

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri *fashion* saat ini menuntut adanya sistem pasar yang dapat menjangkau konsumen hingga ke berbagai daerah, dengan kebutuhan utama berupa rantai pasok yang melibatkan seluruh pihak terkait, baik langsung maupun tidak langsung, untuk memenuhi permintaan pelanggan. Manajemen Rantai Pasok melibatkan berbagai pihak yang terlibat dalam aliran barang dan informasi, termasuk pemasok, produsen distributor, pengecer, dan konsumen. Koordinasi yang baik di antara semua pihak ini sangat penting untuk mencapai efisiensi ketetapan dalam rantai pasok. Perkembangan bisnis di berbagai sektor, termasuk industri *fashion*, semakin pesat seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Situasi ini menciptakan persaingan yang semakin ketat, mendorong setiap perusahaan untuk berinovasi dan memberikan produk terbaik guna memenuhi kebutuhan konsumen. Salah satu strategi untuk meraih keunggulan kompetitif adalah melalui pengelolaan biaya dan kualitas secara efektif. Manajemen persediaan memegang peran vital dalam operasional perusahaan. Guna mencapai efisiensi produksi, perusahaan perlu melakukan pengawasan ketat terhadap biaya produksi yang dikeluarkan. Optimasi merupakan suatu proses menemukan solusi terbaik atau paling efisien dari berbagai alternatif yang ada, dengan mempertimbangkan batasan dan tujuan tertentu. Konsep ini banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk bisnis, teknik, ilmu komputer, logistik, dan manajemen rantai pasok. Mulai dari menemukan preferensi pelanggan hingga mengupayakan semua kebutuhan input pemasok untuk membuat dan mendistribusikan barang tersebut sesuai dengan preferensi pelanggan yang dimaksud. Disisi lain sebagai penerima jasa ataupun produk konsumen biasanya mengharapkan dapat mendapatkan produk yang menguntungkan pada tingkat harga yang dapat diterima. Untuk memenuhi keinginan pelanggan tersebut, maka manajemen rantai pasok merupakan salah satu upaya yang mampu mengendalikan pergerakan barang dan jasa secara sistematis (Lin et al., 2022).

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan manufaktur *fashion* yang memiliki jaringan gerai di berbagai lokasi strategis di Pulau Sulawesi. Sebagai perusahaan yang beroperasi pada industri yang sangat bergantung pada dinamika pasar, PT. XYZ menghadapi tantangan signifikan dalam menjaga kinerja rantai pasoknya. Rantai pasok perusahaan mencakup proses mulai dari perencanaan produksi di pabrik, pengelolaan persediaan di gudang, distribusi produk ke berbagai gerai, hingga pemenuhan kebutuhan konsumen akhir. Setiap tahapan dalam rantai pasok saling berkaitan erat, sehingga apabila terdapat ketidakseimbangan pada salah satu tahap, maka akan berdampak langsung pada tahap berikutnya. Saat ini, salah satu permasalahan yang dihadapi PT. XYZ adalah ketidakseimbangan distribusi produk, khususnya di area Makassar, yang menyebabkan terjadinya *lost sale* atau kehilangan penjualan karena produk tidak tersedia sesuai dengan permintaan gerai. Perbedaan kebutuhan setiap toko menjadi faktor utama yang memicu permasalahan

tersebut. Permintaan dari masing-masing toko yang bervariasi membuat perusahaan kesulitan dalam mengatur jumlah produksi, menentukan alokasi distribusi, serta menjaga ketersediaan stok di setiap gerai. Ketika permintaan suatu toko lebih tinggi dari stok yang tersedia, maka terjadi kekurangan produk yang berujung pada *lost sale*. Sebaliknya, ketika permintaan suatu toko lebih rendah, maka terjadi penumpukan stok yang meningkatkan biaya penyimpanan dan risiko kerusakan produk. Kondisi ini menunjukkan bahwa rantai pasok PT. XYZ belum berjalan secara optimal, khususnya dalam hal integrasi antara manufaktur, distribusi, dan pasar. Untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan pendekatan manajemen rantai pasok yang lebih terstruktur dan berbasis teknologi. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *mixed-integer linear programming* (MILP). Metode ini memungkinkan perusahaan membangun model matematis yang mampu mengoptimalkan aliran barang sepanjang rantai pasok. Dengan metode MILP, PT. XYZ dapat merencanakan jumlah produksi secara lebih efisien, menentukan kapasitas distribusi yang sesuai, serta mengatur alokasi produk ke setiap gerai agar kebutuhan masing-masing toko dapat terpenuhi secara tepat waktu dan dengan biaya yang minimal. Dengan kata lain, MILP tidak hanya menyelesaikan masalah distribusi, tetapi juga memperkuat koordinasi seluruh komponen dalam rantai pasok. Optimalisasi rantai pasok melalui pendekatan MILP memiliki dampak yang sangat luas bagi perusahaan. Pada tingkat manufaktur, perusahaan dapat menyesuaikan kapasitas produksi sesuai dengan proyeksi kebutuhan dari berbagai toko, sehingga dapat mengurangi risiko kelebihan maupun kekurangan produksi. Pada tingkat distribusi, perusahaan dapat mengefisienkan kapasitas pengiriman agar sesuai dengan batasan logistik yang ada, dan pada tingkat konsumen akhir, ketersediaan produk yang terjamin di setiap gerai akan meningkatkan kepuasan pelanggan serta memperkuat loyalitas terhadap merek PT. XYZ. Dengan sistem rantai pasok yang lebih terintegrasi, PT. XYZ juga dapat merespons lebih cepat terhadap perubahan kebutuhan dari berbagai gerai. Ketika terjadi lonjakan permintaan pada toko tertentu, perusahaan dapat segera menyesuaikan alokasi distribusi tanpa mengorbankan ketersediaan produk di toko lainnya. Hal ini akan memberikan keunggulan kompetitif yang signifikan karena dalam industri *fashion*, kecepatan respon terhadap kebutuhan pasar merupakan faktor kunci keberhasilan. Penelitian ini pada akhirnya bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan perusahaan dengan optimasi rantai pasok PT. XYZ secara menyeluruh, mulai dari perencanaan produksi hingga pemenuhan kebutuhan toko dan konsumen akhir. Dengan penerapan metode MILP, perusahaan tidak hanya akan mengefisienkan kapasitas distribusi produk sehingga diharapkan dapat mengurangi kerugian akibat *lost sale*, tetapi juga memperkuat efisiensi rantai pasok, meningkatkan daya saing, dan mendukung pertumbuhan bisnis secara berkelanjutan di tengah persaingan industri *fashion* yang semakin ketat (León-Olivares et al., 2020).

Mixed-Integer Linear Programming (MILP) merupakan pengembangan dari *Linear Programming* (LP) konvensional dengan penambahan kriteria khusus di mana beberapa variabel keputusan diharuskan bernilai bilangan bulat (*integer*), sementara variabel lain dapat bernilai kontinu. Perbedaan fundamental ini menjadikan MILP lebih powerful dalam memodelkan masalah dunia nyata yang mengandung elemen diskrit, meskipun secara komputasi lebih kompleks. Dalam konteks permasalahan

rantai pasok PT. XYZ, pendekatan MILP menjadi sangat relevan karena karakteristik unik industri fashion yang melibatkan banyak keputusan diskrit, seperti kapasitas distribusi produk, permintaan atau kebutuhan produk setiap toko, dan biaya distribusi pakaian. Selain itu, MILP memungkinkan pemodelan *constraint* logis yang lebih kompleks, seperti jika perusahaan mendistribusikan *item* setiap toko secara bergantian atau menggabungkan setiap toko. Keunggulan lain MILP adalah kemampuannya mengoptimalkan beberapa tujuan sekaligus, seperti memaksimalkan keuntungan perusahaan, sekaligus memaksimalkan kapasitas ke masing-masing toko, sementara tetap mempertimbangkan kapasitas distribusi yang terbatas dan lead time dari *supplier*. Dalam implementasinya, solusi MILP untuk PT. XYZ akan menghasilkan rencana distribusi yang lebih realistis karena mengakomodasi sifat integer dari unit produk, sekaligus memberikan fleksibilitas untuk memasukkan faktor ketidakpastian permintaan melalui pendekatan *stochastic programming*. Dengan demikian, penerapan MILP dalam perencanaan rantai pasok PT. XYZ tidak hanya memberikan solusi matematis yang presisi, tetapi juga solusi praktis terhadap kondisi nyata di lapangan, karena semua variabel keputusan utama memenuhi kriteria bilangan bulat sesuai realitas operasional perusahaan. Pendekatan ini secara signifikan dapat mengurangi terjadinya *lost sale* melalui perencanaan kapasitas distribusi yang lebih akurat dan *responsive* terhadap fluktuasi pasar, sekaligus mengoptimalkan biaya rantai pasok secara keseluruhan.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan bagi permasalahan terkait rantai pasok perusahaan PT.XYZ agar perusahaan yang bergerak dibidang tersebut dapat meningkatkan profit yang mereka dapatkan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan *customer*. Serta berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini maka perusahaan diharapkan dapat menjadikan acuan dalam pengambilan keputusan jangka panjang perusahaan dengan menggunakan “**Optimalisasi Rantai Pasok Dengan Menggunakan Mixed-Integer Linear Programming Studi Kasus Pada PT. XYZ**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana merancang model matematis rantai pasok PT.XYZ dengan menggunakan pendekatan *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP)?
- b. Bagaimana hasil keuntungan maksimal dengan mengoptimalkan rantai pasok menggunakan metode *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP)?
- c. Bagaimana hasil strategi evaluasi berdasarkan hasil yang didapatkan dengan menggunakan metode *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP)?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rantai pasok perusahaan PT. XYZ melalui perancangan dan penerapan model matematis menggunakan metode *Mixed-*

Integer Linear Programming (MILP), sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional, memaksimalkan keuntungan perusahaan, dan memberikan solusi optimal terhadap rantai pasok perusahaan, adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

- a. Merancang model matematis rantai pasok PT.XYZ dengan menggunakan pendekatan *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP) yang sesuai dengan kondisi aktual perusahaan.
- b. Merancang model MILP menggunakan *Software* CPLEX untuk memperoleh keuntungan maksimal dan memperoleh solusi optimal rantai pasok perusahaan PT.XYZ.
- c. Memberikan rekomendasi strategis dan praktis yang dapat diterapkan berdasarkan hasil dari analisis model optimasi *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian secara rinci dibagi menjadi dua kategori yaitu aspek akademik dan aspek praktis. Kedua aspek manfaat tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

- a. Manfaat Akademik
 - 1) Menambah wawasan mengenai peramalan harga dalam meningkatkan keuntungan dan efisiensi perusahaan.
 - 2) Memperkaya pengetahuan mengenai metode - metode yang dapat digunakan untuk pengendalian persediaan.
 - 3) Memperkuat teori terhadap penerapan suatu metodologi perencanaan persediaan.
- b. Manfaat Praktis

Hasil penelitian dapat menjadi acuan bagi pihak-pihak yang berkepentingan dalam penerapan kebijakan dengan metode pengendalian persediaan perusahaan yang optimal untuk perusahaannya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah bertujuan untuk memudahkan dalam penyusunan dan masalah yang dibahas akan lebih jelas dan terarah dan mencapai tujuan atau sasaran yang diharapkan, maka penulis membatasi masalah yang akan dibahas yaitu sebagai berikut:

- a. Model hanya mencakup lini produksi, inventori, distribusi, dan penjualan.
- b. Permintaan produk diasumsikan bersifat deterministik dan dapat diprediksi dengan pasti.
- c. Produk hanya mencakup produk kaos dengan 3 jenis warna Hitam, Putih, dan Merah.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian adalah sebagai berikut:

a. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan, dan tinjauan pustaka.

b. BAB II METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat uraian tentang objek penelitian, jenis data yang digunakan, metode pengumpulan data, kerangka alir penelitian dan data yang telah dikumpulkan.

c. BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjabarkan analisis dan pembahasan mengenai hasil perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan teori yang ada.

d. BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan serta membahas rekomendasi dan usulan perbaikan yang mungkin bisa dilakukan.

1.7 Kajian Teori

1.7.1 Konsep Manajemen Rantai Pasok

Supply Chain yang merupakan rantai pasok yang mengelolah sebuah bisnis dalam perusahaan mulai dari pasok bahan baku sampai ke pengecer dan memasarkan ke *end user* (konsumen). *Supply Chain* membutuhkan koordinasi berupa kolaborasi dan informasi. Koordinasi pada *supply chain* dapat menyelaraskan proses perusahaan berjalan sedangkan kolaborasi dapat digunakan untuk meramalkan, merencanakan produksi dan pengiriman barang. Dalam hal ini sering terjadi hambatan dibidang informasi karena sering terjadi penggunaan teknologi informasi yang memadai dan perilaku yang kurang transparan (Melliana et al., 2024).

Menurut Chopra & Meindl (2013), Manajemen Rantai Pasok atau *Supply Chain Management* perencanaan merupakan disiplin ilmu yang meliputi perencanaan dan manajemen dari seluruh aktivitas yang terlibat dalam pemilihan pemasok, pengadaan, dan seluruh aktivitas logistik lainnya. Termasuk didalamnya adalah koordinasi dan kolaborasi dengan jaringan rekanan seperti pemasok agen, pihak ketiga, dan konsumen. SCM meliputi semua tahapan, baik langsung maupun tidak langsung, dalam memenuhi permintaan konsumen. Tidak hanya berkaitan dengan perusahaan manufaktur dan pemasok saja, namun juga perusahaan jasa pengangkutan, pergudangan, *retailer*, dan konsumen itu sendiri (Prasetyani et al., 2024).

Rantai pasok atau *supply chain* merupakan suatu model konseptual yang dikembangkan dari *Supply Chain Council* (SCC), suatu organisasi non-laba yang independent, sebagai standar antar industri. Standarisasi yang ditekankan oleh SCC bertujuan untuk mempermudah penafsirann mengenai *supply chain* sebagai tahap

awal dalam mencapai manajemen rantai pasok yang efektif dan efisien dalam mendukung strategi perusahaan (Shamsudin et al., 2025).

Supply Chain Management (SCM) merupakan sebuah sistem yang mengkoordinasi proses-proses dari perusahaan atau pabrik guna menyiapkan, memproduksi dan mengirimkan produk kepada konsumen. Proses ini meliputi perencanaan (*plan*), sumber daya (*source*), memproduksi (*make*), mengirim (*deliver*), penyimpanan (*inventory*), informasi dan pembayaran sampai dengan pengiriman produk yang dibutuhkan (Tasia et al., 2023).

Yang melatarbelakangi berkembangnya konsep SCM adalah adanya faktor akselerasi perubahan lingkungan bisnis yang berkembangnya secara cepat, faktor-faktor penting antara lain:

- a. Tuntutan konsumen semakin kritis.
- b. Infrastruktur telekomunikasi, informasi, transportasi, dan perbankan yang semakin canggih memungkinkan model baru dalam aliran material/produk.
- c. Daur hidup produk sangat pendek seiring dengan perubahan-perubahan yang terjadi dalam lingkungan pasar.
- d. Kesadaran konsumen akan pentingnya aspek sosial dan lingkungan dalam kehidupan, menuntut industri manufaktur memasukkan konsep-konsep ramah lingkungan mulai dari proses perancangan produk, proses produksi maupun proses distribusinya.

Dalam konsep *Supply Chain Management* (SCM), terdapat beberapa tujuan utama yang menjadi fokus dalam pengelolaan aliran barang, informasi, dan keuangan antar pihak yang terlibat. SCM tidak hanya menekankan pada efisiensi internal perusahaan, tetapi juga bagaimana seluruh rantai pasok dapat bekerja secara terpadu untuk menciptakan nilai tambah. Oleh karena itu, penerapan SCM diarahkan untuk memastikan penyerahan atau pengiriman produk secara tepat waktu demi memuaskan konsumen, mengurangi biaya operasional, meningkatkan hasil dari keseluruhan supply chain, memperpendek waktu proses, serta memusatkan kegiatan perencanaan distribusi agar lebih terkontrol dan efisien. Berikut tujuan dari SCM (Angelina et al., 2020):

- a. Penyerahan/pengiriman produk secara tepat waktu demi memuaskan konsumen.
- b. Mengurangi biaya.
- c. Meningkatkan segala hasil dari seluruh supply chain (bukan hanya satu perusahaan).
- d. Mengurangi waktu.
- e. Memusatkan kegiatan perencanaan dan distribusi.

Penerapan *Supply Chain Management* (SCM) diyakini mampu menghadirkan berbagai manfaat yang signifikan bagi perusahaan maupun seluruh pihak yang terlibat di dalam rantai pasok, antara lain:

- a. Kepuasan pelanggan.

Konsumen atau pengguna produk merupakan target utama dari aktivitas proses produksi setiap produk yang dihasilkan perusahaan. Konsumen atau pengguna yang dimaksud dalam konteks ini tentunya konsumen yang setia dalam jangka

waktu yang panjang. Untuk menjadikan konsumen harus puas dengan pelayanan yang disampaikan oleh perusahaan.

b. Meningkatkan pendapatan

Semakin banyak konsumen yang setia dan menjadi mitra perusahaan berarti akan turut pula meningkatkan pendapatan perusahaan, sehingga produk-produk yang dihasilkan perusahaan tidak akan terbuang percuma karena diminati konsumen.

c. Peningkatan Laba

Dengan semakin meningkatnya jumlah konsumen yang setia dan menjadi pengguna produk, pada gilirannya akan meningkatkan laba perusahaan.

d. Mengurangi biaya

Pengintegrasian aliran produk dari perusahaan kepada konsumen akhir berarti pula mengurangi biaya-biaya pada jalur distribusi. Pemanfaatan asset semakin tinggi.

1.7.2 Optimasi

Optimasi pada rantai pasok dapat meningkatkan kinerja secara keseluruhan dengan mengurangi biaya distribusi dan meningkatkan kecepatan respon terhadap permintaan pasar. Proses optimasi juga berfokus pada peningkatan nilai tambah produk akhir, sehingga memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar bagi semua pelaku dalam rantai pasok (Nasution & Ningsih, 2025).

Optimasi adalah upaya seseorang untuk meningkatkan suatu kegiatan atau pekerjaan agar dapat memperkecil kerugian atau memaksimalkan keuntungan agar tercapai tujuan sebaik-baiknya dalam batas-batas tertentu.

Menurut Dhimas (2022), optimasi adalah upaya meningkatkan kinerja pada suatu unit kerja ataupun pribadi yang berkaitan dengan kepentingan umum, demi tercapai kepuasan dan keberhasilan dari penyelenggaraan kegiatan tersebut. Optimasi adalah ukuran yang menyebabkan tercapainya tujuan sedangkan jika dipandang dari sudut usaha. Optimasi adalah usaha memaksimalkan kegiatan sehingga mewujudkan keuntungan yang diinginkan atau dikehendaki. Dari uraian tersebut diketahui bahwa optimasi hanya dapat diwujudkan apabila dalam perwujudannya secara efektif dan efisien. Dalam penyelenggaraan organisasi, senantiasa tujuan diarahkan untuk mencapai hasil secara efektif dan efisien agar optimal (Dwi Astuti & Mayke Normasari, 2022).

Optimasi rantai pasok adalah upaya untuk menyempurnakan dan menyeimbangkan aliran barang serta informasi sepanjang rantai pasok, sehingga perusahaan dapat meminimalkan biaya, meningkatkan kecepatan distribusi, dan memastikan produk tersedia tepat waktu dan dalam jumlah yang sesuai. Optimalisasi ini menjadi kunci dalam menjaga kinerja operasional dan daya saing perusahaan, terutama di industri yang dinamis seperti fashion, di mana perubahan tren pasar dan permintaan konsumen sangat cepat.

Tujuan utama dari optimasi rantai pasok adalah mengurangi biaya, meminimalkan risiko, dan meningkatkan kepuasan pelanggan tanpa mengorbankan kualitas maupun kecepatan layanan. Dengan rantai pasok yang teroptimasi,

perusahaan mampu memastikan produk tersedia di tempat dan waktu yang tepat sesuai permintaan pasar. Beberapa aspek penting dalam optimalisasi rantai pasok meliputi (Vicente, 2025):

1. Perencanaan Produksi
Menentukan jumlah produksi yang sesuai dengan proyeksi permintaan agar tidak terjadi kelebihan produksi (*overstock*) maupun kekurangan produk (*stockout*).
2. Pengendalian Persediaan
Mengelola stok di gudang dengan strategi yang tepat agar tidak menimbulkan biaya penyimpanan tinggi maupun risiko produk rusak.
3. Distribusi dan Transportasi
Menentukan jalur distribusi, kapasitas, serta jadwal pengiriman yang efisien agar biaya logistik lebih rendah dan produk tetap tersedia di toko sesuai kebutuhan.
4. Pemenuhan Kebutuhan Toko/Konsumen
Menjamin produk dapat diterima pelanggan tepat waktu dengan kualitas terjaga sehingga meningkatkan kepuasan dan loyalitas.
5. Koordinasi Antar Komponen *Supply Chain*
Menyinkronkan aliran informasi dan barang antara pabrik, gudang, distributor, dan toko agar tidak terjadi ketidakseimbangan.

1.7.3 Program Linear

Perkembangan ilmu pengetahuan tentang *linear programming* berkembang pada pertengahan abad 20 masehi, sekarang metode *linear programming* digunakan oleh banyak perusahaan untuk mendapat keuntungan yang optimal dengan berbagai batasan, sehingga ilmu tentang *linear programming* sampai pada saat ini terus mengalami perkembangan sesuai dengan kebutuhan dunia, tidak lagi digunakan dalam industri namu juga permasalahan lain yang berkaitan tentang optimasi (Dautel et al., 2024)

Menurut Mulyono (2004), Program *linear* (*Linear Programming* yang disingkat LP) merupakan salah satu teknik *operatin research* yang digunakan paling luas dan diketahui dengan baik. Program *linear* merupakan metode matematika dalam mengalokasikan sumber daya yang paling langka untuk mencapai tujuan (Braekers et al., 2016).

Pemrograman *linear* (LP) adalah teknik dasar dalam optimisasi yang digunakan untuk mencapai hasil terbaik, seperti mengurangi biaya atau memaksimalkan keuntungan, dengan mempertimbangkan serangkaian batasan *linear*. Bentuk umum dari masalah LP terdiri dari fungsi tujuan dan serangkaian batasan. Fungsi tujuan, yang biasanya merupakan persamaan *linear*, mewakili tujuan optimisasi, seperti meminimalkan total biaya dalam jaringan rantai pasokan. Batasan, di sisi lain, mewakili keterbatasan atau persyaratan sistem, seperti kapasitas produksi, persyaratan permintaan, atau pembatasan anggaran (Li et al., 2024).

1.7.4 IBM CPLEX

CPLEX (*C Programming Language for EXpression of Linear programs*) merupakan salah satu *solver* optimasi paling terkenal dan banyak digunakan di dunia. *Solver* ini pertama kali dikembangkan oleh Robert E. Bixby pada tahun 1988 sebagai implementasi dari metode *simplex* dalam bahasa pemrograman C. CPLEX menjadi perangkat lunak komersial pertama yang secara khusus ditujukan untuk menyelesaikan masalah *linear programming* (LP) dan *mixed-integer programming* (MIP). Pada tahun 1997, CPLEX diakuisisi oleh perusahaan perangkat lunak ILOG, dan kemudian diakuisisi oleh IBM pada tahun 2009, yang menjadikannya bagian dari IBM ILOG CPLEX *Optimization Studio* (Wofuru-Nyenke et al., 2023). CPLEX telah mampu menyelesaikan masalah MILP hingga puluhan kali lebih cepat dibanding versi sebelumnya, berkat pengembangan algoritma *branch-and-bound*, *branch-and-cut*, serta pemanfaatan teknologi paralel dan *solution pool*. Salah satu fitur yang juga banyak diapresiasi dalam penelitian adalah kemampuannya untuk menangani berbagai jenis masalah optimasi, termasuk *quadratic programming* (QP), *quadratically constrained programming* (QCP), serta *stochastic programming*. Dalam praktiknya, CPLEX banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan produksi, perencanaan rantai pasok, logistik distribusi, penugasan sumber daya, dan perencanaan keuangan. CPLEX sering dijadikan *solver* utama dalam pemodelan berbasis MILP karena keandalannya dalam menghasilkan solusi optimal dalam waktu yang efisien. Selain itu, CPLEX juga mendukung berbagai antarmuka pemrograman seperti Python, Java, C++, serta integrasi dengan pemodelan seperti AMPL, GAMS, dan bahasa OPL (*Optimization Programming Language*) (Ning & Kong, 2025).

1.7.5 Mixed-Integer Linear Programming (MILP)

Mixed-Integer Linear Programming (MILP) dapat didefinisikan sebagai program matematika dengan kendala *linear* dimana variabel tertentu diperlukan untuk mengambil nilai *integer*. Formulasi pemrograman matematika meliputi seperangkat variabel yang mewakili tindakan yang dapat diambil dalam sistem yang dimodelkan yang selanjutnya, mencoba untuk mengoptimalkan (minimalisasi atau maksimalisasi) fungsi dari variabel-variabel tersebut dan tahap berikutnya adalah membagi setiap keputusan yang mungkin menilai kualitas dari solusi yang didapat. Secara singkat, *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP) merupakan model pemrograman linier bilangan bulat yang dapat mengoptimasi tujuan tertentu. Pada proses pemodelan MILP, fungsi tujuan ditentukan terlebih dahulu. Kelebihan dari pemodelan ini terletak pada variabel keputusan yang sebagian dapat berupa bilangan bulat dan *Boolean* atau biner serta sebagian lainnya berupa pecahan. Batasan-batasan yang tersedia dapat menentukan nilai dari variabel keputusan tersebut (Demirel et al., 2025).

Secara umum, model MILP terdiri dari tiga elemen utama, yaitu fungsi tujuan, himpunan kendala (*constraints*), dan variabel keputusan. Fungsi tujuan dalam MILP dapat berupa minimisasi biaya, maksimalkan keuntungan, atau tujuan lainnya tergantung konteks permasalahan. Kendala dalam MILP berbentuk relasi *linear* yang

menggambarkan batasan-batasan dalam sistem, seperti kapasitas produksi, waktu kerja, atau alokasi sumber daya. Variabel keputusan bisa berupa variabel *integer*, biner (0 atau 1), maupun kontinu. Pemodelan MILP juga memungkinkan untuk merepresentasikan keputusan ya/tidak, pilihan-pilihan terbatas, dan urutan proses, yang tidak dapat dimodelkan oleh pemrograman linier biasa. MILP juga memungkinkan pengambilan keputusan multikriteria dengan pendekatan tertentu, seperti *weighted-sum method* atau *goal programming*. Dalam sistem rantai pasok, pemodelan MILP dapat mengintegrasikan berbagai elemen seperti produksi, penyimpanan, transportasi, dan permintaan dalam satu kerangka optimasi. Pendekatan ini membantu perusahaan mencapai efisiensi operasional dan penghematan biaya secara signifikan. MILP juga dapat diperluas ke dalam bentuk dua tahap atau *multi-stage decision making* untuk menangani ketidakpastian atau dinamika dalam sistem (Oujana et al., 2023).

Mix integer linear programming (MILP) merupakan model *integer linear programming* dimana beberapa variabel berupa bilangan biner dan yang lain merupakan bilangan kontinu. Berbagai permasalahan yang bersifat *linear* dapat dimodelkan dengan menggunakan MILP, saat ini MILP sangat diperlukan sebagai *tools* dalam bidang bisnis dan teknik. Kelebihan dari MILP terletak pada hasilnya yang optimal dan tersediaanya beberapa *software* untuk membantu proses komputasi namun MILP memiliki kekurangan yaitu tidak dapat digunakan dalam permasalahan yang sangat kompleks karena akan membantu proses komputasi yang lama sehingga tidak aktif. Dalam pembuatan model MILP dapat dilakukan dalam tiga langkah yaitu (Sadeghi et al., 2020):

1. Mendefinisikan Variabel Keputusan

Variabel keputusan adalah variabel yang mewakili pilihan atau keputusan yang harus ditentukan dalam suatu masalah optimasi. Variabel inilah yang akan dicari nilainya oleh model agar tujuan (*objective function*) dapat dicapai dengan optimal, baik itu meminimalkan biaya, memaksimalkan keuntungan, atau tujuan lainnya.

2. Menyatakan Batasan

Batasan atau *constraints* adalah sekumpulan persamaan atau pertidaksamaan yang menggambarkan kendala nyata dari masalah yang sedang dimodelkan. *constraints* memastikan bahwa solusi yang dihasilkan model masih sesuai dengan kondisi nyata, misalnya kapasitas, permintaan, waktu, biaya, atau aturan tertentu.

3. Menyatakan Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan adalah persamaan matematis yang menunjukkan apa yang ingin dicapai atau dioptimalkan dalam masalah.

Secara umum *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP) adalah model matematika yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan tiga komponen utama yaitu fungsi tujuan, variabel keputusan, dan batasan sebagai berikut (Lesmana et al., 2018):

1. Fungsi Tujuan (*Objective Function*)

Ini adalah inti dari model MILP, dimana tujuannya adalah memaksimalkan atau meminimalkan suatu nilai. Nilai tersebut biasanya mewakili keuntungan, biaya,

jarak tempuh, atau sumber daya yang digunakan. Fungsi tujuan harus berupa persamaan *linear* dengan rumus:

a) Memaksimalkan

$$\text{Max } Z = c^T x + d^T y \quad (1)$$

b) Meminimalkan

$$\text{Min } Z = c^T x + d^T y \quad (2)$$

Keterangan:

x = vektor variabel keputusan kontinu (≥ 0)

y = vektor variabel integer/biner (0-1 atau bilangan bulat)

c, d = koefisien (biaya, harga, keuntungan, dsb)

2. Batasan (*Constraints*)

Batasan adalah serangkaian ketidaksetaraan *linear* yang harus dipenuhi oleh variabel-variabel dalam model. Batasan ini menggambarkan keterbatasan sumber daya, kapasitas, atau persyaratan operasional. Bentuk umumnya sebagai berikut:

$$A_x + B_y \leq E \quad (3)$$

$$F_x + G_y = H \quad (4)$$

Keterangan:

A, B, F, G = matriks koefisien.

E, H = vektor batasan.

3. Variabel Keputusan (*Decision Variables*)

Variabel ini adalah nilai yang ingin dicari untuk mencapai tujuan misalnya, jumlah produk yang diproduksi, jumlah lokasi yang harus dibuka. Dalam MILP ada dua jenis variabel:

- Variabel kontinu, variabel yang dapat mengambil nilai *real* apa pun misalnya 5.5 ton bahan baku.
- Variabel integer, variabel yang hanya bernilai bilangan bulat, yang sering digunakan untuk mempersentasikan keputusan diskrit seperti, variabel biner dan variabel integer umum yang digunakan untuk nilai integer apapun.

Metode *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP) merupakan salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam pemodelan optimasi, khususnya pada masalah yang melibatkan pengambilan keputusan dengan variabel campuran antara bilangan bulat dan bilangan riil. Kelebihan utama MILP terletak pada kemampuannya

untuk menghasilkan solusi yang optimal secara matematis dengan tingkat presisi tinggi antara lain (Mecheter et al., 2024):

- a. Solusi optimal
Mampu memberikan hasil keputusan terbaik sesuai fungsi tujuan.
- b. Representasi realistis
Dapat memodelkan kondisi nyata yang kompleks dengan variabel integer dan kontinu
- c. Fleksibel
Dapat diterapkan pada berbagai bidang seperti produksi, penjadwalan, distribusi, supply chain, dan alokasi sumber daya.
- d. Struktur matematis yang jelas
Fungsi tujuan dan kendala mudah di formulasikan secara linear.
- e. Dukungan perangkat lunak
Tersedia banyak solver seperti CPLEX, Gurobi, dan LINGO yang mendukung pemecahan MILP dengan efisien.

MILP juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Salah satu kelemahannya adalah tingkat kompleksitas komputasi yang tinggi, terutama ketika ukuran masalah menjadi sangat besar dengan banyak variabel dan kendala, antara lain (Mohamed Alshabibi et al., 2025):

- a. Kompleksitas komputasi tinggi
Semakin banyak variabel dan kendala semakin besar waktu dan memori yang dibutuhkan.
- b. Kurang efisien untuk masalah berskala besar
Penyelesaian bisa sangat lambat atau tidak praktis jika model terlalu rumit.
- c. Asumsi deterministik
Lebih cocok untuk data pasti, kurang fleksibel menghadapi ketidakpastian atau perubahan dinamis.
- d. Keterbatasan implementasi
Hasil solusi matematis memerlukan penyesuaian ketika diterapkan di lapangan.

1.8 Penelitian Sebelumnya

Berikut merupakan penelitian terdahulu yang berhubungan dengan judul “OPTIMASI RANTAI PASOK DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MIX-INTEGER LINEAR PROGRAMMING* (STUDI KASUS PERUSAHAN PT.XYZ)”

Penelitian yang dilakukan oleh (Chen et al., 2022), berfokus pada strategi mitigasi gangguan rantai pasok dengan mempertimbangkan perubahan desain produk dan siklus hidup produk selama pandemi COVID-19. Model Mixed Integer Linear Programming (MILP) digunakan untuk memformulasikan strategi pemulihan dalam jurnal berjudul “*A Multi Stage Supply Chain Disruption Mitigation Strategy Considering Product Life Cycle During COVID-19*”. Hasil simulasi menunjukkan bahwa strategi berbasis produk baru dan perubahan desain mampu memberikan profit yang lebih tinggi dibandingkan strategi konvensional tanpa adanya perubahan

produk. Temuan ini menekankan pentingnya fleksibilitas desain produk dalam menjaga keberlanjutan rantai pasok di tengah kondisi krisis global. Penelitian yang dilakukan oleh (Wibowo et al., 2021), mengangkat masalah alokasi pesanan bahan baku sebagai fokus penelitian. Dengan menggunakan metode MILP yang dikombinasikan bersama Monte Carlo Simulation, penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal berjudul *“Raw Material Order Allocation Problem Using Mixed Integer Linear Programming and Simulation”* ini berhasil mengatasi ketidakpastian dalam performa pengiriman dan kualitas produk dari pemasok. Hasilnya menunjukkan bahwa integrasi MILP dan simulasi Monte Carlo efektif dalam mengoptimalkan alokasi pesanan bahan baku sekaligus mampu meminimalkan total biaya rantai pasok. Pendekatan ini memperlihatkan bahwa kombinasi metode optimasi dan simulasi sangat relevan dalam menghadapi kompleksitas serta ketidakpastian di dalam sistem rantai pasok.

Penelitian yang dilakukan oleh (Beheshtinia et al., 2021), mengembangkan model optimasi rantai pasok dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan, baik dari sisi ekonomi maupun lingkungan. Penelitian ini memanfaatkan MILP yang dikombinasikan dengan algoritma genetika GA-TOPKOR untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan dalam sistem manufaktur terdistribusi. Hasil penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal berjudul *“Supply Chain Optimization Considering Sustainability Aspects”* menunjukkan bahwa pendekatan hibrida ini dapat memberikan solusi yang lebih baik dalam mencapai keseimbangan antara tujuan biaya dan aspek lingkungan, sehingga relevan dengan konsep green supply chain yang semakin penting pada era industri modern.

Penelitian yang dilakukan oleh (Heri Iswanto et al., 2023), meneliti desain sistem produksi dan distribusi berbasis rantai pasok dengan pendekatan multi-stage stochastic programming. Penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal berjudul *“Design of a Supply Chain-Based Production and Distribution System Based on Multi-Stage Stochastic Programming”* ini mempertimbangkan kondisi ketidakpastian permintaan dengan fokus pada penentuan lokasi pusat distribusi, perencanaan kapasitas, serta pengiriman produk. Hasilnya menunjukkan bahwa model multi-stage stochastic programming lebih efektif dalam mengurangi biaya total rantai pasok dibandingkan pendekatan deterministik atau dua tahap. Hal ini karena pendekatan multi-stage mampu menangani ketidakpastian permintaan secara lebih realistis melalui penggunaan skenario diskrit, sehingga dapat meningkatkan efisiensi biaya sekaligus kepuasan pelanggan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Pedram et al., 2023), mengusulkan model teoritis yang menggabungkan masalah perutean kendaraan (Vehicle Routing Problem/VRP) ke dalam jaringan closed-loop supply chain (CLSC). Model ini diformulasikan menggunakan pendekatan MILP yang diperkaya dengan fuzzy-stochastic programming untuk menangani ketidakpastian dalam parameter. Hasil penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal berjudul *“Incorporating Vehicle-Routing Problems into a Closed-Loop Supply Chain Network Using a Mixed-Integer Linear-Programming Model”* menekankan bahwa pengintegrasian VRP ke dalam CLSC tidak hanya mampu meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mendukung

keberlanjutan lingkungan dengan mengoptimalkan alur distribusi dan pengembalian produk dalam sistem rantai pasok.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Departemen PPIC PT. XYZ. Penelitian ini dilakukan dalam rentang waktu Juli – Agustus 2025.

2.2 Metode Penelitian

Adapun data penelitian dan metodologi penelitian akan dijelaskan lebih lanjut.

2.2.1 Data Penelitian

Seluruh data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari dua sumber, yaitu:

a. Data Primer

Data primer diperoleh dari observasi dan wawancara langsung seputar SCM (produksi, inventori, distribusi, dan penjualan) pada pihak terkait. Data primer yang didapatkan berguna untuk mengetahui permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan.

b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari data historis yang mencakup data historis penjualan. Data penelitian ini berguna untuk meminimalkan biaya oprasional perusahaan.

2.2.2 Metode Pengumpulan Data

Adapun metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

a. Studi literatur

Studi literatur merupakan suatu metode yang dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dan landasan teoritis dalam menganalisis data dan permasalahan sebagai bahan pertimbangan dalam penulisan tugas akhir ini. Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi dari internet, buku serta penelitian terdahulu mengenai optimalisasi rantai pasok dengan menggunakan metode MILP.

b. Observasi

Observasi merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara survei atau pengamatan langsung ke objek penelitian untuk mengetahui kondisi perusahaan.

c. Wawancara

Wawancara merupakan metode pengumpulan data yang digunakan untuk memperoleh informasi secara langsung. Wawancara dilakukan dengan cara melakukan diskusi secara langsung, kepada pemilik perusahaan atau orang yang ahli pada perusahaan yang dapat membantu menyelesaikan masalah dalam penelitian ini dalam rangka memperoleh data dan informasi yang berkaitan dengan pengendalian persediaan perusahaan.

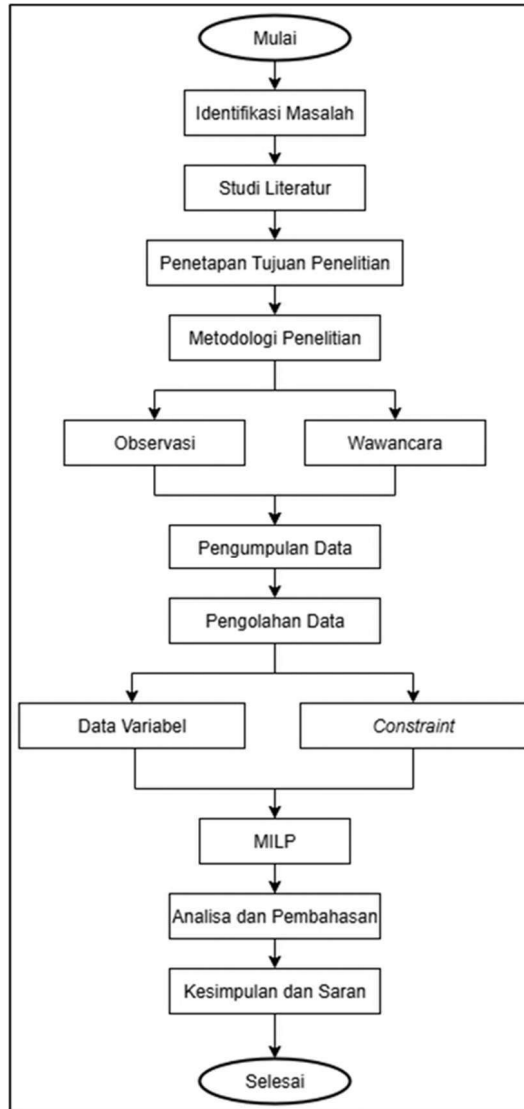
2.2.3 Metode Analisis Data

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat diurutkan sebagai berikut:

- a. Tahap awal penelitian meliputi:
 - 1) Menentukan topik penelitian yang akan dilakukan berdasarkan kebutuhan perusahaan
 - 2) Menentukan rumusan masalah pada penelitian
 - 3) Menentukan tujuan penelitian
 - 4) Menentukan batasan masalah
- b. Mengumpulkan studi literatur sebagai pendukung landasan teori untuk menentukan metode pemecahan masalah.
- c. Tahap pengambilan dan pengumpulan data, pada tahap ini menyangkut pengambilan dan pengumpulan data dengan menggunakan observasi dan wawancara.
- d. Tahap pengolahan data dan analisis, yaitu tahap dimana data-data yang telah terkumpul diolah dan dianalisis dengan pengembangan model matematis menggunakan metode *Mixed Integer Linear Programming* dan menggunakan bahasa pemrograman CPLEX.
- e. Tahap akhir, yaitu penarikan kesimpulan terhadap hasil yang didapat sebagai saran untuk perusahaan PT.XYZ.

2.3 *Flowchart* Penelitian

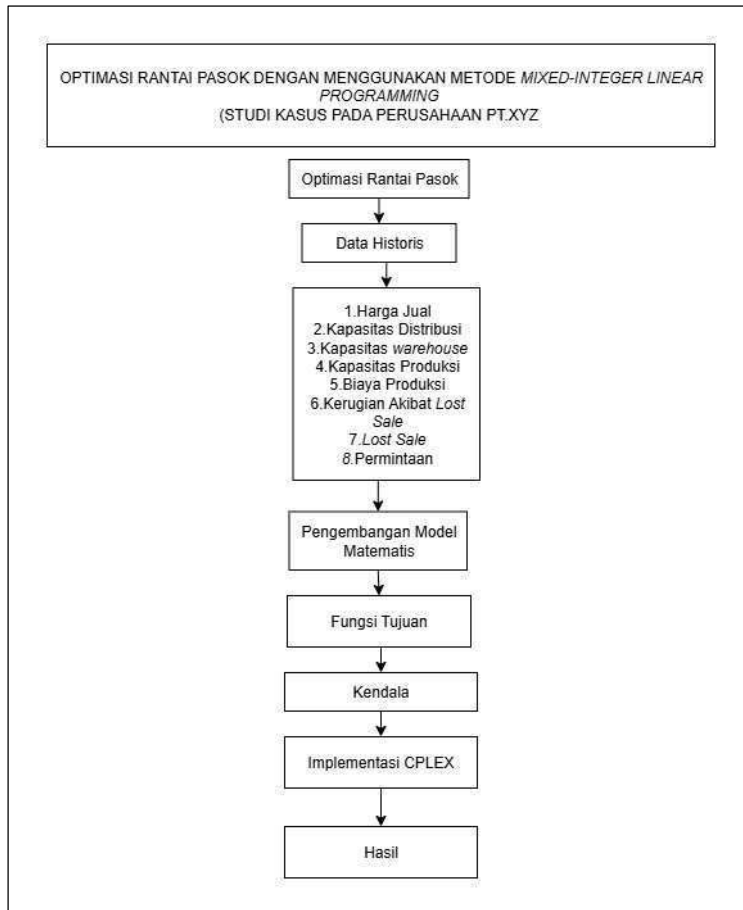
Diagram alir penelitian merupakan salah satu cara bagi penulis untuk melakukan penelitian secara baik dan sistematis. Berikut merupakan alur penelitian yang dijabarkan dalam bentuk *flowchart* pada gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

2.4 Kerangka Pikir

Kerangka pemikiran berfungsi untuk menjelaskan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti serta membantu penulis dalam menyusun karya tulis secara lebih terstruktur dan mudah diselesaikan. Kerangka pemikiran dalam penelitian ini disusun sebagai berikut:



Gambar 2. Kerangka berpikir