S. HA., & Sudiajeng, L. (2004). *Ergonomi: Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas* (1st ed., Vol. 323). UNIBA PRESS.
- Tyagi, P., & Agarwal, G. (2014). Supply Chain Integration and Logistics Management among BRICS: A Literature Review. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 03, 284–290. www.ajer.org
- Verma, P., Aljohani, T. M., Hussain, M., Singh, A., & Tyagi, S. (2025). Optimizing the sustainability in the supply chain for inventory considering carbon emissions. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*.

- Vicente, J. J. (2025). Optimizing Supply Chain Inventory: A Mixed Integer Linear Programming Approach. *Systems*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/systems13010033>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
- Zhang, Y., Li, Q., & Zhou, M. (2024). Demand transparency and coordination in multi-tier supply chains. *International Journal of Production Economics*, 260, 108872.
- Zimmermann, H.-J. (2001). Fuzzy Set Theory—and Its Applications. In *Fuzzy Set Theory—and Its Applications*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0646-0>

LAMPIRAN

• Produk 1

a. Buyer 1

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B2	Demand from B3	Ending Inventory	Lost Sales	Total Permintaan	Order Received from Vendor	Order Received from B5	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	10	11	0	0	0	1	11	0	0	0	0	20000	0
2	0	10	0	0	0	10	10	0	0	0	0	200000	0
3	0	9	0	0	0	9	9	0	0	0	0	180000	0
4	0	12	0	0	0	12	12	0	0	0	0	240000	0
5	0	11	0	0	31	0	11	42	0	143000	62000	0	0
6	31	11	3	0	19	0	14	0	2	0	38000	0	13000
7	19	11	0	2	6	0	13	0	0	0	12000	0	0
8	6	12	0	0	36	0	12	42	0	143000	72000	0	0
9	36	11	0	0	25	0	11	0	0	0	50000	0	0
10	25	10	0	0	15	0	10	0	0	0	30000	0	0
11	15	10	0	0	41	0	10	36	0	117000	82000	0	0
12	41	11	0	0	30	0	11	0	0	0	60000	0	0
13	30	9	0	0	22	0	9	0	1	0	44000	0	13000
14	22	12	3	1	33	0	16	27	0	91000	66000	0	0
15	33	9	0	0	24	0	9	0	0	0	48000	0	0
16	24	13	0	0	11	0	13	0	0	0	22000	0	0
17	11	8	0	0	23	0	8	20	0	65000	46000	0	0
18	23	11	0	0	21	0	11	9	0	39000	42000	0	0
19	21	10	0	0	29	0	10	18	0	65000	58000	0	0
20	29	10	2	4	46	0	16	31	2	104000	92000	0	13000
21	46	10	0	0	36	0	10	0	0	0	72000	0	0
22	36	10	0	0	26	0	10	0	0	0	52000	0	0
23	26	10	0	0	29	0	10	13	0	52000	58000	0	0
24	29	10	0	0	19	0	10	0	0	0	38000	0	0
25	19	9	0	0	16	0	9	6	0	26000	32000	0	0
26	16	10	0	0	6	0	10	0	0	0	12000	0	0
27	6	11	3	0	0	8	14	0	0	0	0	160000	0
28	0	12	0	2	10	0	14	23	1	78000	20000	0	13000
29	10	11	0	0	0	1	11	0	0	0	0	20000	0
30	0	10	0	0	26	0	10	36	0	117000	52000	0	0
Total										1040000	1160000	820000	52000

b. Buyer 2

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B4	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B1	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	6	0	14	0		0	0	0	28000	0	0
2	14	5	0	9	0		0	0	0	18000	0	0
3	9	4	0	5	0		0	0	0	10000	0	0
4	5	4	0	1	0		0	0	0	2000	0	0
5	1	6	0	0	5		0	0	0	0	125000	0
6	0	6	0	0	3		0	3	0	0	75000	8000
7	0	5	4	0	9		0	0	0	0	225000	0
8	0	4	0	45	0		49	0	104000	90000	0	0
9	45	5	0	40	0		0	0	0	80000	0	0
10	40	5	0	35	0		0	0	0	70000	0	0
11	35	5	0	30	0		0	0	0	60000	0	0
12	30	4	0	26	0		0	0	0	52000	0	0
13	26	5	0	21	0		0	0	0	42000	0	0
14	21	6	4	14	0		0	3	0	28000	0	8000
15	14	5	0	9	0		0	0	0	18000	0	0
16	9	5	0	4	0		0	0	0	8000	0	0
17	4	5	0	0	1		0	0	0	0	25000	0
18	0	5	0	28	0		33	0	72000	56000	0	0
19	28	5	0	23	0		0	0	0	46000	0	0
20	23	5	4	16	0		0	2	0	32000	0	8000
21	16	5	0	11	0		0	0	0	22000	0	0
22	11	4	0	7	0		0	0	0	14000	0	0
23	7	4	0	29	0		26	0	56000	58000	0	0
24	29	5	0	24	0		0	0	0	48000	0	0
25	24	5	0	19	0		0	0	0	38000	0	0
26	19	5	0	14	0		0	0	0	28000	0	0
27	14	5	0	12	0		0	3	0	24000	0	8000
28	12	5	4	3	0		0	0	0	6000	0	0
29	3	4	0	0	1		0	0	0	0	25000	0
30	0	5	0	0	5		0	0	0	0	125000	0
Total									232000	878000	600000	32000

c. Buyer 3

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B1	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	6	14	0		0	0	0	28000	0	0
2	14	8	6	0		0	0	0	12000	0	0
3	6	6	0	0		0	0	0	0	0	0
4	0	7	0	7		0	0	0	0	175000	0
5	0	7	0	7		0	0	0	0	175000	0
6	0	7	0	7		0	0	0	0	175000	0
7	0	5	0	3		0	2	0	0	75000	8000
8	0	9	0	9		0	0	0	0	225000	0
9	0	6	42	0		48	0	120000	84000	0	0
10	42	8	34	0		0	0	0	68000	0	0
11	34	9	25	0		0	0	0	50000	0	0
12	25	8	17	0		0	0	0	34000	0	0
13	17	8	9	0		0	0	0	18000	0	0
14	9	6	4	0		0	1	0	8000	0	8000
15	4	5	30	0		31	0	80000	60000	0	0
16	30	7	23	0		0	0	0	46000	0	0
17	23	7	16	0		0	0	0	32000	0	0
18	16	7	9	0		0	0	0	18000	0	0
19	9	9	0	0		0	0	0	0	0	0
20	0	8	0	4		0	4	0	0	100000	8000
21	0	6	0	6		0	0	0	0	150000	0
22	0	8	40	0		48	0	120000	80000	0	0
23	40	5	35	0		0	0	0	70000	0	0
24	35	6	29	0		0	0	0	58000	0	0
25	29	8	29	0		8	0	20000	58000	0	0
26	29	7	22	0		0	0	0	44000	0	0
27	22	7	34	0		19	0	50000	68000	0	0
28	34	8	28	0		0	2	0	56000	0	8000
29	28	6	22	0		0	0	0	44000	0	0
30	22	7	15	0		0	0	0	30000	0	0
						Total		390000	966000	1075000	32000

d. Buyer 4

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B2	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	5	15	0		0	0	0	30000	0	0
2	15	5	10	0		0	0	0	20000	0	0
3	10	4	6	0		0	0	0	12000	0	0
4	6	4	2	0		0	0	0	4000	0	0
5	2	5	0	3		0	0	0	0	105000	0
6	0	5	37	0		42	0	88000	74000	0	0
7	37	5	36	0		0	4	0	72000	0	8000
8	36	5	31	0		0	0	0	62000	0	0
9	31	5	26	0		0	0	0	52000	0	0
10	26	5	21	0		0	0	0	42000	0	0
11	21	4	17	0		0	0	0	34000	0	0
12	17	5	12	0		0	0	0	24000	0	0
13	12	4	8	0		0	0	0	16000	0	0
14	8	5	7	0		0	4	0	14000	0	8000
15	7	4	39	0		36	0	72000	78000	0	0
16	39	5	34	0		0	0	0	68000	0	0
17	34	5	29	0		0	0	0	58000	0	0
18	29	5	24	0		0	0	0	48000	0	0
19	24	4	20	0		0	0	0	40000	0	0
20	20	5	19	0		0	4	0	38000	0	8000
21	19	5	14	0		0	0	0	28000	0	0
22	14	4	10	0		0	0	0	20000	0	0
23	10	4	6	0		0	0	0	12000	0	0
24	6	5	35	0		34	0	72000	70000	0	0
25	35	4	31	0		0	0	0	62000	0	0
26	31	4	27	0		0	0	0	54000	0	0
27	27	5	22	0		0	0	0	44000	0	0
28	22	5	21	0		0	4	0	42000	0	8000
29	21	5	16	0		0	0	0	32000	0	0
30	16	5	11	0		0	0	0	22000	0	0
						Total		232000	1172000	105000	32000

e. *Buyer 5*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B1	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost
1	20	2	0	18	0		0	0	36000	0
2	18	3	0	15	0		0	0	30000	0
3	15	2	0	13	0		0	0	26000	0
4	13	3	0	10	0		0	0	20000	0
5	10	2	0	8	0		0	0	16000	0
6	8	2	2	4	0		0	0	8000	0
7	4	2	0	2	0		0	0	4000	0
8	2	3	0	0	1		0	0	0	25000
9	0	3	0	0	3		0	0	0	75000
10	0	2	0	0	2		0	0	0	50000
11	0	1	0	0	1		0	0	0	25000
12	0	2	0	0	2		0	0	0	50000
13	0	2	1	0	3		0	0	0	75000
14	0	2	0	0	2		0	0	0	50000
15	0	1	0	0	1		0	0	0	25000
16	0	2	0	0	2		0	0	0	50000
17	0	2	0	0	2		0	0	0	50000
18	0	1	0	0	1		0	0	0	25000
19	0	2	0	0	2		0	0	0	50000
20	0	2	2	0	4		0	0	0	100000
21	0	2	0	0	2		0	0	0	50000
22	0	3	0	0	3		0	0	0	75000
23	0	3	0	0	3		0	0	0	75000
24	0	3	0	0	3		0	0	0	75000
25	0	2	0	0	2		0	0	0	50000
26	0	3	0	0	3		0	0	0	75000
27	0	1	0	0	1		0	0	0	25000
28	0	1	1	0	2		0	0	0	50000
29	0	1	0	0	1		0	0	0	25000
30	0	3	0	0	3		0	0	0	75000
Total								0	140000	1225000

f. *Vendor*

t	Beginning Inventory	Decision Delivery to B1	Decision Delivery to B2	Decision Delivery to B3	Decision Delivery to B4	Decision Delivery to B5	Delivery Quantity to B1	Delivery Quantity to B2	Delivery Quantity to B3	Delivery Quantity to B4	Delivery Quantity to B5	Ending Inventory	Lost Sales	Setup Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost
1	20	1	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	3	5700	0	16500
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	66500	0
3	19	0	1	0	1	0	0	49	0	42	0	0	53	0	0	291500
4	0	1	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	23	5700	0	126500
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	66500	0
6	19	0	0	1	0	0	0	0	48	0	0	0	10	0	0	55000
7	0	1	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	17	5700	0	93500
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	66500	0
9	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	0	133000	0
10	38	1	0	0	0	0	27	0	0	0	0	30	0	5700	105000	0
11	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	0	171500	0
12	49	0	0	1	1	0	0	0	31	36	0	1	0	0	3500	0
13	1	1	1	0	0	0	20	33	0	0	0	0	33	5700	0	181500
14	0	1	0	0	0	0	9	0	0	0	0	10	0	0	35000	0
15	10	1	0	0	0	0	18	0	0	0	0	11	0	0	38500	0
16	11	1	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	1	5700	0	5500
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	66500	0
18	19	0	1	0	0	0	0	26	0	0	0	12	0	0	42000	0
19	12	1	0	1	0	0	13	0	48	0	0	0	30	5700	0	165000
20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	66500	0
21	19	1	0	0	1	0	6	0	0	34	0	0	2	0	0	11000
22	0	0	0	1	0	0	0	0	8	0	0	11	0	5700	38500	0
23	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	105000	0
24	30	1	0	1	0	0	23	0	19	0	0	7	0	0	24500	0
25	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	5700	91000	0
26	26	1	0	0	0	0	36	0	0	0	0	9	0	0	31500	0
27	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	98000	0
28	28	1	0	0	1	0	32	0	0	27	0	0	12	5700	0	66000
29	0	1	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	23	0	0	126500
30	0	0	0	1	1	0	0	0	33	37	0	0	51	0	0	280500
Delivery Freq		15	30	15	10	15							TOTAL	57000	1249500	1419000

- **Produk 2**

- a. *Buyer 1*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B2	Demand from B3	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B5	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	10	9	0	0	1	0		0	0	0	2000	0	0
2	1	8	0	0	0	7		0	0	0	0	175000	0
3	0	8	0	0	0	8		0	0	0	0	200000	0
4	0	10	0	0	0	10		0	0	0	0	250000	0
5	0	9	0	0	33	0		42	0	143000	66000	0	0
6	33	11	0	2	64	0		43	1	143000	128000	0	13000
7	64	12	2	0	50	0		0	0	0	100000	0	0
8	50	9	0	0	41	0		0	0	0	82000	0	0
9	41	14	0	0	27	0		0	0	0	54000	0	0
10	27	9	0	0	18	0		0	0	0	36000	0	0
11	18	7	0	0	11	0		0	0	0	22000	0	0
12	11	10	0	0	3	0		2	0	13000	6000	0	0
13	3	6	0	2	0	5		0	0	0	0	125000	0
14	0	10	2	0	0	11		0	1	0	0	275000	13000
15	0	12	0	0	20	0		32	0	104000	40000	0	0
16	20	10	0	0	10	0		0	0	0	20000	0	0
17	10	14	0	0	0	4		0	0	0	0	100000	0
18	0	11	0	0	0	11		0	0	0	0	275000	0
19	0	11	0	0	0	11		0	0	0	0	275000	0
20	0	13	2	0	18	0		33	0	117000	36000	0	0
21	18	13	0	2	4	0		0	1	0	8000	0	13000
22	4	11	0	0	0	7		0	0	0	0	175000	0
23	0	7	0	0	0	7		0	0	0	0	175000	0
24	0	11	0	0	0	11		0	0	0	0	275000	0
25	0	11	0	0	28	0		39	0	130000	56000	0	0
26	28	11	0	0	17	0		0	0	0	34000	0	0
27	17	11	2	2	2	0		0	0	0	4000	0	0
28	2	14	0	0	33	0		43	2	143000	66000	0	13000
29	33	13	0	0	35	0		15	0	52000	70000	0	0
30	35	11	0	0	50	0		26	0	91000	100000	0	0
Total										936000	930000	2300000	52000

- b. *Buyer 2*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B4	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B1	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	18	0	2	0		0	0	0	4000	0	0
2	2	18	0	0	16		0	0	0	0	400000	0
3	0	17	0	0	17		0	0	0	0	425000	0
4	0	12	0	0	12		0	0	0	0	300000	0
5	0	12	0	0	12		0	0	0	0	300000	0
6	0	5	1	0	6		0	0	0	0	150000	0
7	0	15	0	53	0		66	2	136000	106000	0	8000
8	53	10	0	43	0		0	0	0	86000	0	0
9	43	15	0	28	0		0	0	0	56000	0	0
10	28	16	0	12	0		0	0	0	24000	0	0
11	12	21	0	57	0		66	0	136000	114000	0	0
12	57	22	0	35	0		0	0	0	70000	0	0
13	35	16	0	19	0		0	0	0	38000	0	0
14	19	23	1	0	3		0	2	0	0	75000	8000
15	0	12	0	42	0		54	0	112000	84000	0	0
16	42	12	0	39	0		9	0	24000	78000	0	0
17	39	16	0	23	0		0	0	0	46000	0	0
18	23	12	0	11	0		0	0	0	22000	0	0
19	11	19	0	58	0		66	0	136000	116000	0	0
20	58	21	0	63	0		24	2	48000	126000	0	8000
21	63	20	2	41	0		0	0	0	82000	0	0
22	41	22	0	62	0		43	0	88000	124000	0	0
23	62	19	0	43	0		0	0	0	86000	0	0
24	43	26	0	17	0		0	0	0	34000	0	0
25	17	13	0	7	0		3	0	8000	14000	0	0
26	7	13	0	19	0		25	0	56000	38000	0	0
27	19	15	0	6	0		0	2	0	12000	0	8000
28	6	20	1	8	0		23	0	48000	16000	0	0
29	8	10	0	47	0		49	0	104000	94000	0	0
30	47	20	0	27	0		0	0	0	54000	0	0
Total									896000	1524000	1650000	32000

c. *Buyer 3*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B1	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	15	5	0		0	0	0	10000	0	0
2	5	11	0	6		0	0	0	0	180000	0
3	0	14	0	14		0	0	0	0	420000	0
4	0	19	0	19		0	0	0	0	570000	0
5	0	11	0	11		0	0	0	0	330000	0
6	0	15	28	0		41	2	110000	56000	0	8000
7	28	11	17	0		0	0	0	34000	0	0
8	17	21	0	4		0	0	0	0	120000	0
9	0	13	0	0		13	0	40000	0	0	0
10	0	14	10	0		24	0	60000	20000	0	0
11	10	13	0	3		0	0	0	0	90000	0
12	0	9	32	0		41	0	110000	64000	0	0
13	32	20	45	0		31	2	80000	90000	0	8000
14	45	15	30	0		0	0	0	60000	0	0
15	30	11	19	0		0	0	0	38000	0	0
16	19	13	6	0		0	0	0	12000	0	0
17	6	13	0	7		0	0	0	0	210000	0
18	0	10	0	10		0	0	0	0	300000	0
19	0	5	0	5		0	0	0	0	150000	0
20	0	14	0	14		0	0	0	0	420000	0
21	0	14	29	0		41	2	110000	58000	0	8000
22	29	14	15	0		0	0	0	30000	0	0
23	15	7	49	0		41	0	110000	98000	0	0
24	49	11	38	0		0	0	0	76000	0	0
25	38	14	24	0		0	0	0	48000	0	0
26	24	15	9	0		0	0	0	18000	0	0
27	9	9	5	0		3	2	10000	10000	0	8000
28	5	15	0	10		0	0	0	0	300000	0
29	0	17	0	17		0	0	0	0	510000	0
30	0	7	29	0		36	0	90000	58000	0	0
Total								720000	780000	3600000	32000

d. *Buyer 4*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B2	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	10	10	0		0	0	0	20000	0	0
2	10	13	0	3		0	0	0	0	75000	0
3	0	10	0	10		0	0	0	0	250000	0
4	0	12	0	12		0	0	0	0	300000	0
5	0	13	0	13		0	0	0	0	325000	0
6	0	14	0	13		0	1	0	0	325000	8000
7	0	12	40	0		52	0	104000	80000	0	0
8	40	11	29	0		0	0	0	58000	0	0
9	29	10	19	0		0	0	0	38000	0	0
10	19	15	16	0		12	0	24000	32000	0	0
11	16	14	2	0		0	0	0	4000	0	0
12	2	14	0	12		0	0	0	0	300000	0
13	0	15	0	15		0	0	0	0	375000	0
14	0	15	36	0		50	1	104000	72000	0	8000
15	36	10	78	0		52	0	104000	156000	0	0
16	78	11	67	0		0	0	0	134000	0	0
17	67	11	56	0		0	0	0	112000	0	0
18	56	13	43	0		0	0	0	86000	0	0
19	43	14	29	0		0	0	0	58000	0	0
20	29	11	18	0		0	0	0	36000	0	0
21	18	11	18	0		9	2	24000	36000	0	8000
22	18	13	5	0		0	0	0	10000	0	0
23	5	10	29	0		34	0	72000	58000	0	0
24	29	11	18	0		0	0	0	36000	0	0
25	18	11	7	0		0	0	0	14000	0	0
26	7	12	0	5		0	0	0	0	125000	0
27	0	11	0	11		0	0	0	0	275000	0
28	0	12	34	0		45	1	96000	68000	0	8000
29	34	13	21	0		0	0	0	42000	0	0
30	21	11	62	0		52	0	104000	124000	0	0
Total								632000	1274000	2350000	32000

e. *Buyer 5*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B1	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost
1	20	9	0	11	0		0	0	22000	0
2	11	8	0	3	0		0	0	6000	0
3	3	8	0	0	5		0	0	0	125000
4	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
5	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
6	0	10	1	0	11		0	0	0	275000
7	0	11	0	0	11		0	0	0	275000
8	0	10	0	0	10		0	0	0	250000
9	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
10	0	9	0	0	9		0	0	0	225000
11	0	7	0	0	7		0	0	0	175000
12	0	11	0	0	11		0	0	0	275000
13	0	9	0	0	9		0	0	0	225000
14	0	11	1	0	12		0	0	0	300000
15	0	10	0	0	10		0	0	0	250000
16	0	11	0	0	11		0	0	0	275000
17	0	12	0	0	12		0	0	0	300000
18	0	9	0	0	9		0	0	0	225000
19	0	9	0	0	9		0	0	0	225000
20	0	10	0	0	10		0	0	0	250000
21	0	9	1	0	10		0	0	0	250000
22	0	11	0	0	11		0	0	0	275000
23	0	7	0	0	7		0	0	0	175000
24	0	9	0	0	9		0	0	0	225000
25	0	10	0	0	10		0	0	0	250000
26	0	11	0	0	11		0	0	0	275000
27	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
28	0	9	2	0	11		0	0	0	275000
29	0	11	0	0	11		0	0	0	275000
30	0	11	0	0	11		0	0	0	275000
							Total	0	28000	6725000

f. *Vendor*

t	Beginning Inventory	Decision Delivery to B1	Decision Delivery to B2	Decision Delivery to B3	Decision Delivery to B4	Decision Delivery to B5	Delivery Quantity to B1	Delivery Quantity to B2	Delivery Quantity to B3	Delivery Quantity to B4	Delivery Quantity to B5	Ending Inventory	Lost Sales	Setup Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost
1	20	1	0	0	0	0	42	0	0	0	0	13	0	5700	45500	0
2	13	1	1	0	0	0	43	66	0	0	0	0	61	0	0	396500
3	0	0	0	1	0	0	0	0	41	0	0	0	6	0	0	39000
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	52	0	0	17	5700	0	110500
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0	122500	0
6	35	0	1	1	0	0	0	66	13	0	0	0	9	0	0	58500
7	0	1	0	1	1	0	0	0	24	12	0	0	1	5700	0	6500
8	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	33	0	0	115500	0
9	33	0	0	1	0	0	0	0	41	0	0	27	0	0	94500	0
10	27	0	1	1	0	0	0	54	31	0	0	0	23	5700	0	149500
11	0	1	1	0	1	0	32	9	0	50	0	0	56	0	0	364000
12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	52	0	0	17	0	0	110500
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	5700	122500	0
14	35	0	1	0	0	0	0	66	0	0	0	4	0	0	14000	0
15	4	0	1	0	0	0	0	24	0	0	0	15	0	0	52500	0
16	15	1	0	0	0	0	33	0	0	0	0	17	0	5700	59500	0
17	17	0	1	0	0	0	0	43	0	0	0	9	0	0	31500	0
18	9	0	0	1	1	0	0	0	41	9	0	0	6	0	0	39000
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	5700	122500	0
20	35	0	1	1	1	0	0	3	41	34	0	0	8	0	0	52000
21	0	1	1	0	0	0	39	25	0	0	0	0	29	0	0	188500
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	5700	122500	0
23	35	0	1	0	0	0	0	23	0	0	0	47	0	0	164500	0
24	47	1	1	1	0	0	43	49	3	0	0	0	13	0	0	84500
25	0	1	0	0	1	0	15	0	0	45	0	0	25	5700	0	162500
26	0	1	0	0	0	0	26	0	0	0	0	9	0	0	31500	0
27	9	0	1	1	1	0	0	60	36	52	0	0	104	0	0	676000
28	0	1	1	0	1	0	10	58	0	18	0	0	51	5700	0	331500
29	0	1	0	0	0	0	8	0	0	0	0	27	0	0	94500	0
30	27	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	62	0	0	217000	0
		12	13	9	10	0										
Delivery Freq		15	15	15	10	6						TOTAL		57000	1410500	2769000

- **Produk 3**

a. *Buyer 1*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B2	Demand from B3	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B5	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	10	6	0	0	4	0		0	0	0	8000	0	0
2	4	9	0	0	0	5		0	0	0	0	100000	0
3	0	6	0	0	0	6		0	0	0	0	120000	0
4	0	10	0	0	0	10		0	0	0	0	200000	0
5	0	4	0	0	21	0		25	0	91000	42000	0	0
6	21	7	5	3	6	0		0	0	0	12000	0	0
7	6	11	0	0	0	4		0	1	0	0	80000	13000
8	0	7	0	0	0	7		0	0	0	0	140000	0
9	0	9	0	0	0	9		0	0	0	0	180000	0
10	0	5	0	0	0	5		0	0	0	0	100000	0
11	0	7	0	0	0	7		0	0	0	0	140000	0
12	0	10	0	0	0	10		0	0	0	0	200000	0
13	0	7	0	3	0	9		0	1	0	0	180000	13000
14	0	8	4	0	17	0		29	0	104000	34000	0	0
15	17	7	0	0	10	0		0	0	0	20000	0	0
16	10	8	0	0	2	0		0	0	0	4000	0	0
17	2	7	0	0	24	0		29	0	104000	48000	0	0
18	24	9	0	0	15	0		0	0	0	30000	0	0
19	15	8	0	0	7	0		0	0	0	14000	0	0
20	7	9	0	3	22	0		27	0	91000	44000	0	0
21	22	7	3	0	13	0		0	1	0	26000	0	13000
22	13	7	0	0	6	0		0	0	0	12000	0	0
23	6	8	0	0	0	2		0	0	0	0	40000	0
24	0	7	0	0	0	7		0	0	0	0	140000	0
25	0	8	0	0	0	8		0	0	0	0	160000	0
26	0	9	0	0	0	9		0	0	0	0	180000	0
27	0	4	0	3	0	7		0	0	0	0	140000	0
28	0	6	5	0	0	10		0	1	0	0	200000	13000
29	0	8	0	0	0	8		0	0	0	0	160000	0
30	0	7	0	0	0	7		0	0	0	0	140000	0
								Total		390000	294000	2600000	52000

b. *Buyer 2*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B4	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B1	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	4	0	16	0		0	0	0	32000	0	0
2	16	3	0	13	0		0	0	0	26000	0	0
3	13	4	0	9	0		0	0	0	18000	0	0
4	9	4	0	5	0		0	0	0	10000	0	0
5	5	4	0	1	0		0	0	0	2000	0	0
6	1	3	1	2	0		0	5	0	4000	0	8000
7	2	4	0	18	0		20	0	40000	36000	0	0
8	18	4	0	14	0		0	0	0	28000	0	0
9	14	4	0	10	0		0	0	0	20000	0	0
10	10	4	0	6	0		0	0	0	12000	0	0
11	6	4	0	33	0		31	0	64000	66000	0	0
12	33	4	0	29	0		0	0	0	58000	0	0
13	29	4	1	24	0		0	0	0	48000	0	0
14	24	4	0	24	0		0	4	0	48000	0	8000
15	24	4	0	20	0		0	0	0	40000	0	0
16	20	4	0	16	0		0	0	0	32000	0	0
17	16	4	0	12	0		0	0	0	24000	0	0
18	12	3	0	9	0		0	0	0	18000	0	0
19	9	4	0	5	0		0	0	0	10000	0	0
20	5	4	2	12	0		13	0	32000	24000	0	0
21	12	4	0	28	0		17	3	40000	56000	0	8000
22	28	4	0	24	0		0	0	0	48000	0	0
23	24	3	0	21	0		0	0	0	42000	0	0
24	21	4	0	17	0		0	0	0	34000	0	0
25	17	4	0	13	0		0	0	0	26000	0	0
26	13	4	0	14	0		5	0	16000	28000	0	0
27	14	4	0	10	0		0	0	0	20000	0	0
28	10	4	3	8	0		0	5	0	16000	0	8000
29	8	4	0	20	0		16	0	32000	40000	0	0
30	20	4	0	16	0		0	0	0	32000	0	0
							Total		224000	898000	0	32000

c. *Buyer 3*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B1	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	6	14	0		0	0	0	28000	0	0
2	14	6	8	0		0	0	0	16000	0	0
3	8	7	1	0		0	0	0	2000	0	0
4	1	6	0	5		0	0	0	0	125000	0
5	0	5	0	5		0	0	0	0	125000	0
6	0	8	14	0		19	3	50000	28000	0	8000
7	14	7	7	0		0	0	0	14000	0	0
8	7	6	1	0		0	0	0	2000	0	0
9	1	5	2	0		6	0	20000	4000	0	0
10	2	5	10	0		13	0	40000	20000	0	0
11	10	7	22	0		19	0	50000	44000	0	0
12	22	8	32	0		18	0	50000	64000	0	0
13	32	6	29	0		0	3	0	58000	0	8000
14	29	8	21	0		0	0	0	42000	0	0
15	21	8	13	0		0	0	0	26000	0	0
16	13	5	8	0		0	0	0	16000	0	0
17	8	4	4	0		0	0	0	8000	0	0
18	4	5	0	1		0	0	0	0	25000	0
19	0	7	0	7		0	0	0	0	175000	0
20	0	7	0	4		0	3	0	0	100000	8000
21	0	5	15	0		20	0	50000	30000	0	0
22	15	4	11	0		0	0	0	22000	0	0
23	11	8	3	0		0	0	0	6000	0	0
24	3	6	0	3		0	0	0	0	75000	0
25	0	7	0	7		0	0	0	0	175000	0
26	0	8	0	8		0	0	0	0	200000	0
27	0	5	18	0		20	3	50000	36000	0	8000
28	18	6	12	0		0	0	0	24000	0	0
29	12	5	7	0		0	0	0	14000	0	0
30	7	5	4	0		2	0	10000	8000	0	0
Total								320000	512000	1000000	32000

d. *Buyer 4*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B2	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	4	16	0		0	0	0	32000	0	0
2	16	4	12	0		0	0	0	24000	0	0
3	12	4	8	0		0	0	0	16000	0	0
4	8	4	4	0		0	0	0	8000	0	0
5	4	3	1	0		0	0	0	2000	0	0
6	1	4	16	0		18	1	40000	32000	0	8000
7	16	3	13	0		0	0	0	26000	0	0
8	13	3	10	0		0	0	0	20000	0	0
9	10	4	6	0		0	0	0	12000	0	0
10	6	4	15	0		13	0	32000	30000	0	0
11	15	4	11	0		0	0	0	22000	0	0
12	11	4	7	0		0	0	0	14000	0	0
13	7	3	5	0		0	1	0	10000	0	8000
14	5	4	1	0		0	0	0	2000	0	0
15	1	4	16	0		19	0	40000	32000	0	0
16	16	4	12	0		0	0	0	24000	0	0
17	12	4	8	0		0	0	0	16000	0	0
18	8	4	4	0		0	0	0	8000	0	0
19	4	3	1	0		0	0	0	2000	0	0
20	1	4	0	1		0	2	0	0	25000	8000
21	0	4	18	0		22	0	48000	36000	0	0
22	18	4	14	0		0	0	0	28000	0	0
23	14	4	36	0		26	0	56000	72000	0	0
24	36	4	40	0		8	0	16000	80000	0	0
25	40	4	48	0		12	0	24000	96000	0	0
26	48	4	44	0		0	0	0	88000	0	0
27	44	4	40	0		0	0	0	80000	0	0
28	40	4	39	0		0	3	0	78000	0	8000
29	39	4	35	0		0	0	0	70000	0	0
30	35	4	31	0		0	0	0	62000	0	0
Total								256000	1022000	25000	32000

e. Buyer 5

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B1	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost
1	20	7	0	13	0		0	0	26000	0
2	13	9	0	4	0		0	0	8000	0
3	4	7	0	0	3		0	0	0	75000
4	0	10	0	0	10		0	0	0	250000
5	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
6	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
7	0	7	1	0	8		0	0	0	200000
8	0	9	0	0	9		0	0	0	225000
9	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
10	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
11	0	6	0	0	6		0	0	0	150000
12	0	10	0	0	10		0	0	0	250000
13	0	8	1	0	9		0	0	0	225000
14	0	6	0	0	6		0	0	0	150000
15	0	6	0	0	6		0	0	0	150000
16	0	7	0	0	7		0	0	0	175000
17	0	7	0	0	7		0	0	0	175000
18	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
19	0	9	0	0	9		0	0	0	225000
20	0	9	0	0	9		0	0	0	225000
21	0	6	1	0	7		0	0	0	175000
22	0	7	0	0	7		0	0	0	175000
23	0	9	0	0	9		0	0	0	225000
24	0	7	0	0	7		0	0	0	175000
25	0	6	0	0	6		0	0	0	150000
26	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
27	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
28	0	10	1	0	11		0	0	0	275000
29	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
30	0	8	0	0	8		0	0	0	200000
							Total	0	34000	5450000

f. Vendor

t	Beginning Inventory	Decision Delivery to B1	Decision Delivery to B2	Decision Delivery to B3	Decision Delivery to B4	Decision Delivery to B5	Delivery Quantity to B1	Delivery Quantity to B2	Delivery Quantity to B3	Delivery Quantity to B4	Delivery Quantity to B5	Ending Inventory	Lost Sales	Setup Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost
1	20	1	0	0	0	0	25	0	0	0	0	13	0	5700	45500	0
2	13	0	1	0	0	0	0	20	0	0	0	11	0	0	38500	0
3	11	0	0	1	1	0	0	0	19	18	0	0	8	0	0	32000
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	5700	63000	0
5	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	126000	0
6	36	0	1	1	0	0	0	31	6	0	0	17	0	0	59500	0
7	17	0	0	1	1	0	0	0	13	13	0	9	0	5700	31500	0
8	9	0	0	1	0	0	0	0	19	0	0	8	0	0	28000	0
9	8	0	0	1	0	0	0	0	18	0	0	8	0	0	28000	0
10	8	1	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	3	5700	0	12000
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	63000	0
12	18	0	0	0	1	0	0	0	0	19	0	17	0	0	59500	0
13	17	1	0	0	0	0	29	0	0	0	0	6	0	5700	21000	0
14	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	84000	0
15	24	0	1	0	0	0	0	13	0	0	0	29	0	0	101500	0
16	29	1	1	0	0	0	27	17	0	0	0	3	0	5700	10500	0
17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	73500	0
18	21	0	0	1	1	0	0	0	20	22	0	0	3	0	0	12000
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	5700	63000	0
20	18	0	0	0	1	0	0	0	0	26	0	10	0	0	35000	0
21	10	0	1	0	1	0	0	5	0	8	0	15	0	0	52500	0
22	15	0	0	0	1	0	0	0	0	12	0	21	0	5700	73500	0
23	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0	136500	0
24	39	0	1	1	0	0	0	16	20	0	0	21	0	0	73500	0
25	21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	39	0	5700	136500	0
26	39	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	57	0	0	199500	0
27	57	1	1	1	0	0	29	23	2	0	0	21	0	0	73500	0
28	21	1	1	0	0	0	29	25	0	0	0	0	15	5700	0	60000
29	0	1	0	1	0	0	29	0	13	0	0	0	24	0	0	96000
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	63000	0
		7	8	9	9	0										
Delivery Freq		30	30	10	30	10							TOTAL	57000	1739500	212000

- **Produk 4**

- a. *Buyer 1*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B2	Demand from B3	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B5	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	10	4	0	0	6	0		0	0	0	12000	0	0
2	6	5	0	0	1	0		0	0	0	2000	0	0
3	1	2	0	0	0	1		0	0	0	0	20000	0
4	0	5	0	0	0	5		0	0	0	0	100000	0
5	0	4	0	0	24	0		28	0	91000	48000	0	0
6	24	5	0	0	19	0		0	0	0	38000	0	0
7	19	2	2	3	13	0		0	1	0	26000	0	13000
8	13	5	0	0	8	0		0	0	0	16000	0	0
9	8	4	0	0	4	0		0	0	0	8000	0	0
10	4	2	0	0	2	0		0	0	0	4000	0	0
11	2	3	0	0	0	1		0	0	0	0	20000	0
12	0	4	0	0	0	4		0	0	0	0	80000	0
13	0	2	2	1	26	0		30	1	104000	52000	0	13000
14	26	6	0	0	20	0		0	0	0	40000	0	0
15	20	5	0	0	15	0		0	0	0	30000	0	0
16	15	5	0	0	10	0		0	0	0	20000	0	0
17	10	6	0	0	12	0		8	0	26000	24000	0	0
18	12	3	0	0	9	0		0	0	0	18000	0	0
19	9	2	0	0	7	0		0	0	0	14000	0	0
20	7	2	0	0	29	0		24	0	78000	58000	0	0
21	29	4	2	3	22	0		0	2	0	44000	0	13000
22	22	2	0	0	20	0		0	0	0	40000	0	0
23	20	5	0	0	15	0		0	0	0	30000	0	0
24	15	3	0	0	17	0		5	0	26000	34000	0	0
25	17	4	0	0	13	0		0	0	0	26000	0	0
26	13	5	0	0	22	0		14	0	52000	44000	0	0
27	22	3	1	0	18	0		0	0	0	36000	0	0
28	18	2	0	3	15	0		0	2	0	30000	0	13000
29	15	5	0	0	10	0		0	0	0	20000	0	0
30	10	4	0	0	6	0		0	0	0	12000	0	0
Total										377000	726000	220000	52000

- b. *Buyer 2*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B4	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B1	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	8	0	12	0		0	0	0	24000	0	0
2	12	7	0	5	0		0	0	0	10000	0	0
3	5	6	0	0	1		0	0	0	0	25000	0
4	0	4	0	0	4		0	0	0	0	100000	0
5	0	8	0	0	8		0	0	0	0	200000	0
6	0	8	2	12	0		22	0	48000	24000	0	0
7	12	7	0	36	0		29	2	64000	72000	0	8000
8	36	8	0	28	0		0	0	0	56000	0	0
9	28	7	0	21	0		0	0	0	42000	0	0
10	21	6	0	15	0		0	0	0	30000	0	0
11	15	8	0	29	0		22	0	48000	58000	0	0
12	29	4	0	25	0		0	0	0	50000	0	0
13	25	5	3	19	0		0	2	0	38000	0	8000
14	19	7	0	12	0		0	0	0	24000	0	0
15	12	5	0	26	0		19	0	40000	52000	0	0
16	26	5	0	21	0		0	0	0	42000	0	0
17	21	6	0	15	0		0	0	0	30000	0	0
18	15	8	0	7	0		0	0	0	14000	0	0
19	7	10	0	0	3		0	0	0	0	75000	0
20	0	9	1	0	2		8	0	16000	0	50000	0
21	0	9	0	6	0		13	2	32000	12000	0	8000
22	6	9	0	0	3		0	0	0	0	75000	0
23	0	3	0	0	3		0	0	0	0	75000	0
24	0	4	0	0	4		0	0	0	0	100000	0
25	0	7	0	0	7		0	0	0	0	175000	0
26	0	8	0	20	0		28	0	56000	40000	0	0
27	20	7	2	46	0		34	1	72000	92000	0	8000
28	46	8	0	38	0		0	0	0	76000	0	0
29	38	4	0	68	0		34	0	72000	136000	0	0
30	68	8	0	60	0		0	0	0	120000	0	0
							Total		448000	1042000	875000	32000

c. *Buyer 3*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B1	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	11	9	0		0	0	0	18000	0	0
2	9	10	0	1		0	0	0	0	30000	0
3	0	9	0	9		0	0	0	0	270000	0
4	0	13	0	13		0	0	0	0	390000	0
5	0	11	0	11		0	0	0	0	330000	0
6	0	9	24	0		33	0	90000	48000	0	0
7	24	10	17	0		0	3	0	34000	0	8000
8	17	10	7	0		0	0	0	14000	0	0
9	7	12	4	0		9	0	30000	8000	0	0
10	4	12	8	0		16	0	40000	16000	0	0
11	8	13	21	0		26	0	70000	42000	0	0
12	21	12	38	0		29	0	80000	76000	0	0
13	38	13	26	0		0	1	0	52000	0	8000
14	26	11	27	0		12	0	30000	54000	0	0
15	27	12	15	0		0	0	0	30000	0	0
16	15	10	5	0		0	0	0	10000	0	0
17	5	12	0	7		0	0	0	0	210000	0
18	0	10	0	10		0	0	0	0	300000	0
19	0	10	18	0		28	0	70000	36000	0	0
20	18	12	6	0		0	0	0	12000	0	0
21	6	9	33	0		33	3	90000	66000	0	8000
22	33	10	23	0		0	0	0	46000	0	0
23	23	12	11	0		0	0	0	22000	0	0
24	11	9	2	0		0	0	0	4000	0	0
25	2	12	0	10		0	0	0	0	300000	0
26	0	13	0	13		0	0	0	0	390000	0
27	0	9	0	9		0	0	0	0	270000	0
28	0	11	0	8		0	3	0	0	240000	8000
29	0	9	0	9		0	0	0	0	270000	0
30	0	10	23	0		33	0	90000	46000	0	0
Total								590000	634000	3000000	32000

d. *Buyer 4*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B2	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	10	10	0		0	0	0	20000	0	0
2	10	5	5	0		0	0	0	10000	0	0
3	5	10	0	5		0	0	0	0	125000	0
4	0	7	0	7		0	0	0	0	175000	0
5	0	11	0	11		0	0	0	0	275000	0
6	0	10	30	0		38	2	80000	60000	0	8000
7	30	4	26	0		0	0	0	52000	0	0
8	26	8	18	0		0	0	0	36000	0	0
9	18	9	17	0		8	0	16000	34000	0	0
10	17	7	22	0		12	0	24000	44000	0	0
11	22	7	15	0		0	0	0	30000	0	0
12	15	10	5	0		0	0	0	10000	0	0
13	5	8	0	0		0	3	0	0	0	8000
14	0	10	13	0		23	0	48000	26000	0	0
15	13	5	8	0		0	0	0	16000	0	0
16	8	4	4	0		0	0	0	8000	0	0
17	4	11	0	7		0	0	0	0	175000	0
18	0	9	21	0		30	0	64000	42000	0	0
19	21	11	44	0		34	0	72000	88000	0	0
20	44	11	34	0		0	1	0	68000	0	8000
21	34	5	46	0		17	0	40000	92000	0	0
22	46	6	40	0		0	0	0	80000	0	0
23	40	4	36	0		0	0	0	72000	0	0
24	36	10	26	0		0	0	0	52000	0	0
25	26	10	16	0		0	0	0	32000	0	0
26	16	5	11	0		0	0	0	22000	0	0
27	11	7	6	0		0	2	0	12000	0	8000
28	6	9	19	0		22	0	48000	38000	0	0
29	19	6	40	0		27	0	56000	80000	0	0
30	40	12	28	0		0	0	0	56000	0	0
Total								448000	1080000	750000	32000

e. *Buyer 5*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B1	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost
1	20	17	0	3	0		0	0	6000	0
2	3	14	0	0	11		0	0	0	385000
3	0	19	0	0	19		0	0	0	665000
4	0	22	0	0	22		0	0	0	770000
5	0	16	0	0	16		0	0	0	560000
6	0	15	0	0	15		0	0	0	525000
7	0	14	1	0	15		0	0	0	525000
8	0	15	0	0	15		0	0	0	525000
9	0	25	0	0	25		0	0	0	875000
10	0	14	0	0	14		0	0	0	490000
11	0	18	0	0	18		0	0	0	630000
12	0	16	0	0	16		0	0	0	560000
13	0	18	1	0	19		0	0	0	665000
14	0	10	0	0	10		0	0	0	350000
15	0	13	0	0	13		0	0	0	455000
16	0	19	0	0	19		0	0	0	665000
17	0	8	0	0	8		0	0	0	280000
18	0	18	0	0	18		0	0	0	630000
19	0	16	0	0	16		0	0	0	560000
20	0	10	0	0	10		0	0	0	350000
21	0	16	2	0	18		0	0	0	630000
22	0	11	0	0	11		0	0	0	385000
23	0	24	0	0	24		0	0	0	840000
24	0	19	0	0	19		0	0	0	665000
25	0	16	0	0	16		0	0	0	560000
26	0	13	0	0	13		0	0	0	455000
27	0	23	0	0	23		0	0	0	805000
28	0	15	2	0	17		0	0	0	595000
29	0	16	0	0	16		0	0	0	560000
30	0	15	0	0	15		0	0	0	525000
							Total	0	6000	16485000

f. *Vendor*

t	Beginning Inventory	Decision Delivery to B1	Decision Delivery to B2	Decision Delivery to B3	Decision Delivery to B4	Decision Delivery to B5	Delivery Quantity to B1	Delivery Quantity to B2	Delivery Quantity to B3	Delivery Quantity to B4	Delivery Quantity to B5	Ending Inventory	Lost Sales	Setup Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	
1	20	1	1	0	0	0	28	22	0	0	0	0	4	5700	0	28000	
2	0	0	1	0	0	0	0	29	0	0	0	0	3	0	0	21000	
3	0	0	0	1	1	0	0	0	33	38	0	0	45	0	0	315000	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	5700	91000	0	
5	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	0	0	182000	0	
6	52	0	1	1	1	0	0	22	9	8	0	39	0	0	136500	0	
7	39	0	0	1	1	0	0	0	16	12	0	37	0	5700	129500	0	
8	37	0	0	1	0	0	0	0	26	0	0	37	0	0	129500	0	
9	37	1	0	1	0	0	30	0	29	0	0	4	0	0	14000	0	
10	4	0	1	0	0	0	0	19	0	0	0	11	0	5700	38500	0	
11	11	0	0	1	1	0	0	0	12	23	0	2	0	0	7000	0	
12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	98000	0	
13	28	1	0	0	0	0	8	0	0	0	0	46	0	5700	161000	0	
14	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	0	252000	0	
15	72	0	1	0	1	0	0	8	0	30	0	60	0	0	210000	0	
16	60	1	1	1	1	0	24	13	28	34	0	0	13	5700	0	91000	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	91000	0	
18	26	0	0	1	1	0	0	0	33	17	0	2	0	0	7000	0	
19	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	28	0	5700	98000	0	
20	28	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	49	0	0	171500	0	
21	49	0	1	0	1	0	0	28	0	0	0	47	0	0	164500	0	
22	47	1	1	0	0	0	14	34	0	0	0	25	0	5700	87500	0	
23	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0	0	178500	0	
24	51	0	1	0	0	0	0	34	0	0	0	43	0	0	150500	0	
25	43	0	0	0	1	0	0	0	0	22	0	47	0	5700	164500	0	
26	47	0	0	0	1	0	0	0	0	27	0	46	0	0	161000	0	
27	46	0	1	1	0	0	0	0	33	0	0	39	0	0	136500	0	
28	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	5700	227500	0	
29	65	1	0	0	0	0	24	0	0	0	0	67	0	0	234500	0	
30	67	1	0	0	0	0	28	0	0	0	0	65	0	0	227500	0	
		8	10	9	11	0											
	Delivery Freq	8	15	10	15	6								TOTAL	57000	3549000	455000

- **Produk 5**

- a. *Buyer 1*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B2	Demand from B3	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B5	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	10	8	0	0	2	0		0	0	0	4000	0	0
2	2	10	0	0	0	8		0	0	0	0	200000	0
3	0	15	0	0	0	15		0	0	0	0	375000	0
4	0	7	0	0	0	7		0	0	0	0	175000	0
5	0	7	0	0	29	0		36	0	117000	58000	0	0
6	29	9	1	1	18	0		0	0	0	36000	0	0
7	18	9	0	0	11	0		0	2	0	22000	0	13000
8	11	7	0	0	42	0		38	0	130000	84000	0	0
9	42	13	0	0	29	0		0	0	0	58000	0	0
10	29	8	0	0	21	0		0	0	0	42000	0	0
11	21	15	0	0	6	0		0	0	0	12000	0	0
12	6	6	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
13	0	8	0	1	0	0		9	0	39000	0	0	0
14	0	12	2	0	5	0		17	2	65000	10000	0	13000
15	5	10	0	0	0	5		0	0	0	0	125000	0
16	0	10	0	0	0	10		0	0	0	0	250000	0
17	0	10	0	0	28	0		38	0	130000	56000	0	0
18	28	10	0	0	18	0		0	0	0	36000	0	0
19	18	10	0	0	8	0		0	0	0	16000	0	0
20	8	10	3	0	33	0		38	0	130000	66000	0	0
21	33	11	0	1	23	0		0	2	0	46000	0	13000
22	23	9	0	0	14	0		0	0	0	28000	0	0
23	14	11	0	0	3	0		0	0	0	6000	0	0
24	3	8	0	0	0	5		0	0	0	0	125000	0
25	0	10	0	0	0	10		0	0	0	0	250000	0
26	0	9	0	0	0	9		0	0	0	0	225000	0
27	0	6	0	0	29	0		35	0	117000	58000	0	0
28	29	10	2	1	19	0		0	3	0	38000	0	13000
29	19	12	0	0	7	0		0	0	0	14000	0	0
30	7	6	0	0	1	0		0	0	0	2000	0	0
								Total		728000	692000	1725000	52000

- b. *Buyer 2*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B4	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B1	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	12	0	8	0		0	0	0	16000	0	0
2	8	13	0	0	5		0	0	0	0	125000	0
3	0	12	0	0	12		0	0	0	0	300000	0
4	0	12	0	0	12		0	0	0	0	300000	0
5	0	15	0	0	15		0	0	0	0	375000	0
6	0	13	9	0	21		0	1	0	0	525000	8000
7	0	13	0	30	0		43	0	88000	60000	0	0
8	30	14	0	16	0		0	0	0	32000	0	0
9	16	12	0	4	0		0	0	0	8000	0	0
10	4	15	0	0	11		0	0	0	0	275000	0
11	0	15	0	28	0		43	0	88000	56000	0	0
12	28	15	0	13	0		0	0	0	26000	0	0
13	13	12	10	0	9		0	0	0	0	225000	0
14	0	14	0	0	12		0	2	0	0	300000	8000
15	0	12	0	31	0		43	0	88000	62000	0	0
16	31	11	0	35	0		15	0	32000	70000	0	0
17	35	13	0	22	0		0	0	0	44000	0	0
18	22	16	0	6	0		0	0	0	12000	0	0
19	6	6	0	0	0		0	0	0	0	0	0
20	0	12	7	0	4		12	3	24000	0	100000	8000
21	0	15	0	0	7		8	0	16000	0	175000	0
22	0	12	0	9	0		21	0	48000	18000	0	0
23	9	13	0	0	4		0	0	0	0	100000	0
24	0	11	0	32	0		43	0	88000	64000	0	0
25	32	11	0	21	0		0	0	0	42000	0	0
26	21	12	0	52	0		43	0	88000	104000	0	0
27	52	13	9	64	0		34	0	72000	128000	0	0
28	64	14	0	52	0		0	2	0	104000	0	8000
29	52	15	0	48	0		11	0	24000	96000	0	0
30	48	14	0	56	0		22	0	48000	112000	0	0
							Total		704000	1054000	2800000	32000

c. Buyer 3

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B1	Order Received from B5	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	8	12	0		0	0	0	0	24000	0	0
2	12	5	7	0		0	0	0	0	14000	0	0
3	7	5	2	0		0	0	0	0	4000	0	0
4	2	9	0	7		0	0	0	0	0	175000	0
5	0	6	0	6		0	0	0	0	0	150000	0
6	0	10	20	0		29	1	0	80000	40000	0	0
7	20	5	16	0		0	0	1	0	32000	0	8000
8	16	9	7	0		0	0	0	0	14000	0	0
9	7	6	12	0		11	0	0	30000	24000	0	0
10	12	10	17	0		15	0	0	40000	34000	0	0
11	17	8	33	0		24	0	0	60000	66000	0	0
12	33	6	46	0		19	0	0	50000	92000	0	0
13	46	9	39	0		0	1	1	0	78000	0	8000
14	39	8	32	0		0	0	1	0	64000	0	8000
15	32	8	24	0		0	0	0	0	48000	0	0
16	24	9	15	0		0	0	0	0	30000	0	0
17	15	9	6	0		0	0	0	0	12000	0	0
18	6	6	0	0		0	0	0	0	0	0	0
19	0	11	5	0		16	0	0	40000	10000	0	0
20	5	6	0	1		0	0	0	0	0	25000	0
21	0	7	27	0		31	1	2	80000	54000	0	8000
22	27	11	16	0		0	0	0	0	32000	0	0
23	16	7	9	0		0	0	0	0	18000	0	0
24	9	9	0	0		0	0	0	0	0	0	0
25	0	7	0	7		0	0	0	0	0	175000	0
26	0	5	17	0		22	0	0	60000	34000	0	0
27	17	6	12	0		0	0	1	0	24000	0	8000
28	12	9	5	0		0	1	1	0	10000	0	8000
29	5	8	0	3		0	0	0	0	0	75000	0
30	0	10	9	0		19	0	0	50000	18000	0	0
						Total			490000	776000	600000	48000

d. Buyer 4

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Order Received from B2	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost	Ordering Cost B2B
1	20	6	14	0		0	0	0	28000	0	0
2	14	8	6	0		0	0	0	12000	0	0
3	6	5	1	0		0	0	0	2000	0	0
4	1	6	0	5		0	0	0	0	125000	0
5	0	7	0	7		0	0	0	0	175000	0
6	0	5	39	0		35	9	72000	78000	0	8000
7	39	6	33	0		0	0	0	66000	0	0
8	33	8	25	0		0	0	0	50000	0	0
9	25	7	18	0		0	0	0	36000	0	0
10	18	4	17	0		3	0	8000	34000	0	0
11	17	6	11	0		0	0	0	22000	0	0
12	11	6	5	0		0	0	0	10000	0	0
13	5	6	9	0		0	10	0	18000	0	8000
14	9	5	29	0		25	0	56000	58000	0	0
15	29	6	54	0		31	0	64000	108000	0	0
16	54	4	50	0		0	0	0	100000	0	0
17	50	4	46	0		0	0	0	92000	0	0
18	46	4	42	0		0	0	0	84000	0	0
19	42	7	35	0		0	0	0	70000	0	0
20	35	5	37	0		0	7	0	74000	0	8000
21	37	6	31	0		0	0	0	62000	0	0
22	31	7	24	0		0	0	0	48000	0	0
23	24	8	16	0		0	0	0	32000	0	0
24	16	8	8	0		0	0	0	16000	0	0
25	8	4	16	0		12	0	24000	32000	0	0
26	16	5	11	0		0	0	0	22000	0	0
27	11	4	16	0		0	9	0	32000	0	8000
28	16	6	30	0		20	0	40000	60000	0	0
29	30	4	51	0		25	0	56000	102000	0	0
30	51	4	67	0		20	0	40000	134000	0	0
						Total		360000	1482000	300000	32000

e. *Buyer 5*

t	Beginning Inventory	Customer Demand	Demand from B1	Demand from B3	Ending Inventory	Lost Sales	Order Status	Order Received from Vendor	Delivery Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost
1	20	8	0	0	12	0		0	0	24000	0
2	12	10	0	0	2	0		0	0	4000	0
3	2	9	0	0	0	7		0	0	0	210000
4	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
5	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
6	0	9	0	0	0	9		0	0	0	270000
7	0	11	2	1	0	14		0	0	0	420000
8	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
9	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
10	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
11	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
12	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
13	0	10	0	1	0	11		0	0	0	330000
14	0	11	2	1	0	14		0	0	0	420000
15	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
16	0	11	0	0	0	11		0	0	0	330000
17	0	12	0	0	0	12		0	0	0	360000
18	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
19	0	8	0	0	0	8		0	0	0	240000
20	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
21	0	10	2	2	0	14		0	0	0	420000
22	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
23	0	9	0	0	0	9		0	0	0	270000
24	0	9	0	0	0	9		0	0	0	270000
25	0	9	0	0	0	9		0	0	0	270000
26	0	10	0	0	0	10		0	0	0	300000
27	0	11	0	1	0	12		0	0	0	360000
28	0	10	3	1	0	14		0	0	0	420000
29	0	9	0	0	0	9		0	0	0	270000
30	0	11	0	0	0	11		0	0	0	330000
Total									0	28000	8790000

f. *Vendor*

t	Beginning Inventory	Decision Delivery to B1	Decision Delivery to B2	Decision Delivery to B3	Decision Delivery to B4	Decision Delivery to B5	Delivery Quantity to B1	Delivery Quantity to B2	Delivery Quantity to B3	Delivery Quantity to B4	Delivery Quantity to B5	Ending Inventory	Lost Sales	Setup Cost	Inventory Cost	Lost Sales Cost
1	20	1	0	0	0	0	36	0	0	0	0	11	0	5700	38500	0
2	11	0	1	0	0	0	0	43	0	0	0	0	5	0	0	20000
3	0	0	0	1	1	0	0	0	29	35	0	0	37	0	0	148000
4	0	1	0	0	0	0	38	0	0	0	0	11	0	5700	0	44000
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	94500	0
6	27	0	1	1	1	0	0	43	11	0	0	7,11E-15	0	0	2,49E-11	0
7	7,1054E-15	0	0	1	1	0	0	0	15	3	0	9	0	5700	31500	0
8	9	0	0	1	0	0	0	0	24	0	0	12	0	0	42000	0
9	12	1	0	1	0	0	9	0	19	0	0	11	0	0	38500	0
10	11	1	1	0	0	0	17	43	0	0	0	0	22	5700	0	88000
11	0	0	1	1	1	0	0	15	0	25	0	0	13	0	0	52000
12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	31	0	0	4	0	0	16000
13	0	1	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	11	5700	0	44000
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	94500	0
15	27	0	1	0	0	0	0	12	0	0	0	42	0	0	147000	0
16	42	1	1	1	1	0	38	8	16	0	0	7	0	5700	24500	0
17	7	0	1	0	0	0	0	21	0	0	0	13	0	0	45500	0
18	13	0	0	1	1	0	0	0	31	0	0	9	0	0	31500	0
19	9	0	1	0	0	0	0	43	0	0	0	0	7	5700	0	28000
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	94500	0
21	27	0	1	0	0	0	0	43	0	0	0	11	0	0	38500	0
22	11	0	1	0	1	0	0	34	0	12	0	0	8	5700	0	32000
23	0	1	0	1	0	0	35	0	22	0	0	0	30	0	0	120000
24	0	0	1	0	0	0	0	11	0	0	0	16	0	0	56000	0
25	16	0	1	0	1	0	0	22	0	20	0	1	0	5700	3500	0
26	1	0	0	0	1	0	0	0	0	25	0	3	0	0	10500	0
27	3	1	1	1	1	0	9	0	19	20	0	0	18	0	0	72000
28	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	5700	94500	0
29	27	1	0	0	0	0	31	0	0	0	0	23	0	0	80500	0
30	23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	50	0	0	175000	0
Delivery Freq		9	14	10	12	0							TOTAL	57000	1141000	664000