OPTIMALISASI DISTRIBUSI PERSEDIAAN DENGAN PENDEKATAN *VENDOR MANAGED INVENTORY* (VMI) PADA SISTEM MULTI-VENDOR DAN MULTI-RETAILER DENGAN KETIDAKPASTIAN PERMINTAAN

TUGAS AKHIR

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

Nama : Tiflaturrizki Utami
No. Mahasiswa : 22522279

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026

PERNYATAAN KEASLIAN

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

Yogyakarta, 03 – Juni - 2026



(Tiflaturrizki Utami)

22522279

SURAT BUKTI PENELITIAN

FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI
Gedung KH. Was Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4110, 4120
F. (0274) 895007
E. ft@uii.ac.id
W. ft.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor : 292/Ka.lab SIMANTI/20/Lab.SIMANTI/VI/2026

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa:

Nama : Tiflaturrizki Utami

Nim : 22522279

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 **"OPTIMALISASI DISTRIBUSI PERSEDIAAN DENGAN PENDEKATAN *VENDOR MANAGED INVENTORY* (VMI) PADA SISTEM MULTI-VENDOR DAN MULTI-RETAILER DENGAN KETIDAKPASTIAN PERMINTAAN".** Mulai penelitian 23 September 2025 sampai 29 Mei 2026

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

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Yogyakarta, 2 Juni 2026

Kepala Laboratorium

Sistem Manufaktur Terintegrasi

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

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

OPTIMALISASI DISTRIBUSI PERSEDIAAN DENGAN PENDEKATAN *VENDOR MANAGED INVENTORY* (VMI) PADA SISTEM MULTI-VENDOR DAN MULTI-RETAILER DENGAN KETIDAKPASTIAN PERMINTAAN

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Tiflaturrizki Utami

No. Mahasiswa : 22522279

Yogyakarta, 17 Juni 2026

Dosen Pembimbing

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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

OPTIMALISASI DISTRIBUSI PERSEDIAAN DENGAN PENDEKATAN *VENDOR MANAGED INVENTORY* (VMI) PADA SISTEM MULTI-VENDOR DAN MULTI-RETAILER DENGAN KETIDAKPASTIAN PERMINTAAN

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Tiflaturrizki Utami

No. Mahasiswa : 22522279

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 17 - Juni – 2026

Tim Penguji

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM Ketua	
Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc. Anggota I	
Dr. Harwati, S.T., M.T. Anggota II	

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

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

NIK.015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, Tugas Akhir ini saya dedikasikan untuk orang-orang paling berarti dalam hidup saya: kepada Ayahanda H. Hanafiah dan Ibunda Farida, terima kasih atas pengorbanan, bimbingan, dan kepercayaan yang telah diberikan. Gelar ini adalah bentuk kecil dari rasa terima kasih atas segala kerja keras kalian dalam mendidik saya. Kepada Nenek saya, Hj. Hasanah, terimakasih atas untaian doa dan kasih sayang yang menjadi penguat dalam perjalanan akademik ini. Serta kedua adik saya, Adila Nafisatussakinah dan Afifa Almahyra Hanafi, terimakasih terlah menjadi pemberi warna dalam sehari-hari hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

MOTTO

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan"
[QS. Al-Insyirah: 5-6]

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya Dia mendapat (pahala) dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan mendapat (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya"
[QS. Al-Baqarah: 286]

"*Sebutkanlah namaNya, Tetap dijalanNya, Kelak kau mengingat, Kau kan teringat, Terus berenang Lanjutlah Mendaki*."
[33x-Perunggu]

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrahim

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Optimalisasi Distribusi Persediaan dengan Pendekatan *Vendor managed inventory* (VMI) pada Sistem Multi-Vendor dan *Multi retailer* dengan Ketidakpastian Permintaan" dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam. Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, motivasi, doa, serta arahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan waktu, tenaga, perhatian, serta kesabaran dalam membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi. Terima kasih atas arahan, masukan, motivasi, dan pengingat yang selalu diberikan kepada penulis untuk terus menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Penulis sangat bersyukur karena selama proses bimbingan tidak hanya mendapatkan ilmu dan arahan akademik, tetapi juga banyak pelajaran mengenai tanggung jawab, proses, dan kedisiplinan.
4. Kedua orang tua tercinta, ayahanda H. Hanafiah dan ibunda Farida, yang menjadi alasan terbesar penulis untuk terus bertahan dan menyelesaikan pendidikan hingga tahap ini. Terima kasih atas segala doa yang tidak pernah putus, dukungan yang tidak pernah berkurang, serta kasih sayang yang selalu diberikan dalam setiap proses kehidupan penulis. Terima kasih karena selalu hadir dalam bentuk perhatian sederhana, dukungan kecil yang sering kali tidak terlihat, tetapi sangat berarti bagi penulis. Semua perjuangan, pengorbanan, dan ketulusan yang diberikan tidak akan pernah cukup dibalas dengan apa pun.
5. Kedua adik perempuan penulis, Adila Nafisatus Sakinah dan Afifah Almahyra Hanafi, yang selalu menjadi penyemangat di tengah rasa lelah selama proses penyusunan skripsi. Terima kasih atas tawa, cerita, candaan, dan hal-hal sederhana yang tanpa disadari mampu membuat penulis kembali memiliki semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Kehadiran kalian menjadi salah satu alasan rumah selalu terasa nyaman untuk Kembali. Penulis berharap dapat menjadi contoh yang baik bagi kalian, sebagaimana kalian juga telah menjadi pengingat bagi penulis untuk terus tumbuh menjadi pribadi yang lebih kuat, sabar, dan bertanggung jawab.
6. Keluarga besar H. M. Yusuf Ilyas dan Keluarga Besar Mursid yang selalu memberikan doa, perhatian, dukungan, dan semangat kepada penulis selama menjalani masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena selalu percaya pada proses yang sedang dijalani penulis dan selalu menjadi tempat pulang yang penuh kehangatan. Dukungan yang diberikan, baik melalui perhatian,

nasihat, maupun doa-doa sederhana, menjadi kekuatan tersendiri bagi penulis untuk tetap menyelesaikan tanggung jawab ini sampai akhir.

7. Teman-teman seperjuangan sejak awal perkuliahan, yaitu Agim, Pradita, Salwa, Nindi, Kela, dan Dela yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan penulis selama masa perkuliahan. Terima kasih karena telah hadir bukan hanya sebagai teman belajar, tetapi juga sebagai tempat berbagi cerita, keluh kesah, kebingungan, tekanan, serta berbagai proses yang dilalui selama kuliah. Terima kasih telah menemani hari-hari yang penuh tugas, revisi, ujian, dan berbagai fase yang tidak selalu mudah untuk dijalani sendiri. Penulis bersyukur dipertemukan dengan orang-orang yang mampu menerima segala cerita dan keadaan tanpa menghakimi.
8. Keluarga Allbes tercinta, yaitu Zuyin, Mora, Dita, Erin, Rylen, Ryco, Ilham, Adji, Kipung, Rofli, Aziz, Iki, Rehan, Yudis, Fai, Alung, dan Nawad yang telah menjadi bagian dari cerita perkuliahan penulis sejak masa awal menjadi mahasiswa. Terima kasih atas kebersamaan yang tercipta melalui proses belajar bersama, mengerjakan tugas, persiapan UTS maupun UAS, hingga menghabiskan banyak waktu di satu tempat hanya untuk saling membantu memahami materi perkuliahan. Di balik lelahnya proses perkuliahan, kalian selalu berhasil menghadirkan tawa, cerita, dan suasana yang membuat semuanya terasa lebih ringan untuk dijalani. Penulis sangat bersyukur karena selama masa perkuliahan dipertemukan dengan lingkungan yang tidak hanya memberikan bantuan dalam akademik, tetapi juga rasa kekeluargaan yang tulus.
9. Nasywa dan Cherie yang dipertemukan dengan penulis pada masa kegiatan himpunan dan tetap menjadi sahabat hingga saat ini. Terima kasih karena telah bertahan di setiap fase kehidupan perkuliahan penulis, menjadi tempat berbagi cerita, pendengar yang baik, serta selalu hadir di saat penulis membutuhkan dukungan. Kehadiran kalian menjadi salah satu bagian yang membuat perjalanan selama masa kuliah terasa lebih berarti dan penuh kenangan baik.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat, wawasan, serta menjadi referensi bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

ABSTRAK

Sistem distribusi pada Perusahaan X masih menghadapi kendala dalam pengelolaan persediaan dan penentuan alokasi distribusi produk akibat adanya ketidakpastian permintaan. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya biaya operasional serta menurunkan efisiensi kinerja rantai pasok. Selain itu, proses pemilihan vendor yang belum dilakukan secara terintegrasi mengakibatkan aktivitas distribusi belum berjalan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem distribusi persediaan pada jaringan multi-vendor dan multi-retailer melalui penerapan metode *Vendor Managed Inventory* (VMI) dengan kebijakan *Periodic Review* (P-*System*), pendekatan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP), serta konsep *single sourcing*.
Model optimasi disusun dengan mempertimbangkan keputusan mengenai jumlah produk yang didistribusikan, pemilihan vendor, kapasitas produksi, kapasitas distribusi, tingkat persediaan, serta komponen biaya yang terdiri atas *economic cost*, *environmental cost*, dan *social cost*. Model tersebut diselesaikan menggunakan *Microsoft Excel Solver* untuk memperoleh keputusan distribusi yang menghasilkan total biaya minimum.
Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode VMI mampu menghasilkan keputusan distribusi dan pemilihan vendor yang optimal pada sistem yang melibatkan 2 vendor, 9 retailer, dan 7 jenis produk. Implementasi konsep *single sourcing* memastikan bahwa setiap retailer hanya memperoleh pasokan dari satu vendor pada setiap periode distribusi. Berdasarkan hasil optimasi, total biaya sistem yang diperoleh sebesar Rp42.972.972,34, lebih rendah dibandingkan kondisi awal sebesar Rp79.521.641,02. Dengan demikian, terjadi penghematan biaya sebesar Rp36.548.668,68 atau sebesar 45,96%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penerapan metode VMI yang dipadukan dengan pendekatan MILP dan konsep *single sourcing* mampu meningkatkan efisiensi sistem distribusi sekaligus menekan total biaya dalam rantai pasok Perusahaan X.
Kata kunci: *Vendor Managed Inventory* (VMI), *Mixed Integer Linear Programming* (MILP), *Single Sourcing*, Distribusi Persediaan, Optimasi Rantai Pasok.

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 ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **XIII**
DAFTAR TABEL ..... **XV**
DAFTAR GAMBAR ..... **XVII**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1 Kajian Literatur 7
2.2 *Research Gap* 13
2.3 Landasan Teori 16
2.3.1. Supply Chain 16
2.3.2. Supply chain management 16
2.3.3. Permintaan 17
2.3.4. Ketidakpastian Permintaan 17
2.3.5. Persediaan 18
2.3.6. Manajemen Persediaan 18
2.3.7. Bullwhip Effect 19
2.3.8. Vendor managed inventory (VMI) 21
2.3.9. Periodic Review System (P-System) 21
2.3.10. Mixed Integer Linear Programming (MILP) 22
BAB III METODE PENELITIAN **23**
3.1 Objek Penelitian 23
3.2 Subjek Penelitian 23
3.3 Jenis Data Penelitian 23
3.4 Komponen Model 24
3.4.1. Notasi Model 24
3.5 Pengembangan Model Matematis 26
3.5.1. Justifikasi Penggunaan Variabel Biner dan MILP 26
3.5.2. Fungsi Tujuan 27
3.5.3. Total Biaya Retailer 28
3.5.4. Total Biaya Vendor 29
3.6 Alur penelitian 30
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA **36**
4.1 Pengumpulan Data 36
4.1.1. Deskripsi Sistem 36
4.1.2. Deskripsi Produk 38

4.1.3. Data Penelitian 40
4.2 Pengolahan Data 41
4.2.1. Data Permintaan Retailer 41
4.2.2. Data Persediaan Awal Retailer 44
4.2.3. Data Biaya Penyimpanan 48
4.2.4. Data Parameter Transportasi 48
4.2.5. Data Vendor 49
4.3 Hasil Optimasi Menggunakan *Microsoft Excel Solver* 51
4.3.1. Hasil Distribusi Produk 51
4.3.2. Hasil Pemilihan Vendor (Single Sourcing) 55
4.3.3. Hasil Total Biaya Sistem 58
BAB V PEMBAHASAN 61
5.1 Analisis Distribusi Produk 61
5.2 Analisis Pola Pengiriman Produk ke Retailer 62
5.2.1. Produk 1 62
5.2.2. Produk 2 63
5.2.3. Produk 4 65
5.2.4. Produk 5 67
5.2.5. Produk 6 69
5.2.6. Produk 7 70
5.3 Analisis Pemilihan Vendor 72
5.4 Analisis Total cost Sistem 74
5.5 Analisis Penerapan *Single Sourcing* 75
5.6 Perbandingan Total *Cost* Sebelum dan Sesudah Optimasi 76
5.7 Keterbatasan Penelitian 79
BAB VI PENUTUP 68
6.1 Kesimpulan 68
6.2 Saran 68
DAFTAR PUSTAKA 70
LAMPIRAN A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Validasi Model 33
Tabel 4. 1 Biaya yang Terjadi di Vendor 1 40
Tabel 4. 2 Biaya yang Terjadi di Vendor 2 40
Tabel 4. 3 Data Permintaan Retailer Produk 1 41
Tabel 4. 4 Data Permintaan Retailer Produk 2 42
Tabel 4. 5 Data Permintaan Retailer Produk 3 42
Tabel 4. 6 Data Permintaan Retailer Produk 4 43
Tabel 4. 7 Data Permintaan Retailer Produk 5 43
Tabel 4. 8 Data Permintaan Retailer Produk 6 44
Tabel 4. 9 Data Permintaan Retailer Produk 7 44
Tabel 4. 10 Data Persediaan Awal Retailer Produk 1 45
Tabel 4. 11 Data Persediaan Awal Retailer Produk 2 45
Tabel 4. 12 Data Persediaan Awal Retailer Produk 3 45
Tabel 4. 13 Data Persediaan Awal Retailer Produk 4 46
Tabel 4. 14 Data Persediaan Awal Retailer Produk 5 46
Tabel 4. 15 Data Persediaan Awal Retailer Produk 6 47
Tabel 4. 16 Data Persediaan Awal Retailer Produk 7 47
Tabel 4. 17 Data Biaya Penyimpanan 48
Tabel 4. 18 Data Parameter Transportasi 49
Tabel 4. 19 Data *Economic Cost* Vendor 49
Tabel 4. 20 Data *Enviromental Cost* Vendor 50
Tabel 4. 21 Data *Social Cost* Vendor 51
Tabel 4. 22 Hasil Distribusi Produk 1 52
Tabel 4. 23 Hasil Distribusi Produk 2 52
Tabel 4. 24 Hasil Distribusi Produk 3 52
Tabel 4. 25 Hasil Distribusi Produk 4 53
Tabel 4. 26 Hasil Distribusi Produk 5 54
Tabel 4. 27 Hasil Distribusi Produk 6 54
Tabel 4. 28 Hasil Distribusi Produk 7 54
Tabel 4. 29 Hasil Pemilihan Vendor Produk 1 55
Tabel 4. 30 Hasil Pemilihan Vendor Produk 2 55
Tabel 4. 31 Hasil Pemilihan Vendor Produk 4 56
Tabel 4. 32 Hasil Pemilihan Vendor Produk 56
Tabel 4. 33 Hasil Pemilihan Vendor Produk 6 57
Tabel 4. 34 Hasil Pemilihan Vendor Produk 7 58
Tabel 4. 35 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 1 58
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 2 59
Tabel 4. 37 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 3 59
Tabel 4. 38 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 4 59
Tabel 4. 39 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 5 59
Tabel 4. 40 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 6 60
Tabel 4. 41 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 7 60
Tabel 5. 1 Total Distribusi Produk 61
Tabel 5. 2 Hasil Distribusi Produk 1 62
Tabel 5. 3 Hasil Distribusi Produk 2 64
Tabel 5. 4 Hasil Distribusi Produk 4 65
Tabel 5. 5 Hssil Distribusi Produk 5 67

Tabel 5. 6 Hasil Distribusi Produk 6..... 69
Tabel 5. 7 Hasil Distribusi Produk 7..... 71
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Pemilihan Vendor 73
Tabel 5. 9 Analisis Total cost Sistem 74
Tabel 5. 10 Penerapan *Single Sourcing* 76
Tabel 5. 11 Tabel Perbandingan 77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alur Penelitian 31
Gambar 4. 1 Visualisasi Sistem Distribusi *Existing* 37
Gambar 4. 2 Visualisasi Sistem Distribusi VMI 38
Gambar 5. 1 Grafik Distribusi Produk 1 63
Gambar 5. 2 Grafik Distribusi Produk 2 65
Gambar 5. 3 Grafik Distribusi Produk 4 66
Gambar 5. 4 Grafik Distribusi Produk 5 68
Gambar 5. 5 Grafik Distribusi Produk 6 70
Gambar 5. 6 Grafik Distribusi Produk 7 72
Gambar 5. 7 Grafik Perbandingan *Total Cost* 78

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam persaingan bisnis yang semakin ketat, perusahaan dituntut untuk membangun sistem rantai pasok yang responsif, efisien, dan mampu beradaptasi dengan fluktuasi permintaan pasar. Rantai pasok memiliki peran penting dalam mengelola aliran bahan baku, produk jadi, dan informasi dari pemasok hingga konsumen akhir. Efisiensi sistem ini sangat mempengaruhi kinerja perusahaan, termasuk tingkat layanan, biaya operasional, dan daya saing di pasar Putri et al., (2024). Salah satu unsur utama yang menentukan efektivitas rantai pasok adalah manajemen persediaan, karena persediaan membantu menjaga kelancaran aliran barang dan mencegah gangguan dalam produksi atau distribusi Seftyananta, Shalshabilla, Rachmawan, Susilo, et al., (2024).

Namun, banyak perusahaan masih menghadapi kendala dalam mengelola persediaan, terutama dalam rantai pasok konvensional. Masalah umum yang sering muncul adalah ketidakcocokan antara tingkat persediaan dan permintaan pasar yang sebenarnya Tan et al., (2025). Hal ini sering disebabkan oleh ketidakakuratan peramalan, data yang terbatas, dan koordinasi yang lemah antara pemasok dan pengecer. Akibatnya, pengecer cenderung memesan berlebihan sebagai langkah pencegahan terhadap risiko kehabisan stok Maressa et al., (2025). Meskipun tujuannya adalah untuk menghindari kehabisan persediaan, pendekatan ini sebenarnya menyebabkan penumpukan stok berlebihan, biaya penyimpanan yang meningkat, dan efek *bullwhip*, yaitu fluktuasi permintaan yang makin besar di sepanjang rantai pasokan Narto et al., (2024).

Perusahaan X yang terdiri dari PT X1 dan PT X2 sebagai vendor dalam sistem distribusi produk menghadapi tantangan akibat fluktuasi permintaan dari sembilan retailer pada setiap periode. Pada sistem distribusi *existing* yang masih menggunakan pendekatan *pull*, keputusan pemesanan sepenuhnya berasal dari retailer sehingga PT X1 dan PT X2 melakukan pengiriman berdasarkan jumlah pesanan yang diterima. Perbedaan pola permintaan antar retailer menyebabkan PT X1 dan PT X2 mengalami kesulitan dalam melakukan perencanaan jumlah dan waktu pengiriman produk secara optimal. Kondisi tersebut menyebabkan aktivitas distribusi menjadi kurang efisien, penggunaan kapasitas distribusi kurang optimal, serta meningkatkan biaya distribusi dan biaya

persediaan yang ditanggung oleh vendor. Selain berdampak terhadap PT X1 dan PT X2 sebagai vendor, kondisi tersebut juga menyebabkan retailer berpotensi mengalami ketidaksesuaian tingkat persediaan terhadap permintaan. Hal tersebut dapat menimbulkan kelebihan persediaan yang meningkatkan biaya penyimpanan (*holding cost*) maupun kekurangan persediaan yang menyebabkan kehilangan penjualan (*lost sales*). Dengan demikian, permasalahan pada sistem *existing* tidak hanya berdampak pada vendor, tetapi juga memengaruhi kinerja keseluruhan sistem rantai pasok.

Sistem distribusi pada Perusahaan X terdiri dari dua vendor, yaitu PT X1 dan PT X2, yang mendistribusikan tujuh jenis produk modul kontroler perangkat elektronik kepada sembilan retailer. Banyaknya entitas yang terlibat menyebabkan proses distribusi menjadi lebih kompleks karena setiap retailer memiliki karakteristik permintaan yang berbeda dan berubah pada setiap periode distribusi. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang mampu meningkatkan koordinasi dan integrasi informasi antara vendor dan retailer agar keputusan distribusi dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien.

Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan distribusi tersebut, penelitian ini mengusulkan penerapan pendekatan *Vendor Managed Inventory* (VMI) sebagai sistem pengelolaan distribusi yang lebih terintegrasi. Pada kondisi *existing*, keputusan pemesanan dan jumlah produk masih ditentukan oleh retailer. Melalui penerapan VMI, PT X1 dan PT X2 sebagai vendor diberikan tanggung jawab untuk menentukan jumlah dan waktu pengiriman produk berdasarkan informasi permintaan dan kondisi persediaan pada masing-masing retailer. Dengan demikian, proses distribusi diharapkan menjadi lebih terkoordinasi dan mampu menekan total biaya distribusi serta persediaan. Arsyah & Putri, (2023). Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan VMI mampu meningkatkan efisiensi distribusi, mengurangi biaya penyimpanan, dan mengurangi efek *bullwhip* Dewi et al., (2025). Pendekatan ini juga memungkinkan peralihan dari sistem *pull* ke sistem *push*, sehingga distribusi barang menjadi lebih stabil dan terkendali.

Namun, implementasi VMI dalam skenario *multi*-vendor, *multi*-retailer, dan *multi-produk* tidaklah mudah. Dalam jaringan yang kompleks, keputusan pengiriman menjadi lebih sulit karena keterbatasan kapasitas vendor, kebutuhan retailer yang bervariasi, dan permintaan yang tidak pasti dan berubah secara periodik. Penelitian sebelumnya sebagian besar berfokus pada kasus satu pemasok satu pengecer atau satu pemasok *multi*-pengecer, sehingga studi tentang VMI dalam jaringan *multi*-entitas

dengan permintaan yang tidak pasti masih terbatas. Hal ini menciptakan kesenjangan penelitian yang perlu diatasi melalui model optimasi yang lebih komprehensif.

Salah satu metode yang tepat untuk mengatasi masalah ini adalah strategi *Periodic Review* (*P-system*) dalam kerangka kerja VMI. Sistem ini memungkinkan pemasok untuk menentukan jumlah dan waktu pengiriman pada interval tertentu, dengan mempertimbangkan tingkat persediaan saat ini, kapasitas distribusi, dan persyaratan permintaan. Untuk menghasilkan keputusan distribusi yang optimal, studi ini menggunakan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP), yang sering diterapkan dalam pengambilan keputusan logistik dan telah terbukti efektif dalam menyelesaikan masalah optimasi di lingkungan multi-tingkat Fatma & Supardi, (2021). Model ini kemudian diselesaikan menggunakan perangkat lunak *Excel Solver*, sehingga dapat diterapkan secara praktis oleh perusahaan Jufri & Rodiyah, (2025).

Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada optimalisasi distribusi persediaan melalui penerapan *Vendor managed inventory* (VMI) dalam sistem multi-vendor dan multi-retailer yang menghadapi ketidakpastian permintaan. Melalui strategi *Periodic Review* (*P-system*) yang diterapkan bersama model optimisasi MILP, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan keputusan pengiriman yang efisien dan fleksibel serta meminimalkan biaya distribusi dan persediaan total, sehingga meningkatkan kinerja dan keberlanjutan rantai pasok secara keseluruhan di Perusahaan X.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan metode *Vendor managed inventory* (VMI) dengan strategi *Periodic Review* (P-*system*) dan konsep *single sourcing* pada sistem *multi*-vendor, *multi*-retailer, dan *multi-product* di Perusahaan X?
2. Berapa total biaya distribusi dan persediaan yang dihasilkan sebelum dan sesudah penerapan metode *Vendor managed inventory* (VMI) menggunakan penedekatan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP)?
3. Berapa besar penghematan biaya distribusi dan persediaan yang diperoleh setelah dilakukan optimasi menggunakan metode *Vendor managed inventory* (VMI)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan metode *Vendor managed inventory* (VMI) dengan strategi *Periodic Review* (P-*system*) dan konsep *single sourcing* pada sistem *multi*-vendor, *multi*-retailer, dan *multi-product* di Perusahaan X
2. Menentukan total biaya distribusi dan persediaan sebelum dan sesudah penerapan metode *Vendor managed inventory* (VMI) menggunakan penedekatan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP).
3. Mengetahui besar penghematan biaya distribusi dan persediaan yang diperoleh setelah dilakukan optimasi menggunakan metode *Vendor managed inventory* (VMI).

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada:

1. Bagi Peneliti
   a. Memberikan pengalaman langsung dalam merancang dan mengimplementasikan model optimasi distribusi persediaan berbasis *Vendor managed inventory* (VMI) dalam sistem *multi*-vendor dan multi-retailer dengan ketidakpastian permintaan.
   b. Meningkatkan kemampuan dalam analisis rantai pasok, permodelan matematis, dan penggunaan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) melalui *excel solver* untuk mendukung pengambilan keputusan operasional.
   c. Memperluas pengetahuan akademis dan praktis mengenai penerapan strategi *Periodic Review* (*p-system*) dalam pengendalian persediaan dan dampaknya terhadap efisiensi distribusi serta biaya rantai pasok.
2. Bagi Perusahaan
   a. Memberikan rekomendasi untuk kebijakan pengelolaan persediaan dan distribusi yang lebih efisien melalui penerapan model optimasi berbasis VMI, sehingga dapat mengurangi biaya persediaan dan distribusi secara keseluruhan.
   b. Memberikan gambaran tentang implementasi strategi *Periodic Review* (*p-system*) dan optimasi distribusi yang dapat membantu perusahaan meningkatkan koordinasi dengan vendor dan retailer dalam rantai pasok.

   c. Memberikan perspektif baru berdasarkan penelitian akademik mengenai potensi peningkatan kinerja dan keberlanjutan operasional melalui implementasi system pengendalian persediaan terintegrasi.
3. Bagi pembaca
   a. Sebagai referensi bagi atau mahasiswa yang ingin mempelajari penerapan VMI, strategi *Periodic Review* (*p-system*), atau model optimasi MILP dalam konteks distribusi persediaan.
   b. Memberikan pemahaman langsung tentang bagaimana pendekatan matematis dan optimasi dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam manajemen rantai pasok.
4. Bagi Universitas
   a. Sebagai bukti kontribusi akademik dalam memberikan solusi ilmiah terhadap permasalahan rantai pasok dan distribusi yang dihadapi dunia industri.
   b. Memperkuat citra universitas sebagai lembaga yang aktif dalam penelitian terapan pada bidang manajemen operasi, sistem logistik, dan optimasi industri melalui kemitraan dengan sektor bisnis.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini ditetapkan agar pembahasan tetap terarah dan sesuai tujuan yang ingin dicapai. Adapun Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan pada satu studi kasus, yaitu sistem distribusi persediaan pada perusahaan x.
2. Sistem rantai pasok yang dianalisis melibatkan multi-vendor dan multi-retailer terdiri dari 2 vendor dan 9 retailer dengan total 7 jenis produk.
3. Permintaan dari retailer tidak pasti, sehingga penelitian tidak menggunakan metode peramalan konvensional sebagai dasar order. Pengelolaan persediaan sepenuhnya mengikuti konsep *Vendor managed inventory* (VMI).
4. Aliran barang dalam sistem distribusi diasumsikan hanya bergerak satu arah yaitu dari vendor menuju retailer, tanpa mempertimbangkan perpindahan barang antar retailer maupun proses retur.
5. Penelitian ini berfokus pada penentuan jumlah dan jadwal pengiriman yang optimal, serta minimalisasi total biaya persediaan dan distribusi, tanpa membahas penentuan rute transportasi secara terperinci.

6. Penelitian ini menggunakan strategi *Periodic Review* (*p-system*) untuk menentukan waktu pemeriksaan persediaan dan keputusan pengiriman, dengan periode pemeriksaan yang ditetapkan sebanyak 12 kali dalam satu tahun.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Berikut ini merupakan kajian literatur yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Kajian literatur digunakan sebagai dasar dalam memahami konsep, metode, dan penelitian terdahulu yang mendukung penyelesaian permasalahan penelitian.

Pada penelitian yang dilakukan oleh de Maio & Laganà, (2020) berjudul *The effectiveness of Vendor managed inventory in the last-mile delivery: An industrial application,* penulis menggunakan pendekatan *Vendor managed inventory* (VMI) yang dikombinasikan dengan metode *matheuristik* untuk mengoptimalkan manajemen persediaan dan rute distribusi secara bersamaan dalam jaringan retail urban. Metode ini dipilih karena kemampuannya untuk mengatasi kompleksitas permasalahan *Inventory Routing Problem* (IRP) dan mengintegrasikan keputusan persediaan dan transportasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan VMI dapat mengurangi jarak distribusi total lebih dari 20%, meningkatkan efisiensi penggunaan kendaraan, dan mengurangi ketidakpastian permintaan di tingkat retail. Temuan ini membuktikan bahwa VMI efektif dalam meningkatkan efisiensi distribusi dalam sistem multi-retailer dengan permintaan yang bervariasi.

Pada penelitian Xu et al., (2021) yang berjudul *Single-Manufacturer Multi*-Retailer *Supply Chain Models with Discrete Stochastic Demand,* mengembangkan model rantai pasok yang melibatkan satu produsen dan beberapa retailer dengan permintaan stokastik diskrit. Penelitian ini merumuskan pengambilan keputusan produsen dan retailer melalui pendekatan *stackelberg game,* kemudian mengubahnya menjadi model optimisasi integer yang lebih mudah diselesaikan. Peneliti juga memperkenalkan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mengatasi masalah komputasi yang meningkat seiring dengan jumlah retailer dan kapasitas produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode FFT dapat mempercepat proses perhitungan dan menghasilkan keputusan harga grosir dan jumlah pesanan yang optimal, sehingga meningkatkan efisiensi koordinasi dalam sistem multi-retailer dengan permintaan yang tidak pasti.

Penelitian yang dilakukan oleh (Modares et al., (2023) berjudul *A* Vendor-*Managed Inventory Model Based on Optimal* Retailers *Selection and Reliability of Supply Chain,* mengembangkan model VMI yang mempertimbangkan pemilihan retailer secara optimal dan aspek keandalan rantai pasok. Peneliti ini menunjukkan bahwa integrasi pemilihan retailer dan

keadaan *supply chain* dapat meningkatkan efisiensi distribusi dan mengurangi biaya persediaan. Model yang diusulkan mampu mengelola permintaan yang tidak pasti dengan tetap mempertahankan tingkat layanan. Temuan ini relevan karena menunjukkan bahwa manajemen persediaan melalui VMI memerlukan pemilihan mitra distribusi yang akurat dan rantai pasok yang andal untuk mencapai kinerja distribusi maksimal.

Penelitian oleh Kusuma & Hakim, (2020) yang berjudul *Designing Inventory Models to Minimize Total Inventory Costs by Using Mixed Integer Linear Programming (MILP) in the Warehouse of MRO Materials*, menjelaskan bahwa pengelolaan persediaan bahan MRO seringkali menimbulkan biaya tinggi akibat penumpukan bahan, sehingga memerlukan model optimasi untuk menentukan jumlah pesanan optimal (Q) dan waktu pesanan optimal (T). peneliti ini mengembangkan model *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) berdasarkan klasifikasi ABC untuk meminimalkan total biaya persediaan, dengan hasil menunjukkan bahwa model tersebut berhasil mengurangi biaya persediaan menjadi IDR 127.610.000, serta mencerminkan situasi aktual tanpa menyebabkan kelebihan stok. Temuan ini penting karena menegaskan bahwa metode optimasi persediaan diperlukan agar perusahaan dapat mengambil keputusan pemesanan yang efisien, terutama dalam sistem persediaan yang sensitif terhadap biaya dan kebutuhan bahan.

Penelitian oleh (Phong & Yenradee, 2020) yang berjudul *Vendor managed inventory for Multi*-Vendor *Single-Manufacturer Supply Chain: A Case Study of Instant Noodle Industry*, mengembangkan model VMI untuk sistem multi-vendor yang memperhitungkan biaya transportasi berdasarkan kapasitas truk, batas persediaan maksimum, dan denda atas persediaan berlebih. Model matematika nonlinier yang digunakan diselesaikan dengan *Algoritma Genetika* (GA) untuk menentukan frekuensi pengiriman dan siklus produksi yang menghasilkan biaya rantai pasok total terendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model tetap stabil meskipun terjadi perubahan biaya atau permintaan, dan menekankan pentingnya menetapkan batas persediaan untuk mencegah kenaikan biaya. Temuan ini relevan dengan penelitian karena memberikan dasar untuk mengembangkan model optimasi VMI berbasis MILP, terutama dalam hal menentukan variabel keputusan, komponen biaya, dan mengelola ketidakpastian permintaan pada sistem *multi*-vendor dan *multi*-retailer.

Penelitian oleh (Salas-Navarro et al., 2024) yang berjudul *A* Vendor-*Managed Inventory Model for a Three-Layer Supply Chain Considering Exponential Demand, Imperfect System, and Remanufacturing*, mengembangkan model VMI untuk rantai pasok tiga tingkat yang

melibatkan pemasok, manufaktur, dan retailer, dengan mempertimbangkan permintaan eksponensial, sistem produksi yang tidak sempurna, dan proses remanufaktur untuk produk cacat dan barang yang rusak. Model nonlinier ini menentukan ukuran pesanan optimal, laju produksi, harga jual, dan panjang siklus untuk memaksimalkan keuntungan di seluruh rantai pasok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat cacat, tingkat kerusakan, dan kemampuan remanufaktur sangat mempengaruhi keputusan produksi dan persediaan, serta menekankan pentingnya memanfaatkan produk cacat dan produk yang hampir kadaluwarsa untuk mengurangi kerugian. Temuan ini memberikan dasar yang kuat untuk mengembangkan model VMI yang lebih realistis dalam sistem multi-level dengan permintaan yang tidak pasti dan karakteristik produk yang mudah rusak.

Pada penelitian Sim, (2024) yang berjudul *The Impact of a Vendor managed inventory Policy on the Cash-Bullwhip Effect*, membahas pengaruh penerapan VMI terhadap *Cash-Bullwhip Effect*, yaitu ketidakstabilan arus kas akibat fluktuasi permintaan dalam rantai pasok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa VMI dapat mengurangi variabilitas permintaan dan ketidakpastian arus kas karena pemasok memperoleh data penjualan yang lebih akurat dari retailer. Penelitian ini juga menekankan bahwa pertukaran informasi yang baik antara pemasok dan pengecer dapat mengurangi biaya penyimpanan, mencegah kekurangan stok, dan meningkatkan efisiensi pengelolaan kas. Temuan ini relevan tentang optimasi distribusi persediaan berbasis VMI dalam sistem *multi*-vendor dan *multi*-retailer, karena keduanya menyoroti peran VMI dalam mengurangi ketidakpastian permintaan dan meningkatkan koordinasi dalam rantai pasok.

Pada penelitian selanjutnya oleh Najafnejhad et al., (2021) yang berjudul *A Mathematical Inventory Model for a Single*-Vendor *Multi*-Retailer *Supply Chain Based on the* Vendor-*Managed Inventory Policy*, mengembangkan model persediaan berbasis VMI untuk *Single*-Vendor dan *Multi*-Retailer guna mengurangi efek *bullwhip* dan meningkatkan efisiensi pengendalian persediaan. Model ini mengoptimalkan frekuensi pesanan, jumlah pesanan, dan batas maksimum inventori retailer dengan mempertimbangkan kuantitas pesanan bilangan bulat dan batas pesanan pemasok. Dengan menggunakan pendekatan *metaheuristik Algoritma Imperialist Competitive*, hasil penelitian menunjukkan bahwa penetapan batas persediaan sangat penting untuk mencegah *backorder* dan meningkatkan koordinasi rantai pasok. Jurnal ini relevan karena membahas optimasi keputusan pemesanan dan pengendalian persediaan

dalam sistem VMI *multi*-retailer, yang sejalan dengan fokus dalam meningkatkan efisiensi distribusi persediaan di bawah ketidakpastian permintaan.

Pada penelitian Evazabadian, (2021) yang berjudul *Lot-Sizing for Vendor managed inventory,* membahas pengembangan model matematis untuk membandingkan kinerja rantai pasok yang menggunakan *Vendor managed inventory* (VMI) dengan system tradisional Retailer *Managed Inventory* (RMI). Penelitian ini mengevaluasi berbagai varian VMI yang digunakan di industri dan menentukan varian mana yang mampu memberikan biaya rantai pasok terendah. Melalui analisis numerik dan pendekatan optimasi, studi ini menemukan bahwa penerapan VMI dapat mengurangi biaya rantai pasok total rata-rata sebesar 1,7%, terutama melalui koordinasi yang lebih baik dan pengelolaan persediaan yang lebih terpusat. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis mekanisme pembagian keuntungan di antara aktor rantai pasok menggunakan pendekatan teori permainan dan menganalisis pengaruh kekuatan vendor terhadap keputusan pemesanan dan profit *supply chain*. Jurnal ini relevan karena membahas optimasi keputusan persediaan pada sistem VMI dan menunjukkan koordinasi serta penentuan jumlah pemesanan yang tepat dapat menurunkan biaya rantai pasok.

Penelitian oleh Vicente (2025) yang berjudul *Optimizing Supply Chain Inventory: A Mixed Integer Linear Programming Approach*, mengembangkan model persediaan *multi-echelon* dengan metode *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) menggunakan kebijakan *Periodic Review*. Model ini mengatur waktu dan jumlah pesanan, batas persediaan minimumdan maksimum, serta aliran produk dalam rantai pasokan untuk meminimalkan biaya pemesanan, penyimpanan, dan distribusi secara total serta memastikan kebutuhan retailer terpenuhi. Hasil penelitian membuktikan bahwa model ini efektif dalam meningkatkan efisiensi persediaan dan mengurangi biaya operasional. Jurnal ini relevan karena menyediakan model matematis yang dapat diimplementasikan melalui *Excel Solver* dan cocok untuk optimasi persediaan dalam sistem multi-vendor dan multi-retailer dengan permintaan yang tidak pasti.

Penelitian oleh Sitompul et al., (2018), berjudul Pengembangan Model *Vendor managed inventory* dengan banyak retailer yang mempertimbangkan ketidakpastian *lead times*, mengembangkan model persediaan berbasis *Vendor managed inventory* (VMI) dengan melibatkan banyak retailer serta mempertimbangkan ketidakpastian waktu pengiriman (*lead time*). Model ini diawali dengan penyusunan model matematis untuk kondisi *lead time* deterministik, tujuan utama dari model ini adalah untuk meminimalkan biaya rata-rata lebih tinggi dari pada metode EOQ tradisional, model VMI mampu mengurangi risiko *stockout*

secara signifikan, sehingga lebih efektif dalam menjaga kestabilan persediaan. Model ini relevan dinilai untuk diterapkan pada sistem rantai pasok yang memiliki ketidakpastian waktu pengiriman.

Penelitian oleh Muzady & Ernawati, (2021) berjudul "Pengurangan Efek *Bullwhip* dalam Rantai Pasokan dengan *single* vendor dan *multi*-retailer, Menggunakan Metode *Vendor managed inventory* (VMI) mengkaji masalah ketidaksesuaian informasi permintaan di PT Magnesium Gosari Internasional, yang menyebabkan efek *bullwhip*. Melalui penerapan model VMI dalam manajemen persediaan dan distribusi produk, penelitian ini menunjukkan bahwa variasi permintaan dapat dikurangi secara signifikan, sebagaimana dibuktikan oleh penurunan efek *bullwhip* dari 1,4503 menjadi 0,4943 pada tingkat manufaktur dan penurunan di semua kantor penjualan. Hasil ini relevan bahwa VMI dapat meningkatkan akurasi informasi, menstabilkan aliran permintaan, dan meningkatkan kinerja rantai pasok dalam sistem single vendor dan multi-retailer.

Penelitian oleh Fachristy & Pujawan, (2023) yang berjudul Penentuan Kebijakan Order dengan Pendekatan *Vendor managed inventory* untuk *Single Supplier, Multi Product* dan *Multi retailer* di PT Petrokimia Gresik (Persero), mengkaji masalah ketidakseimbangan persediaan pada sistem multi echelon PT Petrokimia Gresik, terutama antar Gudang pusat dan Gudang penyangga yang sering mengalami kekurangan atau kelebihan stok sehingga memicu tingginya biaya operasional. Dengan menerapkan metode *Vendor managed inventory* menggunakan kebijakan (s,S), peneliti menentukan nilai pemesanan yang lebih tepat agar pengelelolaan persediaan oleh *supplier* menjadi akurat dan efisien. Model VMI terintegrasi ini mampu memperbaiki proses replenishment dan menurunkan total biaya dibandingkan kondisi saat ini. Relevansinya yaitu mengoptimalkan keputusan pemesanan dan menurunkan biaya pada jaringan supply chain yang lebih kompleks.

Selanjutnya penelitian oleh Agustian & Dahda,(2022) yang berjudul Pengembangan Model Persediaan *Single* Vendor *Multi Buyer* Dengan Kebijakan *Rework*, mengkaji pengembangan model *Economic Production Quantity* (EPQ) pada rantai pasok *Single* Vendor *Multi Buyer* dengan mempertimbangkan adanya produk cacat, karena asumsi dasar EOQ/EPQ tradisional seperti hasil produksi tanpa cacat dan pengiriman bersifat kontinyu, dinilai tidak sesuai dengan kondisi nyata perusahaan. Melalui model EPQ, penelitian ini bertujuan menentukan ukuran lot produksi yang optimal serta meminimalkan total biaya persediaan pada rantai pasok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat cacat produk, biaya

persediaan turut meningkat, sementara ukuran lot dan panjang siklus produksi cenderung menurun.

Selanjutnya penelitian oleh Hermawan et al., (2021) yang berjudul Model Penentuan Jumlah Produksi yang Optimal pada Rantai Pasok dengan Produsen Tunggal dan *Multi retailer*, mengusulkan model terintegrasi untuk menentukan ukuran produksi dan pengadaan yang paling efisien dalam sistem rantai pasok *single producen* dan *multi retailer*. Tujuan utamanya adalah menekan *total inventory cost* (TIC) dengan mempertimbangkan variasi permintaan tiap retailer serta penyelarasan waktu siklus antara produsen dan retailer. Hasil perhitungan numerik menggunakan studi kasus industri pupuk menunjukkan bahwa konfigurasi paling optimal adalah melayani tiga retailer dengan jumlah produksi 742 unit, yang menghasilkan biaya *inventory* terendah dibandingkan skenario lainnya.

2.2 *Research Gap*

Berdasarkan Kajian Literatur diatas, terdapat *Research Gap* yang tertera pada tabel 2.1 sebagai berikut:

No	Peneliti & Tahun	VMI	*Multi vendor*	*Multi retailer*	*Bullwhip Effect*	*Periodic Review* (P-*system*)	Optimasi (MILP, GA, EPQ)
1	de Maio & Laganà, (2020)	✓	-	✓	-	-	-
2	Xu et al., (2021)	-	-	✓	-	-	✓ (*Integer Optimization*)
3	Modares et al., (2023)	✓	-	✓	-	-	-
4	Kusuma & Hakim, (2020)	-	-	-	-	-	✓ (MILP)
5	Phong & Yenradee, (2020)	✓	✓	-	-	-	✓ (GA)
6	Salas-Navarro et al., (2024)	✓	-	✓	-	-	✓
7	Sim, (2024)	✓	-	✓	✓	-	-
8	Najafnejhad et al., (2021)	✓	-	✓	✓	-	-

No	Peneliti & Tahun	VMI	*Multi vendor*	*Multi retailer*	*Bullwhip Effect*	*Periodic Review* (P-*system*)	Optimasi (MILP, GA, EPQ)
9	Evazabadian, (2021)	✓	-	-	-	-	✓
10	Vicente, (2025)	-	-	✓	-	✓	✓ (MILP)
11	Sitompul et al., (2018)	✓	-	✓	-	-	-
12	Muzady & Ernawati, (2021)	✓	-	✓	✓	-	-
13	Fachristy & Pujawan, (2023)	✓	-	✓	-	-	✓
14	Agustian & Dahda, (2022)	-	-	✓	-	-	✓ (EPQ)
15	Hermawan et al., (2021)	-	-	✓	-	-	✓
16	Penelitian Saat Ini	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Berdasarkan Tabel 2.1, dapat diketahui bahwa penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak membahas penerapan *Vendor Managed Inventory* (VMI), sistem multi-retailer, serta berbagai metode optimasi dalam pengelolaan rantai pasok. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada kombinasi aspek tertentu, seperti penerapan VMI pada sistem multi-retailer, penggunaan metode optimasi tanpa mempertimbangkan sistem multi-vendor, atau penerapan kebijakan distribusi tanpa menggunakan pendekatan *Periodic Review (P-system)*.

Oleh karena itu, masih terdapat kesenjangan penelitian dalam pengembangan model distribusi yang mengintegrasikan VMI, sistem multi-vendor, multi-retailer, pengendalian distribusi dengan *Periodic Review (P-system)*, serta metode optimasi *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) secara bersamaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan model optimasi distribusi persediaan pada sistem multi-vendor dan multi-retailer dengan kondisi permintaan yang tidak pasti, di mana keputusan jumlah dan waktu distribusi ditentukan oleh vendor melalui pendekatan VMI.

Dengan demikian, posisi penelitian ini berada sebagai pengembangan dari penelitian terdahulu dengan mengintegrasikan berbagai aspek yang belum banyak dikaji secara bersamaan, yaitu penerapan *Vendor Managed Inventory* (VMI), konsep multi-vendor dan multi-retailer, strategi *Periodic Review (P-system)*, serta optimasi menggunakan metode *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) untuk menghasilkan keputusan distribusi yang lebih optimal dan efisien.

2.3 Landasan Teori

Landasan teori berisikan tentang istilah, teori atau formula yang terkait dengan topik penelitian. Landasan teori disusun dengan bersumber pada jurnal bereputasi dan atau buku.

2.3.1. *Supply Chain*

Secara umum, *supply chain* atau rantai pasok adalah serangkaian aktivitas yang melibatkan aliran barang, informasi, dan jasa dari pemasok bahan baku hingga produk sampai ke tangan konsumen akhir. Sistem ini tidak hanya mencakup proses produksi dan distribusi, tetapi juga mengintegrasikan berbagai fungsi seperti perencanaan, pengadaan, pengendalian persediaan, serta pengiriman produk untuk memastikan kebutuhan pelanggan terpenuhi secara tepat waktu dan efisien Saputra et al., (2022). Rantai pasok memiliki banyak peran strategis dalam mendukung daya saing organisasi melalui koordinasi yang efektif antar pihak yang terlibat, sehingga meminimalkan biaya operasional dan memaksimalkan nilai tambah yang dihasilkan sepanjang jaringan pasok.

Sedangkan menurut Leonardo & Indriyani, (2015) strategi rantai pasok yang tepat merupakan kombinasi antara strategi efisiensi dan responsivitas. Untuk menentukan dimana strategi efisiensi dan responsivitas harus diterapkan, strategi efisiensi diterapkan di hulu sebelum titik *decoupling point* (lokasi, pengadaan, pengembangan produk, dan produksi), dan strategi responsif diterapkan pada hilir setelah titik *decoupling point* (persediaan, permintaan, dan informasi). Secara umum, rantai pasok terdiri beberapa elemen memiliki peran tersendiri. Semua elemen ini memiliki ukuran kinerja rantai pasok masing-masing dan berbeda sama yang lain. Ukuran kinerja rantai pasok ini menjadi dasar untuk menentukan apakah suatu aktivitas dalam rantai pasok berjalan dengan baik atau tidak. Nilai rantai pasok bermkolerasi positif saling berkaitan positif dengan *supply chain profitability* atau *supply chain surplus*, yang merupakan selisih antara pendapatan yang diterima dari konsumen dan seluruh biaya yang timbul dalam kegiatan rantai pasok. Oleh karena itu, dengan meningkatnya nilai produk dalam proses rantai pasok, kemungkinan meningkatnya profit bagi perusahaan juga akan semakin besar. Hal inilah yang mendorong manajemen perusahaan untuk menerapkan manajemen rantai pasok Goni & Palandeng, (2022).

2.3.2. *Supply chain management*

Supply chain management adalah pendekatan strategis yang mengintegrasikan semua kegiatan dalam rantai pasok untuk mencapai efisiensi dan efektivitas operasional. Hal ini melibatkan kegiatan seperti perencanaan permintaan, pengadaan bahan baku, pengendalian inventori,

penjadwalan produksi, serta distribusi barang ke konsumen akhir Octaviany & Gunawan, (2023). Tujuan utama *Supply chain management* adalah mengurangi total biaya operasional, mempercepat waktu respon terhadap permintaan pasar, serta meningkatkan tingkat pelayanan pelanggan secara keseluruhan Goni & Palandeng, (2022).

Implementasi *Supply chain management* tidak hanya terbatas pada integrasi internal perusahaan, tetapi juga mencakup kolaborasi eksternal antara pemasok, distributor, dan pengecer untuk memastikan pengambilan keputusan yang lebih terkoordinasi. Praktik SCM yang baik dapat membantu perusahaan mencapai keunggulan kompetitif melalui peningkatan kualitas layanan, pengembangan strategi persediaan yang efisien, dan penggunaan data permintaan yang akurat untuk mengantisipasi perubahan pasar Kusnadi, (2024).

2.3.3. Permintaan

Permintaan atau *demand* adalah jumlah barang atau produk yang dibutuhkan dan diminta oleh konsumen atau retailer dalam periode waktu tertentu. Permintaan ini merupakan parameter penting dalam perencanaan persediaan karena menentukan jumlah barang yang harus tersedia untuk memenuhi kebutuhan pasar tanpa menyebabkan kekurangan stok atau *stockout* atau kelebihan stok yang dapat meningkatkan biaya penyimpanan. Permintaan dapat bersifat deterministik, di mana jumlah dan waktu permintaan diketahui dengan pasti, atau bersifat stokastik jika permintaan berubah secara acak dan tidak dapat diprediksi dengan pasti Afrizal & Linarti, (2022).

Perubahan permintaan yang cepat atau fluktuatif memengaruhi keputusan pemesanan dan perencanaan distribusi dalam rantai pasok. Oleh karena itu, teknik peramalan permintaan dan analisis data permintaan historis sering digunakan untuk meminimalkan kesalahan peramalan. Ketersediaan data permintaan yang akurat merupakan dasar bagi sistem manajemen persediaan dan strategi pengiriman seperti tinjauan periodik atau VMI untuk menentukan kebijakan pengisian ulang yang optimal Afrizal & Linarti, (2022).

2.3.4. Ketidakpastian Permintaan

Ketidakpastian permintaan merupakan kondisi di mana jumlah dan waktu permintaan tidak dapat ditentukan secara bebas akibat fluktuasi pasar, perubahan preferensi konsumen, dan informasi yang tidak lengkap Chandra et al., (2025). Ketidakpastian ini sering menyebabkan efek *bullwhip*, yaitu amplifikasi variasi permintaan saat data ditransmisikan dari hilir ke hulu dalam rantai pasok, yang mengakibatkan kelebihan stok atau kekurangan stok di berbagai titik dalam rantai pasok.

Dalam mengatasi ketidakpastian permintaan, strategi kolaboratif seperti *Vendor managed inventory* (VMI) dan integrasi data permintaan secara *real time* telah terbukti dapat mengurangi distorsi informasi dan meningkatkan koordinasi antara aktor rantai pasok. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk menyesuaikan kebijakan persediaan dan distribusi secara lebih adaptif terhadap perubahan permintaan yang sebenarnya, sehingga meminimalkan biaya persediaan total dan risiko kekurangan stok Alfin et al., (2020).

2.3.5. Persediaan

Persediaan atau *inventory* adalah barang yang disimpan pada titik tertentu dalam rantai pasokan untuk memastikan ketersediaan produk saat dibutuhkan, sebagai bentuk jaring pengaman terhadap ketidakpastian permintaan dan *lead time*. Persediaan dibagi menjadi beberapa jenis, seperti bahan baku, barang dalam proses, barang jadi, dan *safety stock*, yang digunakan untuk mengantisipasi fluktuasi permintaan ROHMATUN, (2021). Tujuan pengelolaan persediaan adalah untuk memastikan produk tersedia tepat waktu dengan biaya penyimpanan dan operasional yang efisien sehingga tidak terjadi kekurangan stok atau kelebihan persediaan Anugrah et al., (2024).

Kebijakan pengendalian persediaan meliputi strategi pemesanan seperti EOQ, *continuous review* (Q-*system*), dan *Periodic Review* (P-*system*), masing-masing memiliki keunggulan tergantung pada karakteristik permintaan dan kapasitas. Pemilihan strategi yang tepat membantu perusahaan mempertahankan stabilitas operasional dan mendukung target layanan pelanggan serta efisiensi biaya dalam sistem rantai pasok.

2.3.6. Manajemen Persediaan

Manajemen persediaan adalah proses perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian persediaan untuk memenuhi permintaan pasar dengan efisiensi biaya dan layanan terbaik. Tujuan utama manajemen persediaan adalah meminimalkan biaya persediaan total termasuk biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan sambil memastikan ketersediaan produk sesuai dengan permintaan pelanggan Nuraeni & Santoso, (2024). Berbagai metode digunakan dalam manajemen persediaan, termasuk EOQ, *Periodic Review* (P-*system*), dan model optimisasi matematis seperti *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) untuk kasus kompleks dengan multi-vendor dan batasan sumber daya yang beragam.

Dalam manajemen persediaan juga melibatkan integrasi sistem informasi dan teknologi untuk meningkatkan akurasi data persediaan dan proses pengambilan keputusan. Pendekatan seperti *Vendor managed inventory* (VMI) memperluas peran pemasok dalam pengendalian

persediaan untuk mengurangi biaya sistem secara keseluruhan dan meningkatkan koordinasi antara pihak-pihak dalam rantai pasok Seftyananta, Shalshabilla, Rachmawan, & Susilo, (2024). Hal ini berdampak pada peningkatan efisiensi operasional dan kemampuan untuk menghadapi ketidakpastian permintaan dalam lingkungan bisnis yang dinamis.

2.3.7. *Bullwhip Effect*

Bullwhip effect merupakan fenomena dalam manajemen rantai pasok yang menggambarkan kondisi ketika perubahan permintaan yang relatif kecil di tingkat konsumen akhir justru memicu fluktasi permintaan yang semakin besar pada setiap tingkat rantai pasok di atasnya, seperti distributor, produsen, hingga pemasok bahan baku Djamal et al., (2024). Seiring aliran informasi yang bergerak menjauhi konsumen, ditorsi data permintaan cenderung semakin meningkat sehingga lonjakan kecil tersebut berubah menjadi variasi permintaan yang tajam dan tidak proporsional. Fenomena ini terjadi karena setiap pelaku dalam rantai pasok biasanya membuat keputusan berdasarkan perkiraan permintaan masing – masing, bukan pada data permintaan aktual dari konsumen. Faktor – faktor seperti kebijakan pemesanan dalam jumlah besar, waktu tunggu (*lead time*) yang panjang, promosi harga, serta kurangnya koordinasi dan berbagi informasi antar pihak turut memperbesar ketidakakuratan informasi permintaan. Akibatnya, perusahaan dapat mengalami kelebihan persediaan, kekurangan stok, meningkatnya biaya penyimpanan, serta menurunnya tingkat pelayanan kepada pelanggan. *Bullwhip effect* umumnya dipicu oleh beberapa faktor utama yang saling berkaitan dalam sistem rantai pasok Rahayu, (2022). Terdapat empat penyebab utama yang paling sering memicu terjadinya fenomena ini, yaitu:

1. *Demand*

   Permintaan konsumen pada kenyataannya jarang bersifat stabil dan cenderung mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu. Kondisi ini menyebabkan proses peramalan permintaan (*forecasting*) yang dilakukan oleh perusahaan sering kali tidak akurat. Ketidakakuratan peramalan tersebut menimbulkan kesalahan estimasi kebutuhan produksi maupun persediaan. Untuk mengantisipasi ketidakpastian ini, perusahaan biasanya menambah jumlah persediaan pengaman (*safety stock*). Namun, langkah ini justru dapat memperbesar variasi permintaan yang diteruskan ke tingkat rantai pasok berikutnya, sehingga memicu terjadinya *bullwhip effect*.

2. *Order batching*

Order batching terjadi ketika perusahaan tidak melakukan pemesanan secara terus-menerus, melainkan mengakumulasi permintaan terlebih dahulu hingga mencapai jumlah tertentu sebelum melakukan pemesanan ke pemasok. Biasanya, perusahaan menunggu hingga persediaan menurun ke batas tertentu sebelum melakukan pemesanan dalam jumlah besar. Akibatnya, pemasok akan menghadapi pola permintaan yang tidak merata, yaitu lonjakan permintaan pada periode tertentu yang diikuti dengan tidak adanya permintaan pada periode berikutnya. Pola pemesanan yang bersifat periodik dan tidak stabil ini menyebabkan fluktuasi permintaan yang semakin besar di tingkat hulu, sehingga memperparah *bullwhip effect*.

3. *Price Fluctuation*

   Fluktuasi harga sering terjadi akibat adanya program promosi, diskon, atau potongan harga yang dilakukan oleh produsen maupun distributor secara berkala. Kondisi ini mendorong pembeli untuk melakukan pembelian dalam jumlah yang lebih besar dari kebutuhan aktualnya ketika harga sedang turun. Sebaliknya, saat harga kembali normal, pembeli cenderung tidak melakukan pemesanan karena masih memiliki persediaan yang cukup. Pola pembelian yang dipengaruhi oleh perubahan harga ini menyebabkan variasi jumlah pesanan menjadi jauh lebih besar dibandingkan variasi tingkat konsumsi yang sebenarnya. Ketidakseimbangan ini menjadi salah satu pemicu utama terjadinya *bullwhip effect* dalam rantai pasok.

4. *Rationing and Shoratge Gaming*

   Rationing dan *shortage gaming* terjadi ketika salah satu pihak dalam rantai pasok melakukan strategi tertentu akibat keterbatasan pasokan atau ketakutan akan kelangkaan barang. Dalam kondisi ini, perusahaan atau distributor dapat melebih-lebihkan jumlah pesanan agar mendapatkan alokasi barang yang lebih besar dari produsen. Praktik semacam ini menyebabkan produsen tidak memperoleh gambaran permintaan pasar yang sesungguhnya. Selain itu, adanya penimbunan barang oleh salah satu pihak untuk menciptakan kelangkaan (*scarcity*) juga dapat menimbulkan ketidakseimbangan persediaan di pasar. Akibatnya, terjadi kekacauan aliran barang dan informasi di *downstream* maupun *upstream*, yang pada akhirnya meningkatkan fluktuasi permintaan dan memperkuat *bullwhip effect*.

2.3.8. *Vendor managed inventory* (VMI)

Vendor managed inventory (VMI) merupakan salah satu strategi pengelolaan persediaan dalam sistem rantai pasok yang bertujuan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi operasional Tampubolon & Harahap, (2025). Metode ini menekankan adanya kerja sama yang erat antara pihak pemasok (*supplier*) dan pembeli (*buyer*), di mana pemasok diberikan peran dan tanggung jawab yang lebih besar dalam mengelola serta memonitor tingkat persediaan yang berada di pihak *buyer*. Dengan memanfaatkan informasi permintaan yang diperoleh secara langsung dan terkini, pemasok dapat menentukan jumlah serta waktu pengiriman barang secara lebih tepat sesuai dengan kebutuhan aktual di lapangan, sehingga pengelolaan persediaan dapat berjalan lebih optimal Dalulia et al., (2025).

2.3.9. *Periodic Review System* (*P-System*)

Periodic Review merupakan salah satu pendekatan dalam pengendalian persediaan yang bertujuan untuk memastikan ketersediaan barang yang dibutuhkan dalam kegiatan produksi maupun penjualan secara optimal. Dengan penerapan metode ini, perusahaan dapat menjaga kelancaran proses operasional sekaligus meminimalkan risiko terjadinya kekurangan persediaan. Selain itu, pengendalian persediaan melalui *Periodic Review* juga diarahkan untuk menekan total biaya persediaan seminimal mungkin sehingga memberikan keuntungan bagi perusahaan Tarsis & Ulkhaq, (2025).

Dalam penerapannya, metode *Periodic Review* digunakan pada kondisi di mana tingkat persediaan tidak dipantau secara terus-menerus, melainkan diperiksa pada interval waktu tertentu yang telah ditetapkan. Setelah setiap periode pemeriksaan tersebut, perusahaan menentukan jumlah pemesanan yang sesuai berdasarkan kondisi stok yang ada. Kebijakan ini dicirikan oleh adanya satu parameter utama, yaitu *base-stock level*, yang berfungsi sebagai tingkat persediaan target yang harus dipenuhi. Oleh karena itu, dalam sistem *Periodic Review* perlu ditetapkan beberapa elemen penting, seperti target tingkat persediaan, nilai *base-stock level*, serta periode peninjauan (*review period*). Pada sistem ini, interval atau periode pemesanan bersifat tetap, sedangkan jumlah produk yang dipesan bersifat variabel dan ditentukan berdasarkan hasil perhitungan untuk mencapai tingkat persediaan maksimum yang telah ditetapkan. Dengan mekanisme tersebut, perusahaan dapat mengelola persediaan secara lebih terstruktur dan efisien tanpa menghilangkan tujuan utama pengendalian stok Dalulia et al., (2025).

2.3.10. *Mixed Integer Linear Programming* (MILP)

Mixed Integer Linear Programming (MILP) adalah salah satu metode optimasi matematika yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pengambilan keputusan dengan fungsi tujuan dan kendala yang bersifat linear, di mana sebagian variabel keputusannya berupa bilangan bulat atau integer dan sebagian lainnya berupa bilangan kontinu. Metode ini banyak diterapkan dalam bidang teknik industri, manajemen operasi, dan logistik karena kemampuannya memodelkan permasalahan kompleks secara sistematis dan terstruktur. Dalam MILP, fungsi tujuan umumnya dirancang untuk meminimalkan biaya atau memaksimalkan keuntungan, sedangkan kendala-kendala yang ada merepresentasikan keterbatasan sumber daya, kapasitas, permintaan, maupun kebijakan operasional tertentu Bisnis et al., (2021).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian merupakan aspek yang menjadi fokus utama, meliputi variabel-variabel yang dijelaskan untuk menjawab rumusan masalah penelitian. Dalam penelitian ini, objek yang dikaji adalah sistem distribusi dan pengendalian persediaan pada rantai pasok perusahaan manufaktur modul-modul kontroler untuk perangkat elektronik yang berfokus pada upaya optimalisasi distribusi persediaan melalui penerapan *Vendor managed inventory* (VMI) dalam sistem *multi*-vendor dan *multi*-retailer dengan ketidakpastian permintaan.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian dalam penelitian ini adalah Perusahaan X, yaitu sebuah perusahaan manufaktur yang memproduksi modul-modul kontroler untuk perangkat elektronik. Perusahaan X berperan sebagai pihak yang mengelola produksi dan distribusi produk dalam rantai pasok perusahaan dengan melibatkan dua vendor sebagai pemasok dan sembilan retailer sebagai penyalur, serta mendistribusikan tujuh jenis produk kepada jaringan retail.

3.3 Jenis Data Penelitian

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan kajian pustaka. Data sekunder diperoleh dari Perusahaan X, yaitu perusahaan manufaktur modul-modul kontroler untuk perangkat elektronik, yang mencakup data produksi, distribusi, serta pengelolaan persediaan pada sistem multi-vendor dan multi-retailer. Sementara itu, kajian pustaka diperoleh dari berbagai sumber referensi seperti buku, jurnal, hasil penelitian terdahulu dan artikel yang relevan dengan topik *Vendor managed inventory* (VMI) dan optimasi persediaan. Adapun data yang digunakan dari Perusahaan X sebagai vendor utama meliputi:

1. Data jumlah produk yang didistribusikan dari vendor ke masing-masing retailer pada setiap periode
2. Data biaya penyimpanan persediaan ditingkat vendor
3. Data biaya distribusi dari vendor ke retailer
4. Data periode *Periodic Review*
5. Data jumlah persediaan awal untuk setiap produk

Selanjutnya, data yang digunakan dari vendor meliputi:

1. Data kapasitas pasokan dari masing-masing vendor

2. Data jumlah produk yang dipasok ke Perusahaan X
3. Biaya pengadaan produk dari vendor

Sedangkan data yang digunakan dari retailer 1 hingga 9 meliputi:

1. Data permintaan masing-masing retailer untuk setiap produk
2. Data biaya pemesanan
3. Data biaya penyimpanan persediaan ditingkat retailer
4. Data biaya kekurangan persediaan
5. Data jumlah persediaan awal di masing-masing retailer

3.4 Komponen Model

3.4.1. Notasi Model

Berikut ini merupakan notasi model yang digunakan pada penelitian ini:

a. Indeks

v : pemasok (vendor); v = 1, 2

r : pembeli (retailer); r = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

p : produk; p = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

t : periode; t = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

b. Parameter

1. Parameter Permintaan dan Persediaan

D_{rpt}	: Permintaan retailer r untuk produk p pada periode t	unit
I_{rpt}^{0}	: Persediaan awal retailer	unit
I_{rpt}	: Persediaan akhir retailer	unit
I_{vtp}	: Persediaan vendor	unit
R_{rp}	: Batas maksimum persediaan retailer	unit

2. Parameter Produksi Vendor

C_{up}^{prod}	: Biaya produksi vendor per unit	Rp/unit
h_{vp}	: Biaya simpan vendor per unit per periode	Rp/unit/periode
$time_{vp}$	: Waktu proses produksi per unit	menit/unit
Cap_{v}^{labor}	: Kapasitas waktu kerja vendor per periode	menit

3. Parameter Pengiriman (*Transport Cost*)

$dist_r$	: Jarak vendor ke retailer	Rp/unit

C_{km}	: Biaya *transport* per km	Rp/km
π_{rp}	: Biaya tetap pengiriman ke retailer	Rp/pengiriman

4. Parameter Biaya Emisi Karbon

EF	: Faktor emisi karbon	$kg\ CO_2/(unit.km)$
C_{carbon}	: Harga karbon	$Rp/kg\ CO_2$

5. Parameter *Set-up* Produksi

S_{vp}	: Biaya *set-up* produksi produk p di vendor v	Rp
f_{vtp}	: Frekuensi *set-up* produksi	Kali/periode

6. Parameter Biaya Retailer

h_{rp}	: Biaya simpan retailer per unit per periode	Rp/unit/periode
$C_{LS,rp}$	: Biaya *lost sales* per unit	Rp/unit

7. Parameter Model

M	: Biaya simpan retailer per unit per periode	Rp/unit/periode
T	: Biaya *lost sales* per unit	Rp/unit

c. Variabel Keputusan

Q_{vpt}^{prod}	Jumlah produksi oleh vendor	unit
Q_{vpt}^{ship}	Jumlah unit dikirim dari vendor v ke retailer	unit
y_{vrpt}	1 jika ada pengiriman, 0 jika tidak	0/1
I_{rpt}	*Inventory* akhir produk p pada retailer r	unit
I_{vtp}	*Inventory* akhir produk p pada vendor v	unit
LS_{rpt}	Jumlah *lost sales* retailer	unit
f_{vpt}	*Set-up* produksi vendor	Kali

3.5 Pengembangan Model Matematis

3.5.1. Justifikasi Penggunaan Variabel Biner dan MILP

Dalam sistem distribusi Perusahaan X, terdapat dua vendor yang berada di bawah kepemilikan yang sama. Secara operasional, kedua vendor tersebut memiliki kapasitas dan kewenangan untuk mendistribusikan produk kepada retailer yang sama dalam periode yang sama. Dalam arti secara struktural tidak terdapat aturan organisasi yang membatasi kedua vendor untuk melayani satu retailer secara bersamaan.

Namun, hasil evaluasi terhadap mekanisme distribusi yang berjalan menunjukkan bahwa pengiriman lebih dari satu vendor ke retailer yang sama dalam satu periode berpotensi menimbulkan ketidakefisienan biaya transportasi. Kondisi tersebut dapat menyebabkan peningkatan biaya tetap pengiriman, duplikasi aktivitas distribusi, serta kurang optimalnya pemanfaatan kapasitas transportasi.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini mengusulkan penerapan strategi alternatif, yaitu setiap retailer dalam satu periode hanya dapat dilayani oleh satu vendor saja. Dengan kata lain, dalam satu periode tidak diperbolehkan lebih dari satu vendor mengirim produk ke retailer yang sama.

Penerapan strategi tersebut bertujuan untuk menekan biaya tetap pengiriman yang berulang, meningkatkan efektivitas konsolidasi distribusi, mengoptimalkan pemanfaatan kapasitas transportasi, serta menghindari terjadinya fragmentasi pengiriman yang dapat menyebabkan pemborosan biaya dan sumber daya.

3.5.1.1 Formulasi Variabel Biner

Untuk mempresentasikan keputusan pemilihan vendor yang melayani retailer pada setiap periode, digunakan variabel keputusan biner sebagai berikut:

$$Y_{v,r,t} = \begin{cases} 1, & \text{Jika vendor } v \text{ melayani retailer } r \text{ pada periode } t \\ 0, & \text{Jika tidak} \end{cases}$$

Variabel ini digunakan untuk menunjukkan apakah suatu vendor melakukan pengiriman ke retailer tertentu pada periode tertentu. Oleh karena itu, diperlukan suatu mekanisme keputusan yang dapat menentukan vendor mana yang dipilih untuk melayani setiap retailer pada setiap periode. Untuk mempresentasikan keputusan pemilihan vendor tersebut, digunakan variabel keputusan biner yang menunjukkan apakah suatu vendor dipilih atau tidak dalam melayani retailer tertentu pada periode tertentu.

3.5.1.2 Kendala Pengiriman Vendor

Untuk memastikan bahwa dalam satu periode hanya satu vendor yang dapat melayani retailer yang sama, maka dirumuskan kendala sebagai berikut:

$$\sum_{v} Y_{v,r,t} \leq 1$$

Kendala ini menunjukkan bahwa dalam satu periode hanya satu vendor yang dapat mengirim produk ke retailer tertentu.

3.5.1.4 Kendala Penghubung (*Linking Constraint*)

Agar keputusan pemilihan vendor terhubung dengan jumlah pengiriman produk, digunakan kendala berikut:

$$Q_{v,r,p,t} \leq M \,.\, Y_{v,r,t}$$

Di mana $X_{v,r,p,t}$ merupakan jumlah produk yang dikirim dari vendor *v* ke retailer *r* pada periode *t*, dan *M* merupakan bilangan besar (big-*M*). Kendala ini memastikan bahwa pengiriman hanya dapat dilakukan apabila vendor tersebut dipilih untuk melayani retailer yang bersangkutan. Karena model yang dikembangkan memuat fungsi tujuan linier, kendala linier, variabel keputusan kontinu, serta variabel keputusan biner, maka model optimasi dalam penelitian ini termasuk ke dalam *Mixed Integer Linear Programming* (MILP).

3.5.2. Fungsi Tujuan

Sistem rantai pasok Perusahaan X menghadapi masalah seperti ketidakpastian permintaan yang tinggi, kurangnya koordinasi terintegrasi antara vendor dan retailer, serta biaya distribusi yang meningkat akibat kompleksitas sistem *multi*-vendor dan *multi*-retailer. Kondisi ini menyebabkan peningkatan frekuensi pengaturan produksi, pemborosan biaya transportasi, peningkatan biaya persediaan, dan kehilangan penjualan. Untuk mengatasi masalah-masalah ini, penelitian ini mengembangkan model matematis dengan tujuan meminimalkan biaya total gabungan (*Join Total Cost*), yang mencakup semua biaya yang ditanggung oleh vendor dan retailer. Model ini menerapkan konsep *Vendor managed inventory* (VMI), di mana pemasok memiliki wewenang untuk menentukan jumlah produksi dan pengiriman ke setiap retailer secara terintegrasipsok. Pendekatan ini diharapkan dapat mengurangi biaya persediaan, mengurangi *lost sales*, meningkatkan efisiensi distribusi, serta mengurangi biaya transportasi dan emisi karbon. Berikut merupakan fungsi tujuan dari model yang dibuat pada penelitian ini:

$$\min JTC = TC_r + TC_v$$

$$\min JTC = \sum HC_r + \sum LSC_r + \sum DC_{rv}) + (\sum HC_v + \sum SC_v + \sum TC_{vr} + \sum EC)$$

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

3.5.3. *Total Biaya* Retailer

1. Biaya Penyimpanan Retailer (*Holding Cost*)

   Biaya penyimpanan retailer merupakan biaya yang timbul akibat penyimpanan persediaan produk digudang retailer. Besarnya biaya ini dipengaruhi oleh jumlah persediaan yang tersisa pada akhir periode serta biaya simpan per unit untuk setiap produk. Berikut ini merupakan rumus perhitungan biaya penyimpanan retailer:

$$HC_r = \sum_r \sum_p \sum_t I_{rpt}\, x\, h_{rp}$$

   I_{rpt} : *Inventory* akhir produk p pada retailer r diperiode t

   h_{rp} : Biaya penyimpanan retailer r untuk produk p

2. Biaya *Lost Sales* Retailer

   Biaya *lost sales* retailer muncul ketika permintaan tidak dapat dipenuhi akibat keterbatasan *inventory*. Dalam penelitian ini, permintaan yang tidak terpenuhi dianggap sebagai *lost sales* karena tidak diterapkannya mekanisme *backorder*. Berikut ini merupakan rumus perhitungan biaya *lost sales* retailer*:*

$$LSC_r = \sum_r \sum_t \sum_p LS_{rtp}\, x\, L_{rp}$$

   LS_{rtp} : *Lost sales* produk p pada retailer r diperiode t

   l_{rp} : Biaya *lost sales* retailer r untuk produk p

3. Biaya Pengiriman Retailer

   Biaya pengiriman merupakan biaya yang timbul akibat aktivitas pengiriman produk dari vendor ke retailer. Biaya ini tergantung pada jumlah unit yang dikirim dan biaya transport per unit. Berikut ini merupakan rumus perhitungan biaya pengiriman dari vendor ke retailer:

$$DC_{rv} = \sum_r \sum_p \sum_t Q_{vrpt}^{ship} x\, \pi_{rp}$$

   Q_{vrpt}^{ship} : jumlah produk p yang dikirim dari vendor v ke retailer r pada periode t

   π_{rp} : biaya distribusi tetap (*fixed distribution cost*) untuk pengiriman produk ke retailer

3.5.4. Total Biaya Vendor

1. Biaya Penyimpanan Vendor

   Biaya penyimpanan vendor timbul akibat penyimpanan produk sebelum dikirimkan ke retailer. Biaya ini mencakup penggunaan fasilitas penyimpanan, penanganan produk, serta risiko penurunan kualitas. Berikut ini merupakan rumus perhitungan biaya penyimpanan vendor:

$$HC_v = \sum_p \sum_t I_{vtp}\, x\, h_{vp}$$

   I_{vtp} : Persediaan produk p pada vendor v di periode t

   h_{vp} : Biaya penyimpanan vendor untuk produk p

2. Biaya *Lost Sales* Vendor

   Biaya *lost sales* pemasok terjadi ketika pihak vendor tidak dapat memenuhi permintaan retailer akibat keterbatasan persediaan atau kapasitas produksi yang tersedia. Besarnya biaya ini ditentukan berdasarkan jumlah permintaan yang tidak terpenuhi (*lost sales*) untuk setiap produk serta besaran biaya *lost sales* per unit produk. Rumus perhitungan biaya *lost sales* pemasok disajikan sebagai berikut:

$$LSC_v = \sum_v \sum_p \sum_t LS_{vtp}\, x\, L_{vp}$$

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

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

3. Biaya Transportasi Vendor ke Retailer

   Biaya transportasi timbul dari aktivitas distribusi produk dari vendor ke retailer.biaya ini dipengarungi oleh jumlah produk yang dikirim, jarak distribusi, dan biaya transport per kilometer.

$$TC_{vr} = \sum_v \sum_r \sum_p \sum_t Q_{vrpt}^{ship} x\, dist_{vr}\, xC_{km}$$

   Q_{vrpt}^{ship} : jumlah produk p yang dikirim dari vendor v ke retailer r pada periode t

   $dist_{vr}$: Jarak antara vendor v ke retailer r

   C_{km} : Biaya transportasi per kilometer

4. Biaya Emisi Karbon

Biaya emisi karbon merupakan biaya lingkungan yang timbul akibat aktivitas distribusi produk dari vendor ke retailer. Emisi karbon dipengaruhi oleh jumlah produk yang dikirim, jarak distribusi, dan faktor emisi transportasi. Dalam penelitian ini, biaya emisi karbon dimasukkan ke dalam fungsi tujuan untuk mendukung sistem rantai pasok yang berkelanjutan. Berikut ini merupakan rumus perhitungan biaya emisi karbon:

$$EC = \sum_{v}\sum_{r}\sum_{p}\sum_{t} Q_{vrpt}^{ship} x\ dist_{vr}\ x\ EF\ x\ C_{carbon}$$

Q_{vrpt}^{ship} : jumlah produk p yang dikirim dari vendor v ke retailer r pada periode t

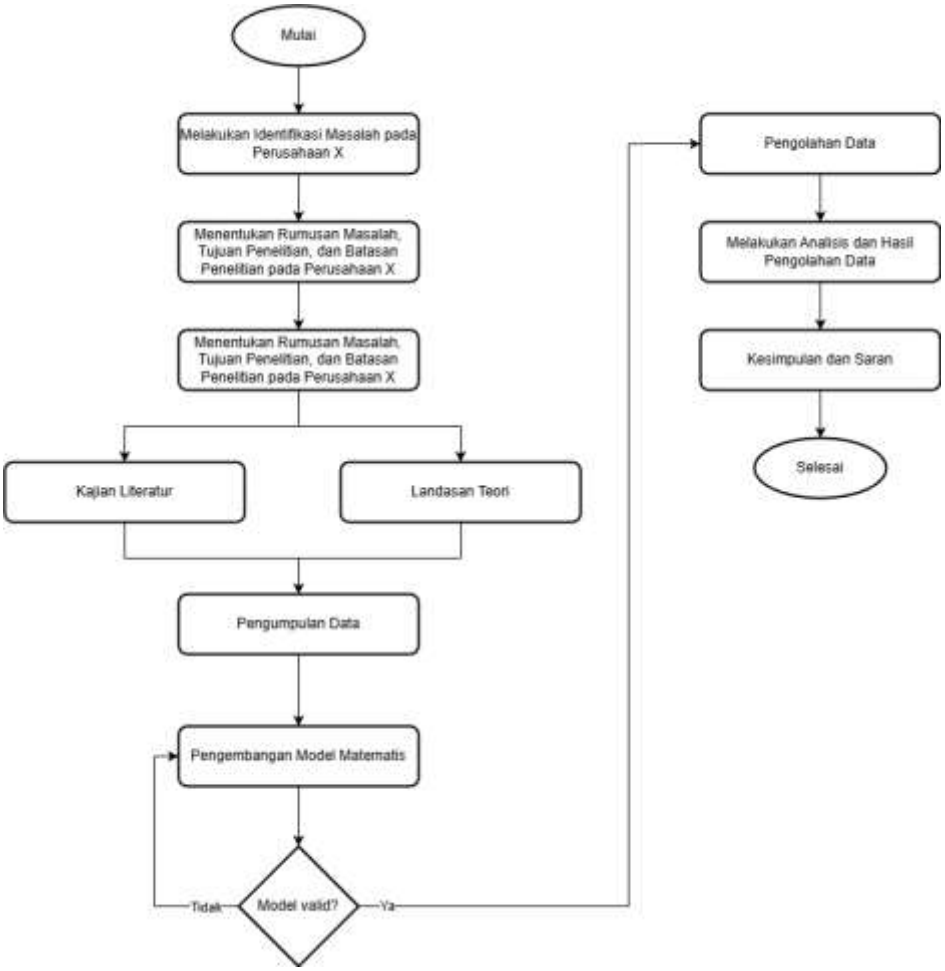
$dist_{vr}$: Jarak antara vendor v ke retailer r

EF : Faktor emisi karbon

C_{carbon} : Biaya per kilogram emisi CO_2

3.6 Alur penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan alur seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari Alur Penelitian pada Gambar 3.1:

1. Mulai
2. Identifikasi Masalah

   Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah pada Perusahaan X, yaitu perusahaan modul-modul kontroler untuk perangkat elektronik. Tahap ini bertujuan untuk memahami kondisi aktual dari sistem distribusi dan manjemen persediaan yang diterapkan oleh perusahaan. Identifikasi dilakukan dengan meninjau aliran distribusi produk dari vendor ke retailer, pola permintaan yang fluktuatif, serta permasalahan yang timbul akibat ketidakpastian permintaan dalam sistem multi-vendor dan multi-retailer.
3. Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, dan Batasan Penelitian

   Tahap kedua ini adalah perumusan masalah, tujuan, dan batasan penelitian agar penelitian lebih terarah. Rumusan masalah berfokus pada pengembangan model optimasi distribusi persediaan berdasarkan *Vendor managed inventory* (VMI) dalam sistem rantai pasok multi-

vendor, multi-retailer, dan multi-produk, dengan mempertimbangkan ketidakpastian permintaan, penerapan strategi *Periodic Review* (P-*system*), dan batasan kapasitas vendor, guna menghasilkan keputusan pengiriman optimal dan meminimalkan biaya persediaan dan distribusi total. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model optimasi distribusi persediaan yang efisien dan terintegrasi sesuai dengan karakteristik sistem. Batasan penelitian ini meliputi penggunaan data sekunder dari Perusahaan X dengan dua vendor, sembilan retailer, dan tujuh produk, penerapan kebijakan tinjauan periodik, serta fokus pada analisis biaya persediaan dan distribusi tanpa mempertimbangkan faktor eksternal lainnya.

4. Kajian Litaratur dan Landasan Teori

   Tahap ketiga penelitian ini adalah kajian literatur dan penyusunan landasan teori. Pada tahap ini dilakukan penelaahan terhadap penelitian terdahulu dan referensi yang relevan dengan topik optimasi distribusi persediaan berdasarkan *Vendor managed inventory* (VMI) pada sistem *multi*-vendor, *multi*-retailer dengan ketidakpastian permintaan. Hasil kajian literatur digunakan untuk mengidentifikasi *research gap* serta menyusun landasan teori yang mendukung pengembangan model optimasi distribusi persediaan dengan pendekatan *Periodic Review* dan metode optimasi menggunakan *Mixed Integer Linear* (MILP).

5. Pengumpulan Data

   Pada tahap pengumpulan data, penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Perusahaan X dan pihak terkait dalam sistem rantai pasok. Data yang digunakan bersifat kualitatif dan kuantitatif, mencerminkan kondisi pengelolaan persediaan dan distribusi dalam sistem *multi*-vendor dan *multi retailer*. Dan akan diolah pada tahap pengembangan model matematis.

6. Pengembangan Model Matematis

   Pada tahap pengembangan model, sebuah model matematis dikembangkan untuk mewakili sistem distribusi persediaan di Perusahaan X menggunakan pendekatan *Vendor managed inventory* (VMI). Model tersebut dikembangkan berdasarkan karakteristik sistem *multi*-vendor,dan *multi*-retailer dengan penerapan strategi *Periodic Review* serta mempertimbangkan ketidakpastian permintaan dan batasan kapasitas vendor. Model tersebut kemudian diverifikasi untuk memastikan kesesuaiannya dengan kondisi aktualnya.

7. Validasi Model

   Tahap validasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model matematis yang dikembangkan secara logis dan mempresentasikan kondisi sistem yang diteliti. Validasi

dilakukan dengan memeriksa konsistensi formulasi model, kesesuaian hubungan antara variabel, dan kesesuaian satuan dalam setiap komponen biaya dan keputusan. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa model tersebut layak untuk digunakan dalam proses optimasi distribusi persediaan dan pengambilan keputusan dalam sistem *Vendor managed inventory* (VMI).

Tabel 3. 1 Validasi Model

Persamaan	**Pemeriksaan Satuan**	**Status**
Biaya Penyimpanan Retail	$HC_r = \sum_r \sum_p \sum_t I_{rpt}\, x\, h_{rp}$ $HC_r = \frac{unit}{hari}\, x\, \frac{Rp/unit}{hari}$ $HC_r = \frac{\cancel{unit}}{\cancel{hari}}\, x\, \frac{Rp/\cancel{unit}}{\cancel{hari}}$ $HC_r = RP$	Valid
Biaya *Lost Sales* Retailer	$LSC_r = \sum_r \sum_t \sum_p LS_{rtp}\, x\, L_{rp}$ $LSC_r = unit\, x\, \frac{Rp}{unit}$ $LSC_r = \cancel{unit}\, x\, \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $LSC_r = Rp$	Valid
Biaya Pengiriman Vendor ke Retailer	$DC_{rv} = \sum_r \sum_p \sum_t Q_{vrpt}^{ship} x\, \pi_{rp}$ $DC_{rv} = unit\, x\, \frac{Rp}{unit}$ $DC_{rv} = \cancel{unit}\, x\, \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $DC_{rv} = Rp$	Valid
Biaya Penyimpanan Vendor	$HC_v = \sum_p \sum_t I_{vtp}\, x\, h_{vp}$ $HC_v = \frac{unit}{hari}\, x\, \frac{Rp/unit}{hari}$ $HC_v = \frac{\cancel{unit}}{\cancel{hari}}\, x\, \frac{Rp/\cancel{unit}}{\cancel{hari}}$	Valid

Persamaan	Pemeriksaan Satuan	Status
	$HC_v = RP$	
Biaya *Lost Sales* Vendor	$LSC_v = \sum_v \sum_p \sum_t LS_{vtp} \, x \, L_{vp}$ $LSC_v = unit \, x \, \frac{Rp}{unit}$ $LSC_v = \cancel{unit} \, x \, \frac{Rp}{\cancel{unit}}$ $LSC_v = Rp$	Valid
Biaya *Set-up* Vendor	$SC_v = \sum_v \sum_t \sum_p f_{vtp} \, x \, S_{vp}$ $SC_v = \frac{unit}{hari} \, x \, \frac{Rp/unit}{hari}$ $SC_v = \frac{\cancel{unit}}{\cancel{hari}} \, x \, \frac{Rp/\cancel{unit}}{\cancel{hari}}$ $SC_v = RP$	Valid
Biaya Transportasi	$TC_{vr} = \sum_v \sum_r \sum_p \sum_t Q_{vrpt}^{ship} x \, dist_{vr} \, x C_{km}$ $TC_{vr} = unit \, x \, km \, x \, \frac{Rp}{km}$ $TC_{vr} = unit \, x \, \cancel{km} \, x \, \frac{Rp}{\cancel{km}}$ $TC_{vr} = unit \, x \, Rp$ $TC_{vr} = Rp$	Valid
Biaya Emisi Karbon	$EC = \sum_v \sum_r \sum_p \sum_t Q_{vrpt}^{ship} x \, dist_{vr} \, x \, EF \, x \, C_{carbon}$ $EC = unit \, x \, km \, x \, \frac{kg \, CO_2}{km \, x \, unit} \, x \, \frac{Rp}{kg \, CO_2}$ $EC = \cancel{unit} \, x \, \cancel{km} \, x \, \frac{\cancel{kg \, CO_2}}{km \, x \, unit} \, x \, \frac{Rp}{\cancel{kg \, CO_2}}$ $EC = Rp$	Valid

8. Pengolahan Data

Selanjutnya pada tahap pengolahan data, data sekunder diperoleh dari Perusahaan X, vendor, dan retailer. Data yang digunakan meliputi data permintaan, distribusi, persediaan awal, biaya persediaan, biaya distribusi, kapasitas pasokan vendor, serta *Periodic Review*. Data yang telah disusun kemudian digunakan sebagai input dalam model optimasi distribusi persediaan berdasarkan *Vendor managed inventory* (VMI) yang diimplementasikan dalam bentuk *Mixed Integer Linear* (MILP). Proses optimasi diselesaikan menggunakan *Microsoft Excel Solver* untuk memperoleh keputusan pengiriman optimal dan meminimalkan total biaya persediaan dan distribusi.

9. Analisis dan Pembahasan

   Pada tahap analisis dan pembahasan dilakukan untuk menginterpretasikan hasil pemrosesan data yang diperoleh dari model optimasi distribusi persediaan. Analisis dimulai dengan membandingkan kondisi awal sistem distribusi di Perusahaan X dengan hasil optimasi yang dihasilkan melalui penerapan model *Vendor managed inventory* (VMI) berbasis *Mixed Integer Linear* (MILP). Pembahasan berfokus pada kemampuan model untuk menghasilkan keputusan pengiriman optimal dan mengurangi total biaya persediaan dan distribusi dalam sistem multi-vendor dan multi-retailer dengan ketidakpastian permintaan. Hasil yang diperoleh menunjukkan peningkatan efisiensi sistem dibandingkan dengan kondisi awal. selain itu, penerapan model juga memberikan implikasi manajerial berupa koordinasi yang lebih baik diantara vendor dan retailer serta pengendalian persediaan yang lebih baik. Selain itu, hasil penelitian ini dibandingkan dengan studi sebelumnya untuk menunjukkan kontribusi penelitian ini dalam mengisi kesejangan penelitian terkait pengembangan model VMI berbasis MILP dengan strategi *Periodic Review*.

10. Kesimpulan dan Saran

    Pada tahap ini menyajikan ringkasan hasil penelitian berdasarkan analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan difokuskan bahwa model optimasi distribusi persediaan berbasis *Vendor managed inventory* (VMI) yang diimplementasikan dalaman bentuk *Mixed Integer Linear* (MILP) dengan strategi *Periodic Review* mampu menghasilkan keputusan pengiriman yang lebih efisien dan mengurangi biaya persediaan dan distribusi secara keseluruhan. Selain itu, penelitian ini merekomendasikan bagi Perusahaan X untuk menerapkan model ini sebagai dasar pengambilan keputusan dalam manajemen persediaan dan distribusi guna meningkatkan efektivitas sistem rantai pasok.

11. Selesai

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

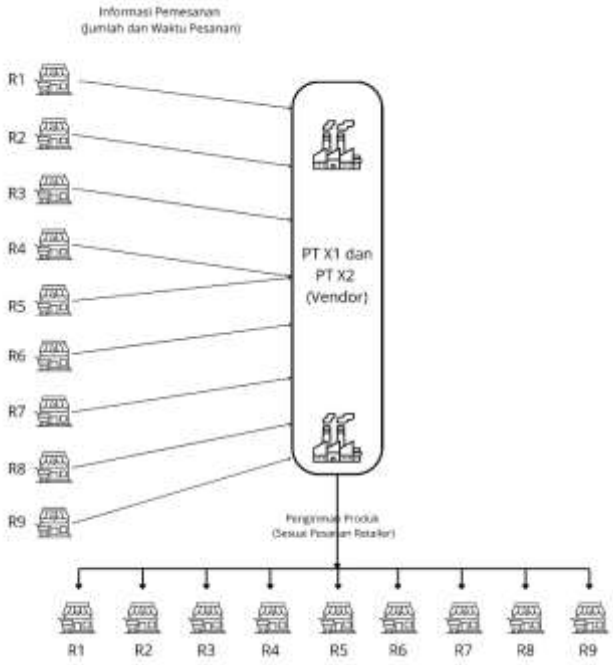
4.1 Pengumpulan Data

4.1.1. Deskripsi Sistem

Pada penelitian ini, sistem distribusi persediaan dilakukan pada Perusahaan X yang bergerak di bidang manufaktur modul kontroler untuk perangkat elektronik. Sistem rantai pasok perusahaan melibatkan dua vendor sebagai pemasok produk, yaitu PT X1 dan PT X2, yang mendistribusikan tujuh jenis produk kepada sembilan retailer sebagai pihak yang menyalurkan produk kepada konsumen akhir. Setiap produk memiliki karakteristik permintaan yang berbeda dan berubah pada setiap periode distribusi.

Pada kondisi *existing*, sistem distribusi yang diterapkan masih menggunakan pendekatan *pull system*, dimana setiap retailer melakukan pemesanan produk secara mandiri berdasarkan kebutuhan masing-masing. Informasi pemesanan yang meliputi jumlah dan waktu pemesanan dikirimkan dari retailer kepada vendor. Selanjutnya, PT X1 dan PT X2 melakukan pengiriman produk sesuai dengan jumlah pesanan yang diajukan oleh masing-masing retailer. Pada sistem ini, keputusan mengenai kapan dan berapa jumlah produk yang dipesan sepenuhnya berada pada pihak retailer, sehingga koordinasi pengelolaan persediaan antara vendor dan retailer belum terintegrasi.

Untuk memperjelas aliran distribusi pada sistem existing yang diterapkan di Perusahaan X, maka disajikan visualisasi sistem distribusi *existing* pada Gambar 4.1.

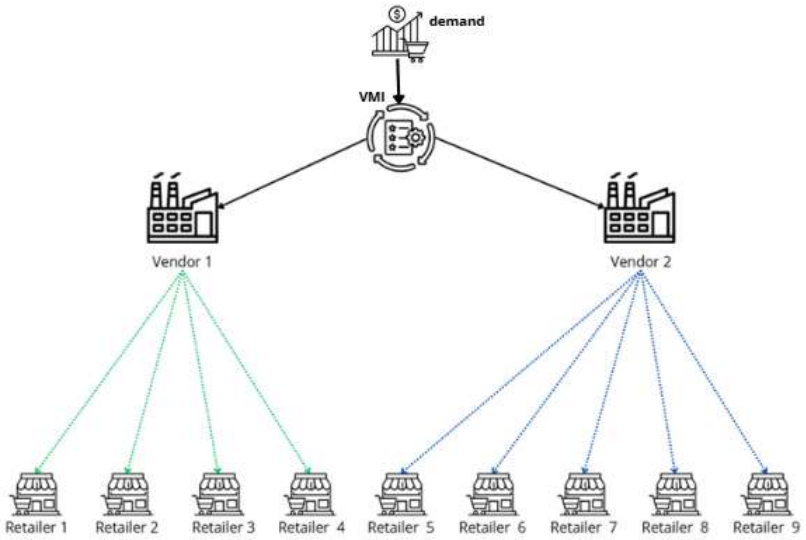


Gambar 4. 1 Visualisasi Sistem Distribusi *Existing*

Berdasarkan sistem *existing* tersebut, terdapat beberapa permasalahan yang muncul akibat fluktuasi permintaan yang tinggi pada masing-masing retailer. Perbedaan pola permintaan antar retailer menyebabkan pengelolaan distribusi menjadi kurang efisien, dimana pada beberapa periode terdapat retailer yang mengalami kelebihan persediaan, sedangkan retailer lainnya mengalami kekurangan persediaan. Selain itu, keputusan pemesanan yang dilakukan secara terpisah oleh masing-masing retailer menyebabkan vendor mengalami kesulitan dalam melakukan perencanaan distribusi secara optimal, sehingga dapat meningkatkan biaya persediaan, biaya transportasi, dan risiko kehilangan penjualan (*lost sales*).

Sistem distribusi pada penelitian ini memiliki karakteristik *multi-vendor*, *multi-retailer*, dan *multi-product* dengan kondisi permintaan yang tidak pasti. Untuk mengatasi permasalahan pada sistem existing, penelitian ini mengusulkan penerapan pendekatan *Vendor Managed Inventory (VMI)*. Pada sistem VMI, tanggung jawab pengelolaan persediaan dialihkan kepada vendor, sehingga PT X1 dan PT X2 dapat menentukan keputusan distribusi berupa jumlah produk yang dikirim dan waktu pengiriman kepada masing-masing retailer berdasarkan informasi permintaan, kondisi persediaan, serta kapasitas yang tersedia.

Untuk memperjelas perubahan mekanisme distribusi setelah penerapan pendekatan VMI, maka disajikan visualisasi sistem usulan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Visualisasi Sistem Distribusi VMI

Pada sistem usulan, setiap retailer hanya dapat dilayani oleh satu vendor dalam satu periode sesuai dengan konsep *single sourcing*. Pemilihan vendor dilakukan berdasarkan hasil model optimasi dengan mempertimbangkan biaya dan kondisi sistem. Selain itu, sistem menerapkan kebijakan *Periodic Review (P-system)* dengan periode peninjauan sebanyak 12 kali dalam satu tahun. Pada setiap periode, vendor menentukan keputusan distribusi dengan mempertimbangkan tingkat persediaan, permintaan, dan kapasitas yang tersedia. Kebijakan ini bertujuan untuk menghindari duplikasi pengiriman, meningkatkan efisiensi distribusi, dan meminimalkan total biaya dalam sistem rantai pasok.

Melalui penerapan pendekatan VMI sebagai pengganti sistem distribusi konvensional, diharapkan proses pengelolaan persediaan dan distribusi dapat dilakukan secara lebih terintegrasi antara vendor dan retailer. Sistem yang diusulkan mampu meningkatkan koordinasi antar pihak dalam rantai pasok serta mengurangi ketidakseimbangan persediaan, sehingga dapat menghasilkan keputusan distribusi yang lebih efisien. Sistem ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam pengembangan model matematis untuk menentukan keputusan distribusi yang optimal.

4.1.2. Deskripsi Produk

Produk yang menjadi objek dalam penelitian ini merupakan modul kontroler untuk perangkat elektronik yang diproduksi oleh Perusahaan X. Secara keseluruhan terdapat tujuh jenis produk yang didistribusikan dalam sistem rantai pasok perusahaan. Setiap produk dalam penelitian ini

direpresentasikan sebagai item yang dibedakan berdasarkan indeks produk dalam model matematis. Seluruh produk dinyatakan dalam satuan untuk memudahkan proses perhitungan dan pengolahan data.

Dalam penelitian ini, terdapat tujuh jenis produk yang di analisis, yaitu:

1. *Refrigerator Mainboard*

   Produk ini merupakan modul kontrol utama pada lemari es yang berfungsi mengatur sistem kerja kompresor, proses defrost, serta pembacaan sensor suhu untuk menjaga kestabilan temperatur.

2. *Washing Machine Control Panel*

   Produk ini berfungsi sebagai panel kontrol pada mesin cuci yang digunakan untuk mengatur siklus pencucian, pengoperasian motor, serta pengaturan aliran air melalui katup.

3. AC *Display* & *Control Board*

   Produk ini digunakan sebagai antarmuka pengguna pada unit AC, yang berfungsi untuk menampilkan informasi serta mengatur mode operasi melalui sinyal dari *remote control*.

4. *Induction Cooker Power Control Board*

   Produk ini berfungsi untuk mengatur daya pada kompor induksi, termasuk pengendalian suhu dan pengoperasian komponen elektronik seperti IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) yang merupakan komponen semikonduktor yang digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengatur aliran daya listrik pada rangkaian.

5. *Smart Lock Motor Driver*

   Produk ini digunakan untuk mengontrol pergerakan motor pada sistem *smart lock*, serta mendukung fungsi keamanan melalui sistem penguncian otomatis.

6. *Air Purifier Control Module*

   Produk ini berfungsi untuk mengontrol kinerja air purifier, termasuk pengaturan kecepatan kipas, *ionizer*, serta pembacaan sensor kualitas udara.

7. LED *Lamp Driver*

   Produk ini digunakan untuk mengatur arus listrik pada lampu LED agar tetap stabil, serta memungkinkan pengaturan tingkat kecerahan menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*), yaitu metode pengendalian daya listrik dengan cara mengatur lebar pulsa sinyal secata periodik.

Dalam penelitian ini, produk berperan sebagai komponen utama dalam sistem distribusi yang dianalisis. Setiap produk memiliki data yang terkait, seperti jumlah permintaan, persediaan awal, serta biaya-biaya yang relevan, termasuk biaya penyimpanan, biaya distribusi, dan biaya kekurangan persediaan (*lost sales*).

Dengan demikian, produk dalam penelitian ini tidak hanya dipandang sebagai barang fisik, tetapi juga sebagai elemen penting dalam model matematis yang digunakan untuk menentukan keputusan distribusi yang optimal.

4.1.3. Data Penelitian

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk menyediakan informasi yang dibutuhkan dalam penyusunan model optimasi distribusi persediaan. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari Perusahaan X. Data yang dikumpulkan meliputi data permintaan, data biaya, serta parameter lainnya. Tabel 4.1 sampai Tabel 4.2 menunjukkan biaya yang terjadi di setiap vendor.

Tabel 4. 1 Biaya yang Terjadi di Vendor 1

Vendor 1				
Produk	Biaya Produksi (Rp/unit)	Biaya Setup (Rp/periode)	Jam Tenaga Kerja (jam/unit)	*Scrap Rate* (Proporsi)
P1	770.476	38.370	1.684	0.0584
P2	638.568	27.280	0.92	0.051
P3	829.080	29.700	0.36	0.0472
P4	829.472	26.860	1.009	0.0363
P5	499.604	18.880	0.658	0.0191
P6	558.600	44.420	0.582	0.0321
P7	451.584	29.280	0.563	0.0427

Tabel 4. 2 Biaya yang Terjadi di Vendor 2

Vendor 2				
Produk	Biaya Produksi (Rp/unit)	Biaya Setup (Rp/periode)	Jam Tenaga Kerja (jam/unit)	*Scrap Rate* (Proporsi)
P1	801.924	38.370	1.994	0.0354

Vendor 2				
P2	664.632	27.280	0.916	0.0504
P3	862.920	29.700	0.342	0.043
P4	863.328	26.860	1.025	0.0361
P5	519.996	18.880	0.72	0.0204
P6	581.400	44.420	0.591	0.0351
P7	470.016	29.280	0.58	0.0459

4.2 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data, seluruh data yang diperoleh dari perusahaan diolah dan disesuaikan menjadi parameter yang dapat digunakan dalam model optimasi distribusi persediaan. Data yang digunakan meliputi data permintaan retailer, data distribusi produk, biaya penyimpanan, biaya pengiriman, persediaan awal, serta data pendukung lainnya yang berkaitan dengan proses distribusi antara vendor dan retailer. Pengolahan data dilakukan menggunakan Microsoft Excel untuk mempermudah proses perhitungan dan simulasi model. Data yang telah diolah kemudian digunakan sebagai input dalam model matematis *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) yang telah disusun pada Bab III.

Pada penelitian ini, pengolahan data yang dilakukan terhadap tujuh produk, dua vendor, dan sembilan retailer selama periode pengamatan tertentu. Hasil pengolahan data selanjutnya digunakan dalam proses implementasi model, verifikasi simulasi, dan optimasi menggunakan fitur Solver pada Microsoft Excel.

4.2.1. Data Permintaan Retailer

Subbab ini berisi data permintaan masing-masing retailer untuk setiap produk dan periode. Data permintaan digunakan sebagai dasar dalam menentukan jumlah distribusi produk pada model optimasi.

Produk 1

Tabel 4. 3 Data Permintaan Retailer Produk 1

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	12	4	1	4	3	14	1	1	2
R2	1	3	1	1	11	7	10	2	28
R3	12	7	2	1	4	11	10	1	4

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R4	1	2	6	8	3	3	1	1	1
R5	2	1	2	4	1	2	1	1	2
R6	1	1	3	0	3	3	1	2	4
R7	5	1	2	2	10	3	4	2	1
R8	1	1	0	1	1	1	1	2	1
R9	2	2	1	3	1	16	3	1	3

Produk 2

Tabel 4. 4 Data Permintaan Retailer Produk 2

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	2	9	2	7	2	1	3	4	2
R2	1	3	1	4	4	0	1	2	4
R3	9	3	14	0	6	1	7	2	16
R4	8	4	4	3	1	3	6	1	1
R5	3	2	2	3	4	2	5	1	1
R6	6	3	1	0	2	0	10	1	1
R7	4	5	2	4	2	6	2	4	9
R8	3	2	0	0	0	7	7	1	2
R9	2	1	1	17	2	2	6	3	5

Produk 3

Tabel 4. 5 Data Permintaan Retailer Produk 3

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	13	1	5	1	2	9	1	0	6
R2	5	1	1	1	2	8	0	11	0
R3	5	2	7	5	4	3	2	4	7
R4	4	6	3	1	5	7	14	8	2
R5	1	3	1	1	1	3	2	1	1
R6	1	2	9	8	1	14	17	3	4
R7	1	2	2	1	4	8	1	7	8
R8	2	3	12	8	11	10	1	6	3

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R9	6	1	1	1	2	5	5	3	1

Produk 4

Tabel 4. 6 Data Permintaan Retailer Produk 4

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	4	1	1	1	4	2	5	6	1
R2	5	2	1	6	5	2	4	2	2
R3	18	6	16	1	6	5	3	1	7
R4	1	5	6	7	3	7	3	4	7
R5	2	1	1	1	2	6	3	1	1
R6	2	3	2	5	5	5	6	1	4
R7	1	4	4	1	1	1	7	4	1
R8	2	7	3	3	3	3	4	3	2
R9	2	2	3	3	15	7	7	8	1

Produk 5

Tabel 4. 7 Data Permintaan Retailer Produk 5

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	4	9	6	7	4	2	1	1	8
R2	1	11	5	7	4	3	2	9	9
R3	2	4	2	26	18	1	4	4	4
R4	1	2	1	2	1	1	3	3	1
R5	4	3	1	2	6	2	8	4	2
R6	4	2	4	1	1	3	2	0	3
R7	4	5	6	3	7	3	10	9	15
R8	2	5	1	4	1	1	1	2	1
R9	3	1	1	1	1	0	0	4	6

Produk 6

Tabel 4. 8 Data Permintaan Retailer Produk 6

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	7	4	1	3	5	4	2	4	3
R2	0	4	1	3	4	2	3	2	1
R3	1	1	1	2	0	0	1	0	0
R4	1	1	4	7	0	3	1	0	10
R5	1	5	1	12	0	3	16	0	1
R6	18	1	3	16	3	1	2	2	8
R7	2	2	1	12	2	1	7	9	9
R8	6	4	3	10	1	2	2	6	1
R9	5	3	1	2	1	2	1	1	2

Produk 7

Tabel 4. 9 Data Permintaan Retailer Produk 7

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	1	10	1	1	2	2	3	1	1
R2	6	11	14	2	2	2	7	3	2
R3	2	3	2	4	1	4	4	2	1
R4	5	6	3	0	2	3	3	2	3
R5	9	4	7	6	2	8	2	2	8
R6	5	2	2	0	1	4	4	3	2
R7	2	11	1	1	4	3	0	0	0
R8	1	1	4	0	6	1	5	3	3
R9	0	1	1	1	0	3	1	1	3

4.2.2. Data Persediaan Awal Retailer

Subbab ini menampilkan data persediaan awal (*beginning inventory*) pada masing-masing retailer untuk setiap periode. Data persediaan awal digunakan sebagai kondisi awal dalam simulasi persediaan dan perhitungan distribusi produk pada model optimasi. Nilai persediaan awal pada periode berikutnya diperoleh dari hasil persediaan akhir pada periode sebelumnya.

Produk 1

Tabel 4. 10 Data Persediaan Awal Retailer Produk 1

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	38	26	22	21	17	14	0	0	0
R2	44	43	40	39	38	27	20	11	9
R3	54	42	35	33	32	28	17	7	6
R4	61	60	58	52	44	41	38	37	36
R5	38	36	35	33	29	28	26	25	24
R6	29	28	27	24	24	21	18	17	15
R7	41	36	35	33	31	21	18	14	12
R8	34	33	32	32	31	30	29	28	26
R9	41	39	37	36	33	32	16	13	12

Produk 2

Tabel 4. 11 Data Persediaan Awal Retailer Produk 2

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	44	42	33	31	24	22	21	30	26
R2	37	36	33	32	28	24	24	23	21
R3	41	32	29	15	15	9	8	1	0
R4	61	53	49	45	42	41	39	33	32
R5	49	46	44	42	39	35	33	28	27
R6	51	45	42	41	41	39	39	53	52
R7	46	42	37	35	31	29	41	39	36
R8	40	37	35	35	35	35	28	21	26
R9	42	40	39	38	21	19	17	11	8

Produk 3

Tabel 4. 12 Data Persediaan Awal Retailer Produk 3

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	35	22	21	16	15	13	8	12	16
R2	31	26	25	24	23	21	19	25	18

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R3	38	33	31	24	19	15	15	15	14
R4	48	44	38	35	34	29	28	23	18
R5	17	16	13	12	11	10	13	16	20
R6	39	38	36	27	19	18	8	0	2
R7	38	37	35	33	32	28	25	25	21
R8	43	41	38	26	18	7	0	2	0
R9	34	28	27	26	25	23	28	26	28

Produk 4

Tabel 4. 13 Data Persediaan Awal Retailer Produk 4

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	44	40	39	38	37	33	31	27	21
R2	53	48	46	45	39	34	32	28	26
R3	53	35	29	13	12	6	5	3	2
R4	77	76	71	65	58	55	48	45	41
R5	39	37	36	35	34	32	26	23	22
R6	33	31	28	26	21	16	11	5	5
R7	54	53	49	45	44	43	42	35	31
R8	44	42	35	32	29	26	23	20	17
R9	48	46	44	41	38	23	30	23	15

Produk 5

Tabel 4. 14 Data Persediaan Awal Retailer Produk 5

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	49	45	36	30	23	19	17	16	15
R2	37	36	25	20	13	9	25	23	14
R3	38	36	32	30	4	0	9	10	6
R4	42	41	39	38	36	35	34	31	28
R5	40	36	33	32	30	24	22	28	24
R6	49	45	43	39	38	37	34	34	34
R7	41	37	32	26	23	16	41	31	22

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R8	30	28	23	22	18	17	16	15	14
R9	45	42	41	40	39	38	38	38	34

Produk 6

Tabel 4. 15 Data Persediaan Awal Retailer Produk 6

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	55	48	44	43	40	35	31	29	25
R2	39	39	35	34	31	27	25	22	20
R3	36	35	34	33	31	31	31	30	30
R4	86	85	84	80	73	73	70	70	73
R5	48	47	42	41	29	29	26	10	10
R6	46	28	27	24	8	5	7	5	3
R7	48	46	44	43	31	29	28	21	13
R8	55	49	45	42	32	31	29	27	21
R9	36	31	28	27	25	24	22	21	20

Produk 7

Tabel 4. 16 Data Persediaan Awal Retailer Produk 7

Retailer	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7	Periode 8	Periode 9
R1	27	26	16	15	14	12	10	7	6
R2	53	47	36	22	20	18	16	11	11
R3	47	45	42	40	36	35	40	36	34
R4	60	55	49	46	46	44	41	38	36
R5	55	46	42	35	29	27	19	17	15
R6	35	30	28	26	26	25	21	18	15
R7	29	27	16	15	14	10	7	7	7
R8	43	42	41	37	37	31	31	26	26
R9	33	33	32	31	30	30	27	26	25

4.2.3. Data Biaya Penyimpanan

Data biaya penyimpanan (*holding cost*) digunakan dalam perhitungan total biaya persediaan pada masing-masing retailer selama periode distribusi. Biaya penyimpanan dihitung berdasarkan jumlah persediaan yang tersimpan pada setiap periode. Nilai biaya penyimpanan ini selanjutnya digunakan sebagai parameter dalam model optimasi untuk menghitung total biaya retailer.

Rumus *holding cost* retailer:

$$HC_r = h_r \times I_r$$

Substitusi data:

$$HC_{r1} = 26 \times 44{,}333$$

$$HC_{r1} = Rp1.152.658{,}00$$

Keterangan:

$h_r = biaya\ simpan\ retailer$

$I_r = Inventory\ akhir\ retailer$

Tabel 4. 17 Data Biaya Penyimpanan

R	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
R1	Rp.4,433.33	Rp.5,014.33	Rp.9,880.00	Rp.13,390.00	Rp.6,976.00	Rp.14,896.67	Rp.5,476.00
R2	Rp.10,063.67	Rp.4,802.00	Rp.13,000.00	Rp.14,351.33	Rp.5,664.00	Rp.9,628.33	Rp.10,508.00
R3	Rp.8,955.33	Rp.1,813.00	Rp.9,200.00	Rp.3,673.67	Rp.4,128.00	Rp.12,389.67	Rp.21,756.00
R4	Rp.22,787.33	Rp.7,676.67	Rp.13,480.00	Rp.20,840.33	Rp.13,888.00	Rp.35,824.67	Rp.23,877.33
R5	Rp.13,876.33	Rp.6,500.67	Rp.11,160.00	Rp.11,089.67	Rp.10,752.00	Rp.9,810.00	Rp.12,185.33
R6	Rp.8,778.00	Rp.10,045.00	Rp.5,960.00	Rp.4,944.00	Rp.14,720.00	Rp.3,887.67	Rp.11,050.67
R7	Rp.10,285.33	Rp.5,798.33	Rp.11,720.00	Rp.15,278.33	Rp.7,776.00	Rp.9,701.00	Rp.7,054.67
R8	Rp.15,915.67	Rp.5,471.67	Rp.5,560.00	Rp.9,029.67	Rp.7,232.00	Rp.11,735.67	Rp.16,329.33
R9	Rp.10,418.33	Rp.3,413.67	Rp.16,600.00	Rp.9,407.33	Rp.12,736.00	Rp.10,682.00	Rp.17,168.00

4.2.4. Data Parameter Transportasi

Data parameter transportasi digunakan sebagai input dalam perhitungan biaya distribusi produk dari vendor ke retailer. Parameter ini meliputi biaya transportasi pengiriman, nilai emisi karbon kendaraan distribusi, serta biaya karbon yang digunakan dalam perhitungan total biaya distribusi dan emisi karbon pada model optimasi. Seluruh parameter tersebut digunakan dalam proses implementasi model matematis dan penyelesaian optimasi menggunakan *Microsoft Excel Solver*.

Tabel 4. 18 Data Parameter Transportasi

Parameter	Nilai
Transport Cost (IDR/kg/km	30
Carbon Emission (kgCO2/ton/km	0.062
Carbon Price (IDR/tonCO2)	100.000

Berdasarkan tabel diatas biaya transportasi distribusi yang digunakan dalam penelitian ini sebesar Rp. 30 per kg/km. selain itu, nilai emisi karbon kendaraan distribusi sebesar 0,062 kgCO2/ton/km dan harga karbon sebesar Rp. 100.000 per ton CO2. Parameter tersebut digunakan dalam perhitungan biaya pengiriman dan biaya emisi karbon selama proses distribusi produk dari vendor ke retailer pada model optimasi yang dikembangkan.

4.2.5. Data Vendor

Data vendor pada penelitian ini digunakan sebagai input dalam proses optimasi distribusi persediaan. Data tersebut dikelompokkan ke dalam tiga aspek utama yaitu *economic cost, environmental cost,* dan *social cost*. Ketiga aspek biaya tersebut digunakan dalam perhitungan total biaya sistem rantai pasok pada model optimasi yang dikembangkan. Aspek *economic cost* digunakan untuk menghitung biaya operasional distribusi dan produksi, aspek *environmental cost* digunakanuntuk menghitung dampak emisi karbon selama proses produksi dan distribusi, sedangkan aspek *social cost* digunakan untuk menghitung biaya yang berkaitan dengan faktor ergonomic dan tenaga kerja pada vendor.

4.2.5.1. Data *Economic Cost* Vendor

Data *economic cost* digunakan untuk menghitung biaya operasional vendor selama proses distribusi dan produksi produk.

Tabel 4. 19 Data *Economic Cost* Vendor

Produk	Vendor	*Setup Cost*	*Delivery Cost*
Produk 1	Vendor 1	Rp.76,740.00	Rp.23,760.00
Produk 1	Vendor 2	Rp.38,370.00	Rp.15,840.00
Produk 2	Vendor 1	Rp.136,400.00	Rp.293,202.00
Produk 2	Vendor 2	Rp.136,400.00	Rp.460,824.00
Produk 3	Vendor 1	Rp.0.00	Rp.0.00
Produk 3	Vendor 2	Rp.0.00	Rp.0.00
Produk 4	Vendor 1	Rp.214,880.00	Rp.229,977.00
Produk 4	Vendor 2	Rp.80,580.00	Rp.129,684.00

Produk	Vendor	*Setup Cost*	*Delivery Cost*
Produk 5	Vendor 1	Rp.94,400.00	Rp.197,820.00
Produk 5	Vendor 2	Rp.132,160.00	Rp.270,900.00
Produk 6	Vendor 1	Rp.266,520.00	Rp.159,384.00
Produk 6	Vendor 2	Rp.88,840.00	Rp.31,494.00
Produk 7	Vendor 1	Rp.175,680.00	Rp.125,685.00
Produk 7	Vendor 2	Rp.87,840.00	Rp.22,401.00

4.2.5.2. Data *Enviromental Cost* Vendor

Data *enviromental cost* digunakan untuk menghitung biaya emisi karbon yang dihasilkan selama proses produksi dan distribusi produk.

Tabel 4. 20 Data *Enviromental Cost* Vendor

Produk	Vendor	*Production CO2 Cost*	*Delivery CO2 Cost*
Produk 1	Vendor 1	Rp.2,452.00	Rp.491.04
Produk 1	Vendor 2	Rp.613.00	Rp.327.36
Produk 2	Vendor 1	Rp.24,297.00	Rp.6,059.51
Produk 2	Vendor 2	Rp.38,626.00	Rp.9,523.70
Produk 3	Vendor 1	Rp.0.00	Rp.0.00
Produk 3	Vendor 2	Rp.0.00	Rp.0.00
Produk 4	Vendor 1	Rp.8,092.00	Rp.4,752.86
Produk 4	Vendor 2	Rp.3,094.00	Rp.2,680.14
Produk 5	Vendor 1	Rp.37,743.00	Rp.4,088.28
Produk 5	Vendor 2	Rp.33,367.00	Rp.5,598.60
Produk 6	Vendor 1	Rp.12,606.00	Rp.3,293.94
Produk 6	Vendor 2	Rp.2,674.00	Rp.650.88
Produk 7	Vendor 1	Rp.17,787.00	Rp.2,597.49
Produk 7	Vendor 2	Rp.2,695.00	Rp.462.95

4.2.5.3. Data *Social Cost* Vendor

Data *social cost* digunakan untuk menghitung biaya yang berkaitan dengan faktor sosial dan ergonomic tenaga kerja selama proses produksi.

Tabel 4. 21 Data *Social Cost* Vendor

Produk	Vendor	*Ergo Cost*	*Overtime Cost*
Produk 1	Vendor 1	Rp.31,680.00	Rp.0.00
Produk 1	Vendor 2	Rp.7,920.00	Rp.0.00
Produk 2	Vendor 1	Rp.159,705.00	Rp.0.00
Produk 2	Vendor 2	Rp.253,890.00	Rp.0.00
Produk 3	Vendor 1	Rp.0.00	Rp.0.00
Produk 3	Vendor 2	Rp.0.00	Rp.0.00
Produk 4	Vendor 1	Rp.154,530.00	Rp.0.00
Produk 4	Vendor 2	Rp.59,085.00	Rp.0.00
Produk 5	Vendor 1	Rp.217,350.00	Rp.0.00
Produk 5	Vendor 2	Rp.192,150.00	Rp.0.00
Produk 6	Vendor 1	Rp.86,130.00	Rp.0.00
Produk 6	Vendor 2	Rp.18,270.00	Rp.0.00
Produk 7	Vendor 1	Rp.84,645.00	Rp.0.00
Produk 7	Vendor 2	Rp.12,825.00	Rp.0.00

4.3 Hasil Optimasi Menggunakan *Microsoft Excel Solver*

Setelah proses verifikasi simulasi dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan optimasi menggunakan fitur Solver pada Microsoft Excel. Proses optimasi dilakukan berdasarkan model matematis yang telah dikembangkan pada Bab III dengan tujuan meminimalkan total biaya sistem rantai pasok. Hasil optimasi yang diperoleh meliputi jumlah distribusi produk dari vendor ke retailer, pemilihan vendor pada setiap retailer berdasarkan konsep *single sourcing*, serta total biaya sistem yang terdiri dari *economic cost*, *environmental cost*, dan *social cost*.

4.3.1. Hasil Distribusi Produk

Hasil distribusi produk menunjukkan jumlah produk yang dikirim dari vendor ke masing-masing retailer pada setiap periode berdasarkan hasil optimasi solver. Nilai distribusi tersebut diperoleh dari variabel keputusan *order receive* yang digunakan dalam model optimasi.

Produk 1

Tabel 4. 22 Hasil Distribusi Produk 1

Periode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Produk 2

Tabel 4. 23 Hasil Distribusi Produk 2

Periode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
2	1	0	0	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1	1	0
4	0	0	1	0	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Produk 3

Tabel 4. 24 Hasil Distribusi Produk 3

Periode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Periode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Produk 4

Tabel 4. 25 Hasil Distribusi Produk 4

Periode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2	1	0	1	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	0	0	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Produk 5

Tabel 4. 26 Hasil Distribusi Produk 5

Periode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	1	0	0	0	0	1	0
6	0	0	1	0	1	0	0	0	0
7	0	1	1	1	0	0	1	0	0
8	1	0	1	0	1	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Produk 6

Tabel 4. 27 Hasil Distribusi Produk 6

Periode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	1	0	0
4	1	0	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	1	0	0	1	1	0	0	1	0
7	0	0	0	1	1	0	1	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Produk 7

Tabel 4. 28 Hasil Distribusi Produk 7

Periode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
2	0	1	0	0	0	1	0	0	0

Periode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
3	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4	0	1	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	1	0	0

4.3.2. Hasil Pemilihan Vendor (*Single Sourcing*)

Hasil pemilihan vendor menunjukkan vendor yang dipilih untuk melayani masing-masing retailer berdasarkan hasil optimasi. Pemilihan vendor dilakukan menggunakan variabel biner pada model *single sourcing*, sehingga setiap retailer hanya dapat dilayani oleh satu vendor dalam satu periode.

Produk 1

Tabel 4. 29 Hasil Pemilihan Vendor Produk 1

Periode	Retalier	Vendor Terpilih
2	R3	Vendor 2
8	R9	Vendor 1
9	R3	Vendor 1

Produk 2

Tabel 4. 30 Hasil Pemilihan Vendor Produk 2

Periode	Retalier	Vendor Terpilih
1	R4	Vendor 1
1	R8	Vendor 2
2	R6	Vendor 1
2	R1	Vendor 2
3	R7	Vendor 1
3	R8	Vendor 2

Periode	Retalier	Vendor Terpilih
4	R3	Vendor 2
4	R6	Vendor 2
5	R9	Vendor 2
7	R2	Vendor 1
7	R7	Vendor 1
8	R5	Vendor 1

Produk 4

Tabel 4. 31 Hasil Pemilihan Vendor Produk 4

Periode	Retailer	Vendor Terpilih
1	R9	Vendor 1
1	R3	Vendor 2
2	R3	Vendor 1
2	R1	Vendor 2
2	R8	Vendor 2
3	R6	Vendor 1
4	R3	Vendor 1
5	R2	Vendor 1
6	R6	Vendor 1
7	R1	Vendor 1
8	R4	Vendor 1
8	R1	Vendor 2

Produk 5

Tabel 4. 32 Hasil Pemilihan Vendor Produk

Periode	Retailer	Vendor Terpilih
1	R6	Vendor 1
2	R4	Vendor 1
3	R4	Vendor 1
3	R7	Vendor 1

Periode	Retailer	Vendor Terpilih
4	R1	Vendor 1
4	R5	Vendor 2
5	R7	Vendor 2
6	R1	Vendor 1
6	R4	Vendor 1
6	R5	Vendor 1
6	R8	Vendor 1
7	R4	Vendor 1
7	R5	Vendor 1
7	R7	Vendor 1
7	R9	Vendor 1

Produk 6

Tabel 4. 33 Hasil Pemilihan Vendor Produk 6

Periode	Retailer	Vendor Terpilih
1	R3	Vendor 1
1	R8	Vendor 1
2	R6	Vendor 1
2	R2	Vendor 2
3	R2	Vendor 1
3	R8	Vendor 1
4	R2	Vendor 1
4	R5	Vendor 2
5	R7	Vendor 2
6	R3	Vendor 1
9	R5	Vendor 1
9	R7	Vendor 1

Produk 7

Tabel 4. 34 Hasil Pemilihan Vendor Produk 7

Periode	Retailer	Vendor Terpilih
1	R3	Vendor 1
1	R8	Vendor 1
2	R2	Vendor 2
2	R6	Vendor 1
3	R2	Vendor 1
3	R8	Vendor 1
4	R2	Vendor 1
4	R5	Vendor 2
5	R7	Vendor 2
6	R3	Vendor 1
9	R5	Vendor 1
9	R7	Vendor 1

4.3.3. Hasil Total Biaya Sistem

Hasil optimasi menggunakan Solver menghasilkan total biaya sistem rantai pasok yang terdiri dari *economic cost*, *environmental cost*, dan *social cost*. Ketiga komponen biaya tersebut digunakan untuk mengetahui total biaya keseluruhan sistem distribusi setelah dilakukan optimasi.

4.3.3.1. Rekapitulasi Total Biaya Sistem

Produk 1

Tabel 4. 35 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 1

Komponen Biaya	**Total Biaya (Rp)**
Economic Cost	Rp.9,633,023.33
Environmental Cost	Rp.3,883.40
Social Cost	Rp.39,600.00
Grand Total Cost	Rp.9,676,506.73

Produk 2

Tabel 4. 36 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 2

Komponen Biaya	Total Biaya (Rp)
Economic Cost	Rp.3,353,136.33
Environmental Cost	Rp.78,610.85
Social Cost	Rp.413,595.00
Grand Total Cost	Rp.3,845,342.19

Produk 3

Tabel 4. 37 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 3

Komponen Biaya	Total Biaya (Rp)
Economic Cost	Rp.4,335,060.00
Environmental Cost	Rp.0.00
Social Cost	Rp.0.00
Grand Total Cost	Rp.4,335,060.00

Produk 4

Tabel 4. 38 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 4

Komponen Biaya	Total Biaya (Rp)
Economic Cost	Rp.9,508,725.33
Environmental Cost	Rp.18,618.99
Social Cost	Rp.213,615.00
Grand Total Cost	Rp.9,740,959.33

Produk 5

Tabel 4. 39 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 5

Komponen Biaya	Total Biaya (Rp)
Economic Cost	Rp.6,172,477.00
Environmental Cost	Rp.81,305.18
Social Cost	Rp.409,500.00

Komponen Biaya	Total Biaya (Rp)
Grand Total Cost	Rp.6,663,282.18

Produk 6

Tabel 4. 40 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 6

Komponen Biaya	Total Biaya (Rp)
Economic Cost	Rp.6,185,693.67
Environmental Cost	Rp.19,224.81
Social Cost	Rp.104,400.00
Grand Total Cost	Rp.6,309,318.48

Produk 7

Tabel 4. 41 Rekapitulasi Total Biaya Sistem Produk 7

Komponen Biaya	Total Biaya (Rp)
Economic Cost	Rp.2,281,386.33
Environmental Cost	Rp.23,647.09
Social Cost	Rp.97,470.00
Grand Total Cost	Rp.2,402,503.43

BAB V
PEMBAHASAN

5.1 Analisis Distribusi Produk

Hasil distribusi produk yang diperoleh dari proses optimasi menggunakan *Microsoft Excel Solver* menunjukkan jumlah produk yang didistribusikan dari vendor ke masing-masing retailer pada setiap periode. Distribusi tersebut dilakukan berdasarkan kebutuhan permintaan retailer sehingga jumlah pengiriman yang dilakukan dapat menyesuaikan kondisi permintaan selama periode pengamatan. Melalui hasil distribusi ini dapat diketahui pola pengiriman produk serta tingkat distribusi pada masing-masing retailer setelah dilakukan proses optimasi.

Tabel 5. 1 Total Distribusi Produk

Produk	Total Distribusi
Produk 1	5
Produk 2	101
Produk 3	0
Produk 4	47
Produk 5	126
Produk 6	40
Produk 7	38

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa Produk 5 memiliki jumlah distribusi tertinggi yaitu sebesar 126 unit. Hal ini menunjukkan bahwa Produk 5 memiliki tingkat kebutuhan distribusi yang lebih tinggi dibandingkan produk lainnya sehingga memerlukan jumlah pengiriman yang lebih besar selama periode pengamatan. Selain itu, Produk 2 juga memiliki total distribusi yang cukup tinggi yaitu sebesar 101 unit yang menunjukkan bahwa kebutuhan retailer terhadap produk tersebut juga cukup besar.

Sementara itu, Produk 4, Produk 6, dan Produk 7 memiliki jumlah distribusi yang relatif lebih rendah dibandingkan Produk 2 dan Produk 5. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan distribusi pada produk-produk tersebut masih berada pada tingkat menengah selama periode penelitian berlangsung.

Pada hasil optimasi juga diketahui bahwa Produk 3 tidak mengalami aktivitas distribusi selama periode pengamatan dengan total distribusi sebesar 0 unit. Kondisi tersebut menyebabkan komponen biaya yang berkaitan dengan distribusi, seperti biaya pengiriman,

biaya setup, dan biaya lainnya pada Produk 3 juga bernilai 0. Hasil ini menunjukkan bahwa berdasarkan proses optimasi yang dilakukan, model tidak direkomendasikan adanya pengiriman Produk 3 selama periode penelitian berlangsung. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh rendahnya kebutuhan distribusi atau ketersediaan persediaan yang masih mampu memenuhi kebutuhan retailer tanpa tambahan pengiriman dari vendor.

Secara keseluruhan, hasil distribusi produk menunjukkan bahwa model optimasi yang digunakan mampu menyesuaikan bahwa model optimasi yang digunakan mampu menyesuaikan jumlah pengiriman berdasarkan kebutuhan retailer pada setiap periode distribusi. Dengan adanya pengaturan distribusi yang sesuai kebutuhan, perusahaan dapat mengurangi resiko kelebihan persediaan maupun kekurangan stok sehingga aktivitas distribusi dapat berjalan lebih efisien.

5.2 Analisis Pola Pengiriman Produk ke Retailer

Pola pengiriman setiap produk ke masing-masing retailer berdasarkan hasil optimasi menggunakan pendekatan *Vendor Managed Inventory* (VMI). Analisis dilakukan untuk mengetahui retailer yang menerima pengiriman, periode pelaksanaan distribusi, serta jumlah produk yang dikirim pada setiap periode. Hasil tersebut menunjukkan bagaimana model optimasi menentukan keputusan distribusi secara efisien sesuai dengan kebutuhan retailer selama periode penelitian.

5.2.1. Produk 1

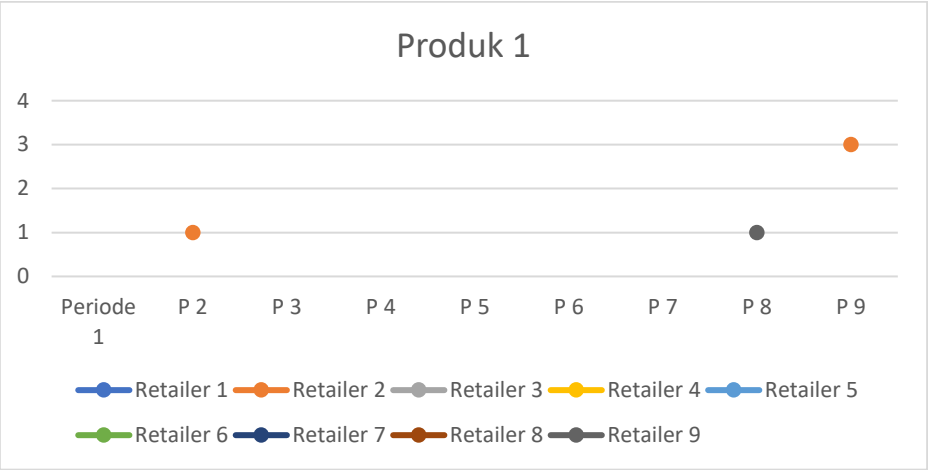
Hasil distribusi produk 1 berdasarkan model optimasi dihasilkan pada Tabel 5.2. tabel tersebut menunjukkan periode pengiriman, retailer tujuan, serta jumlah produk yang didistribusikan selama penelitian.

Tabel 5. 2 Hasil Distribusi Produk 1

Periode	R 2	R 9
2	1	
8		1
9	3	

Berdasarkan Tabel 5.2, diketahui bahwa distribusi produk 1 hanya dilakukan pada tiga periode, yaitu period eke-2, periode ke-8, dan periode ke-9. Pada periode ke-2 dilakukan pengiriman sebanyak 1 unit kepada retailer 2, pada periode ke-8 dilakukan pengiriman

sebanyak 1 unit kepada retailer 9, sedangkan pada periode ke-9 dilakukan pengiriman sebanyak 3 unit kepada retailer 2. Untuk memperjelas pola distribusi produk 1 selama periode penelitian, hasil distribusi tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Grafik Distribusi Produk 1

Berdasarkan Gambar 5.1, terlihat bahwa distribusi produk 1 tidak dilakukan secara kontinu pada setiap periode, melainkan hanya pada periode tertentu sesuai hasil optimasi. Retailer 2 menerima pengiriman pada dua periode, yaitu periode ke-2 dan periode ke-9, dengan jumlah pengiriman terbesar terjadi pada periode ke-9 sebanyak 3 unit. Sementara itu, retailer 9 hanya menerima pengiriman pada period eke-8 sebanyak 1 unit. Pola distribusi tersebut menunjukkan bahwa model *Vendor Managed Inventory* (VMI) hanya melakukan pengiriman Ketika diperlukan berdasarkan kondisi persediaan dan permintaan retailer. Dengan demikian, frekuensi pengiriman dapat diminimalkan sehingga distribusi menjadi lebih efisien tanpa mengurangi kemampuan dalam memenuhi kebutuhan retailer.

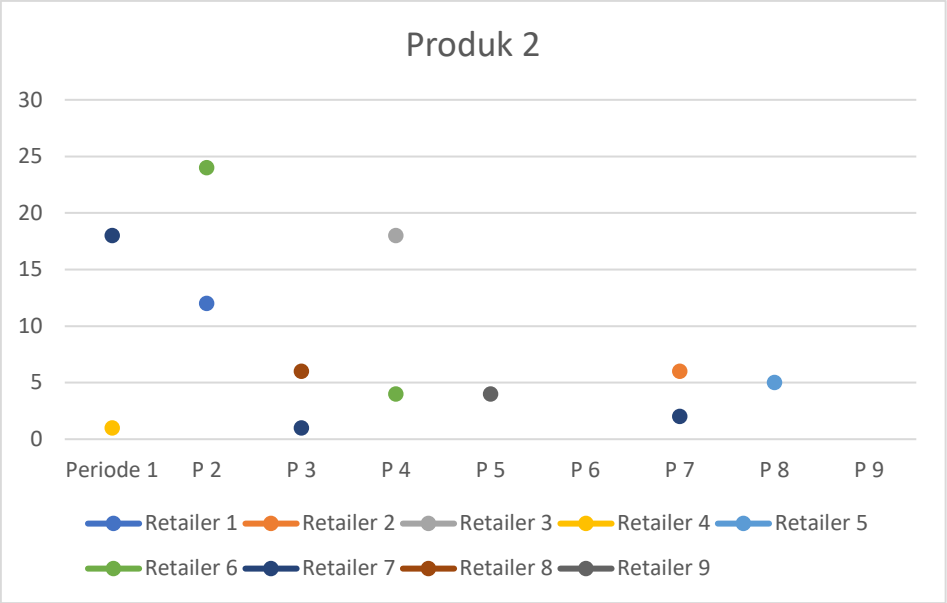
5.2.2. Produk 2

Hasil distribusi produk 2 berdasarkan model optimasi dihasilkan pada Tabel 5.3, tabel tersebut menunjukkan periode pengiriman, retailer tujuan, serta jumlah produk yang didistribusikan selama penelitian.

Tabel 5. 3 Hasil Distribusi Produk 2

Periode	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9
1				1			18		
2	12					24			
3							1	6	
4			18			4			
5									4
7		6					2		
8					5				

Berdasarkan Tabel 5.3, diketahui bahwa distribusi produk 2 dilakukan pada beberapa periode dengan tujuan retailer yang berbeda-beda sesuai hasil optimasi. Pada periode ke-1 dilakukan pengiriman sebanyak 1 unit ke retailer 4 dan 18 unit ke retailer 7. Selanjutnya, pada periode ke-2 dilakukan pengiriman sebanyak 12 unit ke retailer 1 dan 24 ke retailer 6. Pengiriman juga dilakukan pada periode ke-3 kepada retailer 7 sebanyak 1 unit dan retailer 8 sebanyak 6 unit, periode ke-4 kepada retailer 3 sebanyak 18 unit dan retailer 6 sebanyak 4 unit, periode ke-5 kepada retailer 9 sebanyak 4 unit, periode ke-7 kepada retailer 2 sebanyak 6 unit dan retailer 7 sebanyak 2 unit, serta periode ke-8 kepada retailer 5 sebanyak 5 unit. Untuk memperjelas pola distribusi produk 2 pada setiap periode, hasil distribusi tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Grafik Distribusi Produk 2

Berdasarkan Gambar 5.2, terlihat bahwa distribusi produk 2 tidak dilakukan secara merata pada setiap periode, melainkan hanya pada periode tertentu sesuai hasil optimasi model. Pengiriman dengan jumlah terbesar terjadi pada periode ke-2, yaitu sebanyak 24 unit kepada retailer 6 dan 12 unit kepada retailer 1. Selain itu, retailer 7 menerima distribusi pada lebih dari satu periode, yaitu periode ke-1, ke-3, dan ke-7, yang menunjukkan bahwa retailer tersebut memiliki kebutuhan yang muncul pada beberapa periode selama penelitian. Sementara itu, retailer lainnya menerima distribusi sesuai kebutuhan pada periode tertentu dengan jumlah yang bervariasi. Pola distribusi tersebut menunjukkan bahwa model *Vendor Managed Inventory* (VMI) mampu menentukan waktu, tujuan, dan jumlah pengiriman secara optimal sehingga distribusi hanya dilakukan ketika diperlukan. Dengan demikian, frekuensi pengiriman dapat diminimalkan tanpa mengurangi kemampuan dalam memenuhi kebutuhan setiap retailer.

5.2.3. Produk 4

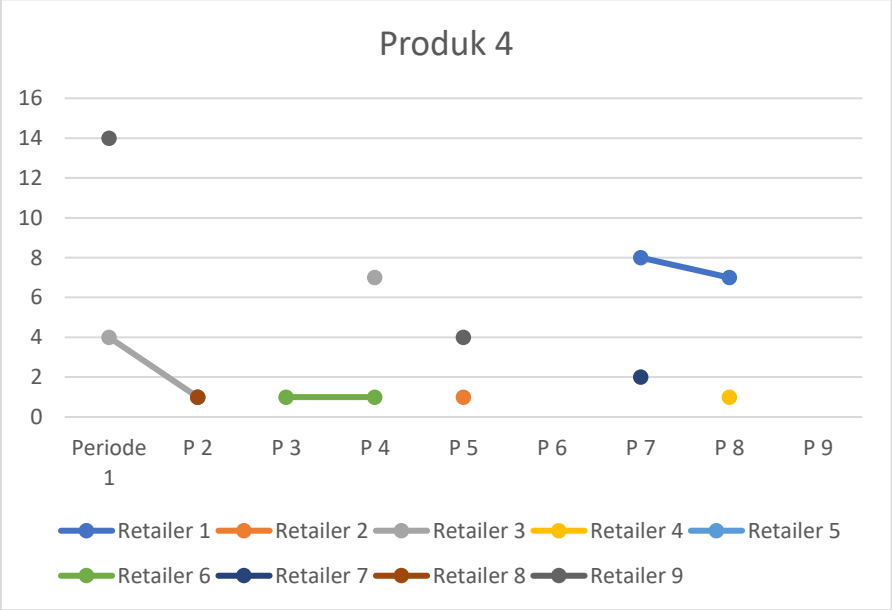
Hasil distribusi produk 4 berdasarkan model optimasi dihasilkan pada Tabel 5.3, tabel tersebut menunjukkan periode pengiriman, retailer tujuan, serta jumlah produk yang didistribusikan selama penelitian.

Tabel 5. 4 Hasil Distribusi Produk 4

Periode	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9
1			4						14
2	1		1					1	

Periode	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9
3						1			
4			7			1			
5		1							
7	8						2		
8	7			1					

Berdasarkan Tabel 5.4, diketahui bahwa distribusi produk 4 dilakukan pada beberapa periode dengan tujuan retailer yang berbeda sesuai hasil optimasi. Pada periode ke-1 dilakukan pengiriman sebanyak 14 unit kepada retailer 9. Selanjutnya, pada periode ke-2 dilakukan pengiriman sebanyak 1 unit kepada retailer 2, sedangkan pada periode ke-3 dilakukan pengiriman sebanyak 1 unit kepada retailer 6. Pada periode ke-4 dilakukan pengiriman kepada retailer 3 sebanyak 7 unit dan retailer 6 sebanyak 1 unit. Selanjutnya, pada periode ke-5 dilakukan pengiriman sebanyak 1 unit kepada retailer 2 dan 4 unit kepada retailer 9. Pada periode ke-7 dilakukan pengiriman sebanyak 8 unit kepada retailer 1 dan 2 unit kepada retailer 7, sedangkan pada periode ke-8 dilakukan pengiriman sebanyak 7 unit kepada retailer 1 dan 1 unit kepada retailer 4. Untuk memperjelas pola distribusi Produk 4 pada setiap periode, hasil distribusi tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Grafik Distribusi Produk 4

Berdasarkan Gambar 5.3, terlihat bahwa distribusi produk 4 tidak dilakukan pada setiap periode, melainkan hanya pada periode, melainkan hanya pada periode tertentu sesuai hasil optimasi model. Pengiriman terbesar terjadi pada periode ke-1, yaitu sebanyak 14 unit kepada retailer 9. Selain itu, retailer 1 menerima distribusi pada dua periode berturut-turut, yaitu periode ke-7 dan periode ke-8, dengan jumlah masing-masing sebesar 8 unit dan 7 unit. retailer lainnya menerima distribusi dalam jumlah yang relatif lebih kecil dan hanya pada periode tertentu sesuai kebutuhan. Pola distribusi tersebut menunjukkan bahwa model *Vendor Managed Inventory* (VMI) mampu menentukan waktu, tujuan, dan jumlah pengiriman secara optimal berdasarkan kebutuhan masing-masing retailer. Dengan demikian, pengiriman hanya dilakukan ketika diperlukan sehingga efisiensi distribusi dapat ditingkatkan tanpa mengurangi kemampuan dalam memenuhi permintaan retailer.

5.2.4. Produk 5

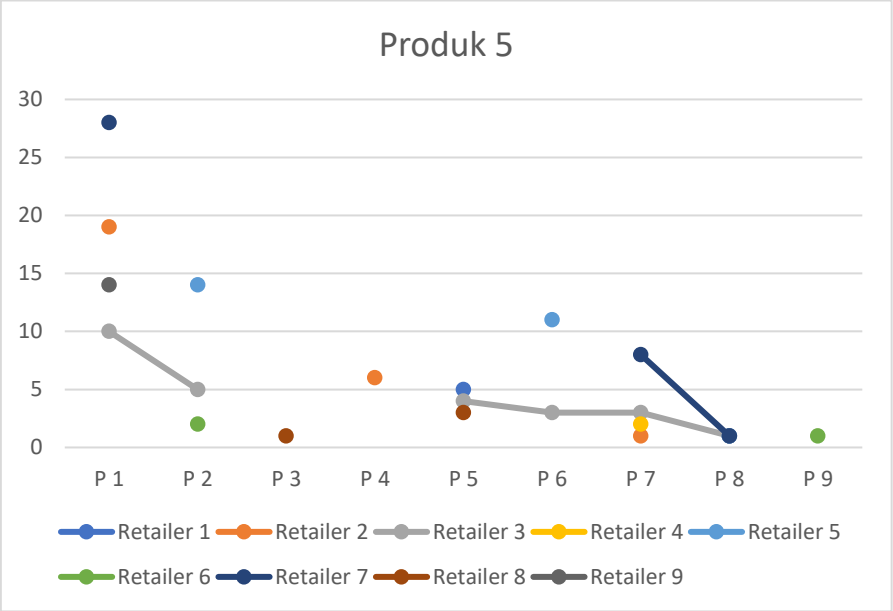
Hasil distribusi produk 5 berdasarkan model optimasi dihasilkan pada Tabel 5.3, tabel tersebut menunjukkan periode pengiriman, retailer tujuan, serta jumlah produk yang didistribusikan selama penelitian.

Tabel 5. 5 Hssil Distribusi Produk 5

Periode	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9
1		19	10				28		
2			5		14	2			
3								1	
4		6							
5	5		4					3	
6			3		11				
7		1	3	2			8		
8	1		1		1		1		
93						1			

Berdasarkan Tabel 5.5, diketahui bahwa distribusi produk 5 dilakukan pada beberapa periode dengan tujuan retailer yang berbeda sesuai hasil optimasi. Pada periode ke-1 dilakukan pengiriman sebanyak 19 unit kepada retailer 2, 10 unit kepada retailer 3, dan 28 unit kepada retailer 7. Selanjutnya, pada periode ke-2 dilakukan pengiriman sebanyak 5 unit kepada retailer

3, 14 unit kepada retailer 5, dan 2 unit kepada retailer 6. Pada periode ke-3 dilakukan pengiriman sebanyak 1 unit kepada retailer 8. Pada periode ke-4 dilakukan pengiriman sebanyak 6 unit kepada retailer 2. Selanjutnya, pada periode ke-5 dilakukan pengiriman sebanyak 5 unit kepada retailer 1, 4 unit kepada retailer 3, dan 3 unit kepada retailer 8. Pada periode ke-6 dilakukan pengiriman sebanyak 3 unit kepada retailer 3 dan 11 unit kepada retailer 5. Pada periode ke-7 dilakukan pengiriman sebanyak 1 unit kepada retailer 2, 3 unit kepada retailer 3, 2 unit kepada retailer 4, dan 8 unit kepada retailer 7. Pada periode ke-8 dilakukan pengiriman sebanyak 1 unit kepada retailer 1, 1 unit kepada retailer 3, 1 unit kepada retailer 5, dan 1 unit kepada retailer 7. Terakhir, pada periode ke-9 dilakukan pengiriman sebanyak 1 unit kepada retailer 6. Untuk memperjelas pola distribusi Produk 5 pada setiap periode, hasil distribusi tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.4.



Gambar 5. 4 Grafik Distribusi Produk 5

Berdasarkan Gambar 5.4, terlihat bahwa distribusi produk 5 memiliki frekuensi pengiriman yang lbih tinggi dibandingkan produk lainnya karena pengiriman dilakukan pada hamper penuh periode penelitian. Pengiriman terbesar terjadi pada periode ke-1, yaitu sebanyak 28 unit kepada retailer 7, diikuti pengiriman sebanyak 19 unit kepada retailer 2 dan 10 unit kepada retailer 3. Selain itu, retailer 5 juga menerima distribusi dalam jumlah yang cukup besar, yaitu 14 unit pada periode ke-2 dan 11 unit pada periode ke-6. Sementara itu, retailer lainnya menerima distribusi dalam jumlah yang lebih kecil sesuai dengan kebutuhan pada periode tertentu. Pola distribusi tersebut menunjukkan bahwa model *Vendor Managed Inventory* (VMI)

mampu mengatur waktu dan jumlah pengiriman secara optimal berdasarkan kebutuhan masing-masing retailer. Pengiriman hanya dilakukan ketika diperlukan sehingga persediaan tetap mampu memenuhi permintaan retailer dengan biaya distribusi yang lebih efisien.

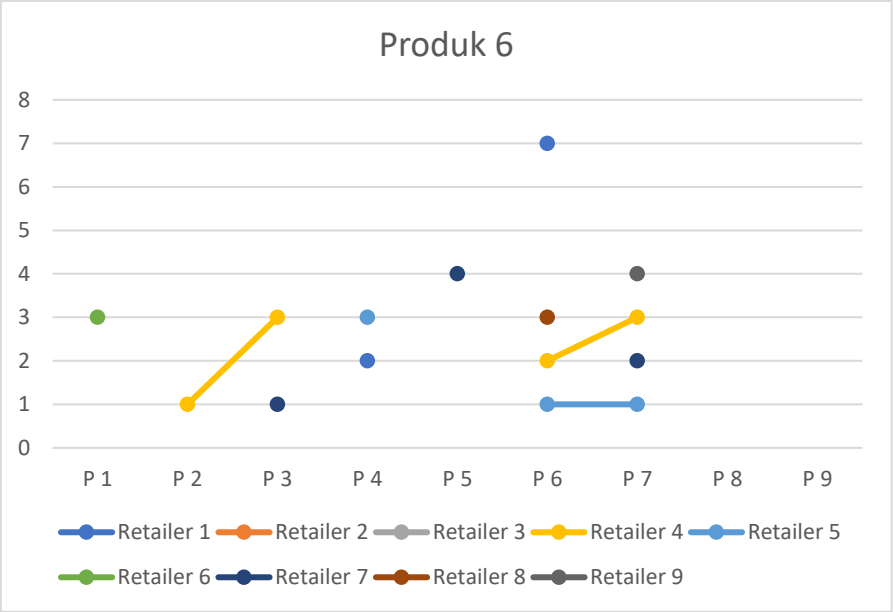
5.2.5. Produk 6

Hasil distribusi produk 5 berdasarkan model optimasi dihasilkan pada Tabel 5.3, tabel tersebut menunjukkan periode pengiriman, retailer tujuan, serta jumlah produk yang didistribusikan selama penelitian.

Tabel 5. 6 Hasil Distribusi Produk 6

Periode	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9
1						3			
2				1					
3				3			1		
4	2				3				
5							4		
6	7			2	1			3	
7				3	1		2		4

Berdasarkan Tabel 5.6, diketahui bahwa distribusi produk 6 dilakukan pada beberapa periode dengan tujuan retailer yang berbeda sesuai hasil optimasi. Pada periode ke-1 dilakukan pengiriman sebanyak 3 unit kepada retailer 6. Selanjutnya, pada periode ke-2 dilakukan pengiriman sebanyak 1 unit kepada retailer 4. Pada periode ke-3 dilakukan pengiriman sebanyak 3 unit kepada retailer 4 dan 1 unit kepada retailer 7. Pada periode ke-4 dilakukan pengiriman sebanyak 2 unit kepada retailer 1 dan 3 unit kepada retailer 5. Selanjutnya, pada periode ke-5 dilakukan pengiriman sebanyak 4 unit kepada retailer 7. Pada periode ke-6 dilakukan pengiriman sebanyak 7 unit kepada retailer 1, 2 unit kepada retailer 4, 1 unit kepada retailer 5, dan 3 unit kepada retailer 8. Pada periode ke-7 dilakukan pengiriman sebanyak 3 unit kepada retailer 4, 1 unit kepada retailer 5, 2 unit kepada retailer 7, dan 4 unit kepada retailer 9. Untuk memperjelas pola distribusi Produk 6 pada setiap periode, hasil distribusi tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.5.



Gambar 5. 5 Grafik Distribusi Produk 6

Berdasarkan Gambar 5.5, terlihat bahwa distribusi produk 6 dilakukan pada beberapa periode dengan jumlah pengiriman yang relatif bervariasi. Pengiriman terbesar terjadi pada periode ke-6, yaitu sebanyak 7 unit kepada retailer 1. Selain itu, retailer 4 menerima distribusi pada beberapa periode, yaitu periode ke-2, ke-3, ke-6, dan ke-7, yang menunjukkan bahwa retailer tersebut memiliki kebutuhan yang muncul secara berulang selama periode penelitian. retailer 5 dan retailer 7 juga menerima distribusi pada lebih dari satu periode, sedangkan retailer lainnya hanya menerima pengiriman pada periode tertentu sesuai kebutuhan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model *Vendor Managed Inventory* (VMI) mampu menentukan waktu, tujuan, dan jumlah pengiriman secara optimal berdasarkan kondisi permintaan dan persediaan masing-masing retailer. Dengan demikian, pengiriman dilakukan hanya pada saat diperlukan sehingga distribusi menjadi lebih efisien tanpa mengurangi kemampuan dalam memenuhi kebutuhan retailer.

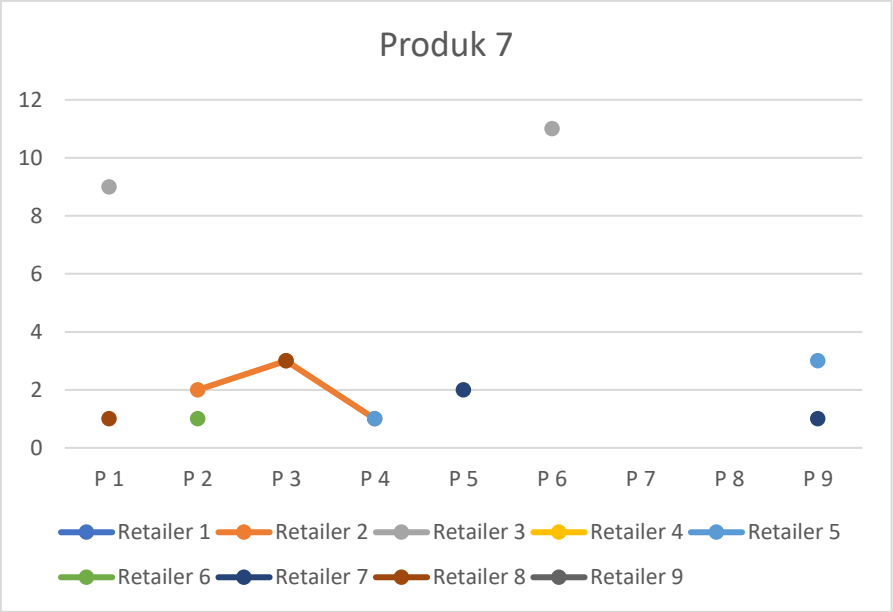
5.2.6. Produk 7

Hasil distribusi produk 5 berdasarkan model optimasi dihasilkan pada Tabel 5.3, tabel tersebut menunjukkan periode pengiriman, retailer tujuan, serta jumlah produk yang didistribusikan selama penelitian.

Tabel 5. 7 Hasil Distribusi Produk 7

Periode	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9
1			9					1	
2		2				1			
3		3						3	
4		1			1				
5							2		
6			11						
7									
9					3		1		

Berdasarkan Tabel 5.7, diketahui bahwa distribusi produk 7 dilakukan pada beberapa periode dengan tujuan retailer yang berbeda sesuai hasil optimasi. Pada periode ke-1 dilakukan pengiriman sebanyak 9 unit kepada retailer 3 dan 1 unit kepada retailer 8. Selanjutnya, pada periode ke-2 dilakukan pengiriman sebanyak 2 unit kepada retailer 2 dan 1 unit kepada retailer 6. Pada periode ke-3 dilakukan pengiriman sebanyak 3 unit kepada retailer 2 dan 3 unit kepada retailer 8. Pada periode ke-4 dilakukan pengiriman sebanyak 1 unit kepada retailer 2 dan 1 unit kepada retailer 5. Selanjutnya, pada periode ke-5 dilakukan pengiriman sebanyak 2 unit kepada retailer 7. Pada periode ke-6 dilakukan pengiriman sebanyak 11 unit kepada retailer 3. Tidak terdapat aktivitas distribusi pada periode ke-7 dan ke-8. Kemudian, pada periode ke-9 dilakukan pengiriman sebanyak 3 unit kepada Retailer 5 dan 1 unit kepada Retailer 7. Untuk memperjelas pola distribusi Produk 7 pada setiap periode, hasil distribusi tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.6.



Gambar 5. 6 Grafik Distribusi Produk 7

Berdasarkan Gambar 5.6, terlihat bahwa distribusi produk 7 dilakukan pada beberapa periode dengan jumlah pengiriman yang bervariasi. Pengiriman terbesar terjadi pada periode ke-6, yaitu sebanyak 11 unit kepada retailer 3, sedangkan pengiriman terbesar berikutnya terjadi pada periode ke-1 sebanyak 9 unit kepada retailer 3. Selain itu, retailer 2 menerima distribusi pada tiga periode yang berbeda, yaitu periode ke-2, ke-3, dan ke-4, dengan jumlah pengiriman yang relatif kecil. retailer 5, retailer 7, dan retailer 8 juga menerima distribusi pada periode tertentu sesuai kebutuhan. Sementara itu, tidak terdapat aktivitas distribusi pada periode ke-7 dan ke-8, yang menunjukkan bahwa kebutuhan retailer pada periode tersebut masih dapat dipenuhi tanpa adanya pengiriman tambahan. Hasil ini menunjukkan bahwa model *Vendor Managed Inventory* (VMI) mampu menentukan waktu, tujuan, dan jumlah pengiriman secara optimal berdasarkan kondisi permintaan dan persediaan setiap retailer, sehingga distribusi dilakukan secara efisien tanpa menyebabkan kelebihan persediaan.

5.3 Analisis Pemilihan Vendor

Analisis pemilihan vendor dilakukan untuk mengevaluasi keputusan alokasi pasokan berdasarkan variabel biner ($Y_{v,r,t}$) dalam model MILP dengan kebijakan *single sourcing*. Kebijakan ini membatasi bahwa setiap retailer hanya dapat dilayani oleh vendor dalam satu periode guna mengoptimalkan biaya dan aktivitas pengiriman. Berdasarkan hasil optimasi menggunakan *Microsoft Excel Solver*, diperoleh total 66 kali keputusan pelayanan sepanjang periode pengamatan, dengan rekapitulasi yang ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Pemilihan Vendor

Vendor	Jumlah Terpilih
Vendor 1	47
Vendor 2	19
Total	**66**

Berdasarkan hasil optimasi pada tabel diatas, dapat diidentifikasi adanya kecenderungan pola distribusi yang dominan pada sistem rantai pasok perusahaan. Vendor 1 terpilih sebanyak 47 kali atau mencakup 71,21% dari keseluruhan aktivitas pelayanan distribusi kepada retailer, sementara Vendor 2 hanya terpilih sebanyak 19 kali atau setara dengan 28,79% alokasi pengiriman. Dominasi Vendor 1 dalam memenangkan keputusan alokasi pasokan ini secara ilmiah dipengaruhi oleh beberapa faktor parameter input taktis di dalam model MILP. Faktor pertama adalah struktur biaya logistik (*cost efficiency*), di mana model matematis yang dikembangkan memiliki fungsi tujuan untuk meminimalkan *Joint Total Cost* (JTC). Oleh karena itu, *Solver* secara konsisten memilih Vendor 1 karena struktur biaya yang melekat padanya seperti kombinasi biaya pengiriman tetap, biaya variabel transportasi per unit, jarak geografis ke mayoritas retailer, atau biaya *holding/setup* vendor memberikan nilai ekonomi yang lebih efisien dibandingkan jika retailer dilayani oleh Vendor 2.

Faktor kedua yang memengaruhi dominasi tersebut adalah kapasitas pasokan dan ketersediaan produk. Sebagai sistem VMI, keputusan *push-distribution* sangat bergantung pada kemampuan vendor dalam mengamankan ketersediaan *inventory*. Frekuensi pemilihan yang tinggi menandakan bahwa Vendor 1 memiliki fleksibilitas kapasitas pasokan yang lebih unggul dalam merespons ketidakpastian permintaan dari 9 retailer untuk 7 jenis produk yang diamati. Selain itu, terdapat dampak dari pembatasan *single sourcing* sebagai faktor ketiga. Dengan adanya *constraint* yang membatasi pengiriman hanya dari satu pintu vendor per retailer di tiap periode, sistem dipaksa melakukan konsolidasi muatan (*load consolidation*). Tingginya angka penunjukan Vendor 1 membuktikan bahwa penggabungan volume kiriman melalui satu vendor ini jauh lebih optimal dalam menekan pemborosan sumber daya transportasi dan emisi karbon.

Meskipun Vendor 1 mendominasi peranan distribusi, kehadiran Vendor 2 sebanyak 19 kali atau sebesar 28,79% tetap memegang peranan krusial dalam sistem rantai pasok. Vendor 2 berfungsi sebagai *back-up supplier* atau alternatif strategis pada periode-periode tertentu saat terjadi lonjakan permintaan ekstrem, atau ketika kapasitas pengiriman Vendor 1 telah mencapai

batas maksimal (*capacity constraint limitation*). Secara manajerial, hasil analisis pemilihan vendor ini memberikan implikasi penting bagi koordinasi internal perusahaan. Perusahaan dapat merancang kebijakan kemitraan logistik jangka panjang yang lebih terarah, seperti memprioritaskan alokasi armada transportasi utama atau penataan jadwal inspeksi berkala (*Periodic Review*) yang lebih intensif pada lintasan distribusi yang terafiliasi dengan Vendor 1, tanpa mengabaikan kesiapan operasional dan fleksibilitas dari Vendor 2.

5.4 Analisis Total cost Sistem

Perhitungan biaya total pada sistem distribusi hasil optimasi ini mencakup tiga komponen utama, yaitu *economic cost*, *environmental cost*, dan *social cost*. Ketiga komponen tersebut digunakan untuk melihat secara menyeluruh bagaimana total biaya yang dihabiskan dalam sistem distribusi produk. Melalui hasil perhitungan ini, dapat diketahui sejauh mana aktivitas distribusi memengaruhi total biaya keseluruhan setelah model diselesaikan menggunakan *Microsoft Excel Solver*. Rekapitulasi dari total biaya tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 5. 9 Analisis Total cost Sistem

Komponen Biaya	**Total Biaya (Rp)**
Economic Cost	Rp41,469,502.00
Environmental Cost	Rp225,290.32
Social Cost	Rp1,278,180.00
Grand Total Cost	**Rp42,973,972.34**

Berdasarkan tabel diatas, hasil optimasi menunjukkan nilai *Grand Total Cost* sebesar Rp42,973,972.34. Angka ini mencerminkan total biaya paling minimal sekaligus optimal untuk mengatur distribusi barang pada sistem *multi*-vendor dan *multi*-retailer di tengah permintaan yang tidak pasti. Jika melihat proporsi dari total biaya tersebut, masing-masing komponen biaya memiliki pengaruh dan karakteristik tersendikan yang membentuk efisiensi sistem secara keseluruhan.

Komponen *economic cost* menjadi pengeluaran paling besar di dalam sistem, yaitu mencapai Rp41.469.502,00 atau sekitar 96,50% dari total biaya keseluruhan. Besarnya porsi biaya ini sangat wajar karena mencakup biaya operasional logistik utama yang rutin dikeluarkan perusahaan, mulai dari biaya pemesanan produk (*ordering cost*), biaya penyimpanan di gudang (*holding cost*) baik di sisi vendor maupun retailer, hingga biaya transportasi pengiriman. Hasil ini juga menunjukkan bahwa model optimasi yang dibuat tetap

mengutamakan efisiensi keuangan operasional perusahaan tanpa melanggar batasan-batasan kapasitas yang ada.

Di sisi lain, komponen *social cost* berada di urutan kedua terbesar dengan nilai Rp1.278.180,00 atau sekitar 2,97% dari total biaya. Dalam sistem rantai pasok, biaya sosial ini berkaitan dengan dampak aktivitas pengiriman terhadap masyarakat dan lingkungan kerja, seperti risiko kecelakaan sopir di jalan, dampak kemacetan, atau kebisingan akibat armada logistik. Masuknya komponen ini menunjukkan bahwa model distribusi *Vendor managed inventory* (VMI) yang dirancang tidak hanya mengejar keuntungan finansial, tetapi juga mempertimbangkan keselamatan pekerja dan kenyamanan warga di sepanjang rute pengiriman.

Sementara itu, komponen *environmental cost* memiliki porsi paling kecil di dalam sistem, yaitu sebesar Rp225.290,32 atau hanya 0,52% dari total biaya keseluruhan. Biaya lingkungan ini dihitung untuk mengukur dampak emisi gas buang (CO_2) yang dihasilkan dari pemakaian bahan bakar armada selama proses pengiriman barang dari vendor ke retailer. Walaupun nilainya di bawah 1%, biaya lingkungan ini sangat penting di dalam model optimasi. Angka yang kecil ini justru membuktikan bahwa penggabungan muatan (*load consolidation*) melalui kebijakan *single sourcing* berjalan efektif, sehingga jarak tempuh kendaraan menjadi lebih efisien dan emisi karbon yang dihasilkan bisa ditekan seminimal mungkin.

Secara manajerial, struktur biaya ini memberikan gambaran strategis bagi manajemen perusahaan dalam mengambil keputusan. Meskipun fokus utama efisiensi tetap tertuju pada biaya ekonomi karena porsinya yang sangat dominan, nilai biaya lingkungan dan sosial yang rendah membuktikan bahwa model matematis yang diusulkan sudah berhasil menemukan titik keseimbangan (*trade-off*) yang tepat. Perusahaan dapat menggunakan hasil rancangan distribusi ini untuk mendapatkan biaya operasional yang murah sekaligus mulai menerapkan konsep logistik ramah lingkungan.

5.5 Analisis Penerapan *Single Sourcing*

Penerapan konsep *single sourcing* pada penelitian ini ditunjukkan melalui hasil variabel biner yang menentukan vendor terpilih pada masing-masing retailer dan periode distribusi. Konsep ini digunakan untuk memastikan bahwa setiap retailer hanya dilayani oleh satu vendor dalam satu periode distribusi. Berdasarkan hasil optimasi yang diperoleh, dapat diketahui apakah *constraint single sourcing* pada model telah terpenuhi sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil penerapan *single sourcing* diperoleh berdasarkan hasil optimasi menggunakan *Microsoft Excel*

Solver pada seluruh produk selama periode penelitian berlangsung. Rekapitulasi hasil penerapan *single sourcing* dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 5. 10 Penerapan *Single Sourcing*

Indikator	Hasil
Jumlah Vendor	2 Vendor
Jumlah Retailer	9 Retailer
Total Pemilihan Vendor	66
Retailer Dilayani 1 Vendor	Terpenuhi
Status *Constraint Single Sourcing*	Sesuai Model

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa struktur jaringan distribusi yang diamati melibatkan 2 vendor dan 9 retailer dengan total keputusan pemilihan vendor sebanyak 66 kali pelayanan sepanjang periode pengamatan. Hasil optimasi menunjukkan bahwa indikator retailer dilayani oleh 1 vendor telah berstatus terpenuhi. Hal ini membuktikan secara empiris bahwa *status constraint single sourcing* di dalam sistem logistik telah berjalan sepenuhnya sesuai dengan pemodelan matematis yang dirancang di awal penelitian. Terpenuhinya batasan ini menjadi validasi awal bahwa algoritma *Solver* berhasil mengunci keputusan distribusi agar tidak terjadi percabangan pasokan, di mana satu retailer tidak akan pernah menerima pengiriman dari dua vendor berbeda dalam satu waktu yang sama.

Keberhasilan pemenuhan *constraint single sourcing* memberikan dampak positif terhadap sistem distribusi perusahaan. Dengan ketentuan bahwa setiap retailer hanya dilayani oleh satu vendor pada setiap periode, proses distribusi menjadi lebih sederhana dan terkoordinasi. Selain itu, kebijakan ini mendukung konsolidasi pengiriman sehingga pemanfaatan kapasitas transportasi menjadi lebih efisien.

Secara keseluruhan, terpenuhinya seluruh *constraint single sourcing* menunjukkan bahwa model *Vendor Managed Inventory* (VMI) yang dikembangkan mampu membentuk pola distribusi yang lebih efektif. Kondisi tersebut mendukung upaya perusahaan dalam menekan biaya distribusi sekaligus menjaga pemenuhan kebutuhan retailer selama periode perencanaan.

5.6 Perbandingan Total *Cost* Sebelum dan Sesudah Optimasi

Perbandingan total *cost* dilakukan untuk mengetahui pengaruh penerapan metode *Vendor managed inventory* (VMI) terhadap efisiensi sistem distribusi pada penelitian ini. Kondisi sebelum optimasi disimulasikan menggunakan kebijakan pemesanan sederhana tanpa

penerapan optimasi menggunakan *Microsoft Excel Solver* serta tanpa penerapan konsep *single sourcing*. Pada kondisi tersebut, proses distribusi belum mempertimbangkan pemilihan vendor secara optimal sehingga total biaya sistem yang dihasilkan masih relatif lebih besar dibandingkan kondisi sesudah optimasi. Sedangkan kondisi sesudah optimasi diperoleh berdasarkan hasil optimasi menggunakan metode VMI dengan mempertimbangkan parameter biaya serta constraint yang digunakan dalam penelitian, termasuk penerapan konsep *single sourcing* pada proses distribusi.

Untuk mengetahui tingkat efisiensi yang dihasilkan, dilakukan perbandingan total biaya sistem sebelum dan sesudah optimasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel dibawah ini.

Tabel 5. 11 Tabel Perbandingan

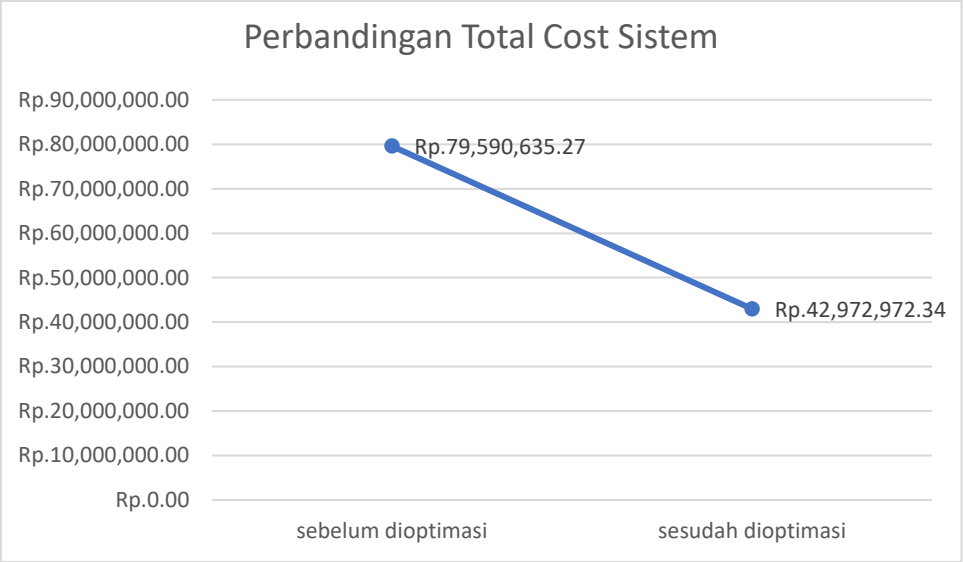
Kondisi sistem	**Total Cost (Rp)**
Sebelum Optimasi	Rp79,521,641.02
Sesudah Optimasi	Rp42,972,972.34
Total Penghematan	Rp36,548,668.68
Persentase Penghematan	45.96%

Berdasarkan Tabel diatas, diketahui bahwa penerapan metode *Vendor managed inventory* (VMI) menggunakan optimasi *Microsoft Excel Solver* mampu menurunkan total biaya sistem distribusi secara signifikan. Total biaya sistem sebelum optimasi sebesar Rp79.521.641,02, sedangkan setelah dilakukan optimasi total biaya sistem menurun menjadi Rp42.972.972,34. Dengan demikian, diperoleh penghematan biaya sebesar Rp36.548.668,68 atau 45,96% dibandingkan kondisi sebelum optimasi.

Penurunan biaya tersebut menunjukkan bahwa model optimasi yang dikembangkan mampu menghasilkan keputusan distribusi yang lebih efisien. Melalui penerapan VMI, keputusan distribusi dilakukan berdasarkan kondisi persediaan dan kebutuhan retailer sehingga alokasi pengiriman menjadi lebih tepat dan biaya sistem dapat diminimalkan.

Selanjutnya, perbandingan total biaya sebelum dan sesudah optimasi pada masing-masing produk dapat dilihat pada Gambar dibawah.

.



Gambar 5. 7 Grafik Perbandingan *Total Cost*

Berdasarkan grafik perbandingan *total cost* sebelum dan sesudah optimasi, diketahui bahwa total cost sistem setelah dilakukan optimasi lebih rendah dibandingkan kondisi sebelum optimasi. Total biaya sistem sebelum optimasi sebesar Rp79.521.641,02, sedangkan setelah penerapan metode *Vendor managed inventory* (VMI) dan optimasi menggunakan *Microsoft Excel Solver* total biaya sistem menurun menjadi Rp42.972.972,34. Hasil tersebut menunjukkan adanya penghematan biaya sebesar Rp36.548.668,68 atau sebesar 45,96% dari kondisi awal.

Penurunan total biaya tersebut menunjukkan bahwa model optimasi yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi sistem distribusi pada Perusahaan X. Melalui penerapan VMI, keputusan distribusi dilakukan berdasarkan kondisi persediaan dan kebutuhan retailer sehingga jumlah produk yang didistribusikan menjadi lebih sesuai dengan kebutuhan aktual. Selain itu, penerapan konsep *single sourcing* memungkinkan setiap retailer dilayani oleh satu vendor pada setiap periode distribusi, sehingga proses distribusi menjadi lebih terarah dan biaya yang timbul dalam sistem dapat diminimalkan.

Hasil ini menunjukkan bahwa model optimasi yang diusulkan mampu menghasilkan keputusan distribusi yang lebih efisien dibandingkan kondisi sebelum optimasi. Dengan demikian, penerapan metode *Vendor managed inventory* (VMI) yang dikombinasikan dengan pendekatan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) dan konsep *single sourcing* terbukti mampu menurunkan total biaya sistem distribusi serta meningkatkan efisiensi pengelolaan rantai pasok pada Perusahaan X**.**

5.7 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang dapat mempengaruhi hasil optimasi distribusi persediaan. Keterbatasan pertama adalah penelitian belum mempertimbangkan adanya produk cacat (*scrap*) dalam proses produksi maupun distribusi. Pada kondisi nyata, kemungkinan terjadinya produk cacat masih dapat terjadi dan berpengaruh terhadap jumlah persediaan yang tersedia untuk didistribusikan kepada retailer. Namun, pada penelitian ini seluruh produk diasumsikan dalam kondisi baik sehingga faktor produk cacat belum dimasukkan ke dalam model optimasi.

Keterbatasan kedua adalah penelitian belum mempertimbangkan faktor *machine reliability* dan aktivitas perawatan mesin (*maintenance*). Dalam kondisi aktual, kerusakan mesin (*breakdown*) maupun proses perawatan mesin dapat mempengaruhi kapasitas produksi dan jumlah output yang dihasilkan perusahaan. Kondisi tersebut secara tidak langsung dapat mempengaruhi tingkat pasokan produk dari vendor serta proses distribusi kepada retailer. Akan tetapi, pada penelitian ini kapasitas produksi diasumsikan selalu tersedia dan stabil pada setiap periode distribusi sehingga faktor tersebut belum dimasukkan ke dalam model penelitian.

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengolahan data, dan analisis yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode *Vendor managed inventory* (VMI) dengan strategi *Periodic Review* (P-*system*) berhasil diterapkan pada sistem distribusi Perusahaan X yang melibatkan 2 vendor, 9 retailer, dan 7 jenis produk. Model optimasi dikembangkan menggunakan pendekatan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) dengan mempertimbangkan keputusan jumlah distribusi, pemilihan vendor, kapasitas vendor, serta penerapan konsep *single sourcing*. Hasil optimasi menunjukkan bahwa distribusi produk dan pemilihan vendor dapat ditentukan secara optimal sesuai kebutuhan retailer pada setiap periode distribusi.
2. Total biaya distribusi dan persediaan sebelum penerapan optimasi sebesar Rp79.521.641,02, sedangkan setelah penerapan metode *Vendor managed inventory* (VMI) total biaya sistem menurun menjadi Rp42.972.972,34. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mampu menghasilkan keputusan distribusi yang lebih efisien dibandingkan kondisi sebelum optimasi melalui pengaturan jumlah distribusi dan pemilihan vendor yang lebih tepat.
3. Penerapan metode *Vendor managed inventory* (VMI) menghasilkan penghematan biaya sebesar Rp36.548.668,68 atau sebesar 45,96% dibandingkan kondisi sebelum optimasi. Penghematan tersebut menunjukkan bahwa model optimasi yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi sistem distribusi dan persediaan pada Perusahaan X. Selain itu, penerapan konsep single sourcing turut mendukung efisiensi distribusi dengan mengurangi kompleksitas pengiriman karena setiap retailer dilayani oleh satu vendor pada setiap periode distribusi.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan produk cacat (scrap) dalam model optimasi distribusi dan persediaan. Pada penelitian ini seluruh produk yang dihasilkan diasumsikan memenuhi standar kualitas sehingga tidak terdapat produk cacat

yang mempengaruhi jumlah persediaan maupun distribusi. Padahal dalam kondisi aktual, proses produksi berpotensi menghasilkan produk cacat yang dapat mengurangi jumlah produk layak distribusi dan berdampak pada biaya sistem. Oleh karena itu, faktor *scrap* perlu dimasukkan ke dalam model agar hasil optimasi lebih merepresentasikan kondisi nyata perusahaan.

2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan aspek keandalan mesin (*machine reliability*) dan aktivitas perawatan (*maintenance*) dalam model optimasi. Pada penelitian ini kapasitas pasokan dari vendor diasumsikan selalu tersedia sesuai kebutuhan distribusi. Dalam praktiknya, aktivitas perawatan maupun kerusakan mesin (*breakdown*) dapat mempengaruhi kapasitas produksi dan jumlah pasokan yang tersedia. Dengan memasukkan faktor *machine reliability* dan *maintenance* ke dalam model, keputusan distribusi yang dihasilkan diharapkan dapat lebih realistis serta mampu mengakomodasi risiko gangguan produksi yang terjadi pada sistem rantai pasok.
3. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penambahan fungsi tujuan berupa pemerataan keuntungan (*profit balancing*) antar vendor. Hal tersebut bertujuan untuk menjaga keseimbangan proporsi distribusi antara vendor yang memiliki kapasitas serupa, sehingga tidak terjadi perbedaan beban produksi dan distribusi yang terlalu besar pada masing-masing vendor.

DAFTAR PUSTAKA

Afrizal, R., & Linarti, U. (2022). A Stochastic Integrated Inventory Model Single Supplier-Single Retailer in *Periodic Review* with Losing Flexibility Cost. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *21*(2), 301–310. https://doi.org/10.23917/jiti.v21i2.19752

Agustian, M. A., & Dahda, S. S. (2022). Pengembangan Model Persediaan Single Vendor Multi Buyer Dengan Kebijakan Rework. *Gn. Malang, Randu Agung, Kec. Kebomas. Kab. Gresik*, *19*(2), 61121.

Alfin, M., Farih, A., Ernawati, D., Program,), Teknik, S., Fakultas, I., Universitas, T., Veteran, P. N., Timur, J., Rungkut, J., & Surabaya, M. (2020). PENGURANGAN BULLWHIP EFFECT MENGGUNAKAN METODE *VENDOR MANAGED INVENTORY* (VMI) PADA SUPPLY CHAIN DI PT. XYZ. In *Juminten : Jurnal Manajemen Indutri dan Teknologi* (Vol. 01, Number 02).

Anugrah, R. E., Saputra, Y. A., & Haryono, W. (2024). Perancangan Sistem Inventory Berbasis Web untuk Optimalisasi Manajemen Persediaan Barang di PT Bumi Daya Plaza. *Bridge: Jurnal Publikasi Sistem Informasi Dan Telekomunikasi*, *2*(4), 342–363.

Arsyah, D., & Putri, C. F. (2023). Analisis Penggunaan *Vendor managed inventory* Terhadap Minimasi Bullwhip Effect Pada Supply Chain Manufaktur Produk Infus D5, NS, dan RL (Studi Kasus: PT. MJB PHARMA–PASURUAN). *JURNAL FLYWHEEL*, *14*(2), 11–18.

Bisnis, J., Pemasaran, D., Supardi, E., & Pahlevi, F. (2021). *MANAJEMEN PENGENDALIAN PERSEDIAAN DENGAN PENDEKATAN PERIODIC REVIEW DAN ADAPTIVE RESPONSE RATE SINGLE EXPONENTIAL SMOOTHING (STUDI KASUS : PT MERCK CHEMICALS AND LIFE SCIENCE)Gugum*. *11*(1).

Chandra, C., King, M., & Kurniawan, F. (2025). STRATEGI OPERASIONAL UNTUK MENGHADAPI FLUKTUASI PERMINTAAN PER KUARTAL PERUSAHAAN FMCG. *Integrative Perspectives of Social and Science Journal*, *2*(2 April), 2120–2129.

Dalulia, P., Chandra, G. A., Fajar, A., Putra, P., & Erliana, K. (2025). *USULAN KRITERIA PENILAIAN KESIAPAN PENERAPAN VENDOR MANAGED INVENTORY (VMI) PADA MATERIAL KAYU DALAM UPAYA MINIMASI STOCKOUT DAN OVER INVENTORY*. https://journal.lenvari.org/index.php/jieti

de Maio, A., & Laganà, D. (2020). The effectiveness of *Vendor managed inventory* in the last-mile delivery: An industrial application. *Procedia Manufacturing*, *42*, 462–466. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.047

Dewi, R., Garside, A. K., & Fenny. (2025). PENGURANGAN BULLWHIP EFFECT DENGAN METODE *VENDOR MANAGED INVENTORY*. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, *14*(2), 292–298.

Djamal, N., Winarno, H., Shofa, M. J., & Putra, A. F. S. (2024). Analisis Bullwhip Effect dan E-Commerce dalam Sistem Rantai Pasok Produk Makanan. *TECHNO-SOCIO EKONOMIKA*, *17*(2), 232–247.

Evazabadian, F. (2021). *Lot-sizing for Vendor managed inventory*.

Fachristy, N. P., & Pujawan, N. (2023). *PENENTUAN KEBIJAKAN ORDER DENGAN PENDEKATAN VENDOR MANAGED INVENTORY UNTUK SINGLE SUPPLIER, MULTI PRODUCT DAN MULTI RETAILER DI PT. PETROKIMIA GRESIK (PERSERO)*.

Fatma, E., & Supardi, M. (2021). Optimasi Biaya Distribusi Multi-eselon untuk Multi-produk Menggunakan Mix Integer Linier Programming. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, *8*(1), 75–82.

Goni, A. G., & Palandeng, I. D. (2022). ANALISIS RANTAI PASOK (SUPPLY CHAIN) MINUMAN CAP TIKUS (STUDI PADA PETANI DESA PALAMBA KECAMATAN LANGOWAN SELATAN). *Jurnal EMBA*.

Hermawan, P. R., Dahda, S. S., & Andesta, D. (2021). Model Penentuan Jumlah Produksi yang Optimal pada Rantai Pasok dengan Produsen Tunggal dan Multi-Retailer. *Jurnal Optimalisasi*, *7*(2), 142–152.

Jufri, M., & Rodiyah, A. (2025). Optimasi Distribusi Pengiriman Paket Menggunakan Metode Simpleks Transportasi Berbantuan Solver Microsoft Excel (Studi Kasus J&T Express Cabang Sampang). *Journal of Advanced Informatics and Sustainable Intelligent Systems*, *1*(1).

Kusnadi. (2024). STRATEGI DAN TANTANGAN DALAM IMPLEMENTASI *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT* : TINJAUAN LITERATUR. *Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Bisnis*, *1*(6), 392–400. https://doi.org/10.62017/jemb

Kusuma, R. I., & Hakim, I. M. (2020). Designing Inventory Models to Minimize Total Inventory Costs by Using *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) in the Warehouse of MRO Materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1003*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/1003/1/012100

Leonardo, K., & Indriyani, R. (2015). *ANALISIS SUPPLY CHAIN PADA PT. ZANGRANDI PRIMA DI SURABAYA*.

Maressa, B., Auliana, L., Sukmadewi, R., & Logistik, J. B. (2025). Pengaruh Retur Barang Overstock Terhadap Service Level Warehouse Pada Gudang Distribusi Perusahaan Ritel. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, *4*(3), 520–527.

Modares, A., Farimani, N. M., & Emroozi, V. B. (2023). A VENDOR-MANAGED INVENTORY MODEL BASED ON OPTIMAL RETAILERS SELECTION AND RELIABILITY OF SUPPLY CHAIN. *Journal of Industrial and Management Optimization*, *19*(5), 3075–3106. https://doi.org/10.3934/jimo.2022078

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. In *Juminten : Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi* (Vol. 2, Number 6).

Najafnejhad, E., Tavassoli Roodsari, M., Sepahrom, S., & Jenabzadeh, M. (2021). A mathematical inventory model for a single-vendor multi-retailer supply chain based on the Vendor Management Inventory Policy. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, *12*(3), 579–586.

Narto, N., Hamim, M. I., HM, G. B., Junianto, D., & Mahsun, M. (2024). Peran Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Pendekatan Bullwhip Effect dalam Supply Chain. *Idarotuna: Journal of Administrative Science*, *5*(2), 266–277.

Nuraeni, N., & Santoso, B. (2024). Peranan Manajemen Persediaan Bahan Baku terhadap Penjadwalan Produksi PT XYZ. *Jurnal Bisnis Dan Manajemen (JURBISMAN)*, *2*(2), 379–394.

Octaviany, T., & Gunawan, A. (2023). *Mengoptimalkan Manajemen Persediaan Melalui Teknologi Rantai Pasokan*.

Phong, H. T., & Yenradee, P. (2020). *Vendor managed inventory* for multi-vendor single-manufacturer supply chain: A case study of instant noodle industry. *Engineering Journal*, *24*(6), 91–107. https://doi.org/10.4186/ej.2020.24.6.91

Putri, S., Nasution, D., Rehulina Br Bangun, E., Mahmulyadi, I. A., Saputra, B. A., Purba, F. Y., Oktariza, W., Ainun, T. N., Agribisnis, M., Vokasi, S., & Pertanian Bogor, I. (2024). Analisis Kinerja Rantai Pasok Dan Pengaruhnya Terhadap Pemenuhan Pesanan Pada PT Sentosa Tata Multi Sarana. In *Bisnis Dharma Andalas* (Vol. 26, Number 2).

Rahayu, S. (2022). Analisis Pengaruh Penerapan Metode DRP Terhadap Bullwhip Effect Pada Rantai Suplai. *JOURNAL OF INFORMATION SYSTEM, GRAPHICS, HOSPITALITY AND TECHNOLOGY*.

ROHMATUN, A. (2021). *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PEMBAHASAN STRATEGI, PENGELOLAAN PERSEDIAAN, DAN PENGUKURAN KINERJA*.

Salas-Navarro, K., Florez, W. F., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2024). A vendor-managed inventory model for a three-layer supply chain considering exponential demand, imperfect system, and remanufacturing. *Annals of Operations Research*, *332*(1–3), 329–371. https://doi.org/10.1007/s10479-023-05793-6

Saputra, R., Pasaribu, A. F., Aisyah, S., Ekonomi, F., Bisnis, D., Negeri, I., & Utara, S. (2022). Pengaruh *Supply chain management* Di PT. Nippon Indosari Corpindo. *JUMSI)*, *2*(1), 117–123.

Seftyananta, R., Shalshabilla, I., Rachmawan, R. A., & Susilo, D. E. (2024). Analisis Peran Sistem Informasi Dalam Meningkatkan Efektivitas Pengendalian Persediaan Barang Dagang Pada PT. Mayora Indah Tbk. *Jurnal Sistem Informasi Akuntansi (JASIKA)*, *4*(2), 74–82.

Seftyananta, R., Shalshabilla, I., Rachmawan, R. A., Susilo, D. E., Akuntansi, P., Pgri, S., & Jombang, D. (2024). Analisis Peran Sistem Informasi Dalam Meningkatkan Efektivitas Pengendalian Persediaan Barang Dagang Pada PT. Mayora Indah Tbk. *Jurnal Sistem Informasi Akuntansi)*, *04*(02), 74–82. http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/jasika74

Sim, J. (2024). THE IMPACT OF A VENDOR-MANAGED INVENTORY POLICY ON THE CASH-BULLWHIP EFFECT. *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, *31*(2), 184–203. https://doi.org/10.23055/ijietap.2024.31.2.9825

Sitompul, C., Ariningsih, P., & Santosa, I. B. D. N. (2018). Pengembangan Model *Vendor managed inventory* dengan Banyak Retailer yang Mempertimbangkan Ketidakpastian Lead Times. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, *7*(1), 41. https://doi.org/10.26593/jrsi.v7i1.2770.41-46

Tampubolon, A. D., & Harahap, A. M. (2025). *SISTEM INFORMASI PERSEDIAAN BERBASIS WEB PADA TOKO BAJU GELORA DENGAN METODE VENDOR MANAGED INVENTORY (VMI)*.

Tan, C. D., Fay, F. L., Santoso, J. C., Kurnia, T. L., & Fendelson, R. (2025). ANALISIS KESENJANGAN PERSEDIAAN PADA PERUSAHAAN X MELALUI PENDEKATAN MANAJEMEN INVENTORI. *Jurnal Penelitian Ilmiah Multidisipliner*, *1*(03), 202–215.

Tarsis, J. T., & Ulkhaq, M. M. (2025). ANALISIS PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU FILTER OLI MENGGUNAKAN METODE CONTINUOUS REVIEW SYSTEM (METODE Q) DAN *PERIODIC REVIEW* SYSTEM (METODE P) UNTUK MEMINIMALKAN BIAYA PERSEDIAAN (Studi Kasus: PT Sampoerna Agro Tbk). *Industrial Engineering Online Journal*, *14*(4).

Vicente, J. J. (2025). Optimizing Supply Chain Inventory: A *Mixed Integer Linear Programming* Approach. *Systems*, *13*(1). https://doi.org/10.3390/systems13010033

Xu, Y., Zhang, J., Chen, Z., & Wei, Y. (2021). Single-manufacturer multi-retailer supply chain models with discrete stochastic demand. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(15). https://doi.org/10.3390/su13158271

LAMPIRAN

Sebelum Optimasi



Pemilihan Vendor

