

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

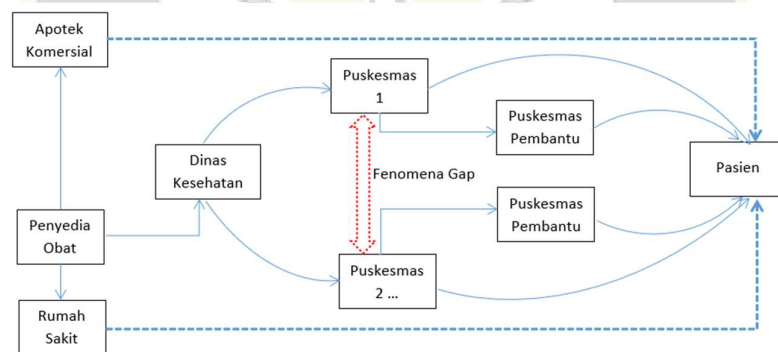
Setiap warga negara memiliki hak untuk memperoleh kehidupan yang layak, termasuk akses terhadap pelayanan kesehatan. Upaya peningkatan derajat kesehatan merupakan tanggung jawab bersama seluruh elemen bangsa yang dilaksanakan melalui prinsip pemberdayaan dan kemandirian, berlandaskan keadilan dan pemerataan. Selain itu, peningkatan kesehatan diarahkan untuk menumbuhkan kesadaran, kemauan, serta kemampuan masyarakat dalam menerapkan pola hidup sehat, sehingga dapat tercapai tingkat kesehatan masyarakat yang optimal. Kondisi kesehatan masyarakat tersebut memiliki keterkaitan yang erat dengan tingkat kesejahteraan sosial secara keseluruhan (López Vila et al., 2023; WHO, 2020; Maben dkk, 2021; Longobardo dkk, 2021). Obat sebagai salah satu penunjang pelayanan kesehatan sangat berpengaruh sekali terhadap terjaminnya kualitas kesehatan masyarakat (Köse et al., 2022; WHO, 2018), karena berfungsi sebagai sarana utama dalam upaya intervensi terhadap berbagai permasalahan kesehatan (Iacocca dkk, 2022; Jafarzadeh dkk, 2021; Moosivand dkk, 2021).

Akurat, efektif dan efisien menjadi kunci dalam keberhasilan pendistribusian obat, hal ini sejalan dengan prinsip dasar rantai pasok sistem informasi (Yuan dkk, 2020; Tarigan dan Siagian, 2021; Lin dan Chang, 2021). Proses pengelolaan obat harus dilaksanakan dengan akurat sesuai dengan ketentuan yang berlaku (Efrilianda et al., 2021). Apabila salah satu proses pengelolaan obat tidak berjalan dengan baik akan mengakibatkan adanya obat yang tidak tersedia dengan jenis dan jumlah obat tertentu serta akan diperoleh dalam waktu yang lama (Permenkes16, 2013; Depkes, 2014). Distribusi obat merupakan tahapan krusial dalam sistem pelayanan kesehatan yang berperan menjaga efektivitas, keamanan, dan kualitas obat, sehingga mutu produk tetap terpelihara hingga sampai kepada pasien atau masyarakat. Dengan demikian, kualitas obat yang diterima oleh pasien diharapkan setara dengan mutu obat yang diproduksi dan dilepas oleh industri farmasi (Martín dan Pharma, 2000; Tepolt dkk, 2021).

Efektivitas pengelolaan dan pendistribusian obat sangat penting untuk memastikan persediaan tersedia dalam jumlah yang tepat dan pada waktu yang sesuai, sehingga kebutuhan pelayanan kesehatan dapat terpenuhi secara optimal tanpa pemborosan biaya. Pengelolaan yang baik membantu mencegah kekurangan maupun kelebihan stok yang dapat menimbulkan gangguan pada proses terapi (R. Kumar & Das, 2023). Perencanaan yang matang dan sistem distribusi yang efektif berperan besar dalam menjaga stabilitas persediaan. Melalui pendekatan yang terstruktur, proses ini dapat meningkatkan efisiensi operasional fasilitas kesehatan (Sanden dkk, 2021). Selain itu, pengendalian yang tepat dapat memperkuat keandalan rantai pasok obat. Langkah ini juga mendukung penggunaan sumber daya secara lebih bijak. Dengan demikian, efektivitas pengelolaan dan distribusi obat menjadi faktor penting dalam menjamin kelancaran layanan kesehatan lain (Daini dkk, 2021).

Distribusi obat harus dilakukan secara efisien dengan memastikan penyaluran obat sesuai dengan jenis dan kebutuhan masyarakat ke fasilitas distribusi lain yang memiliki rantai pasokan khusus berdasarkan pada peraturan perundang-undangan yang berlaku (Permenkes16, 2013; Depkes, 2014), termasuk pendistribusian obat keras yang harus ditangani dengan cara khusus (Sanden dkk, 2021; Yue dan He, 2021). Proses bisnis dalam rantai pasok distribusi obat memiliki karakteristik yang khas dan tidak dapat disamakan dengan sistem distribusi pada komoditas lainnya (Daini dkk, 2021; Shweta dan Kumar 2021), Hal tersebut disebabkan oleh peran obat sebagai salah satu indikator utama dalam pengendalian dan penekanan laju peningkatan angka kesakitan yang, apabila tidak tertangani dengan baik, dapat berujung pada peningkatan risiko kematian (Longobardo dkk, 2021; Jafarzadeh dkk, 2021). Dalam menghadapi fenomena tersebut, diperlukan langkah strategis yang tepat agar dampak yang ditimbulkan dapat dikelola secara efektif. Salah satu solusi yang diusulkan adalah pengembangan model kerangka kerja yang mampu merepresentasikan alur proses rantai pasok sekaligus menjadi dasar dalam sistem distribusi obat, sehingga keseluruhan proses dapat disederhanakan dan berjalan lebih efisien (Ahmad dkk, 2022; Bastani dkk, 2021).

Proses rantai pasok distribusi obat dapat diinterpretasikan dengan menggunakan model untuk mengetahui proses bisnis yang berlangsung (Russell dan Capece, 2022). Penelitian inovasi pelayanan dalam rantai pasok telah menunjukkan minat yang meningkat pada konsep inovasi dan sekarang telah mencapai kemajuan untuk menciptakan dasar teori yang kuat. Inovasi pelayanan memberikan penawaran model baru dalam proses bisnis distribusi obat untuk membentuk dan menciptakan model yang dapat menyederhanakan rantai pasok distribusi obat (Gustafsson dan Witell, 2020). Model merupakan tiruan dari proses yang disusun untuk mempelajari aktifitas dan karakteristik yang terjadi pada keadaan nyata, sehingga model merupakan gambaran abstrak dari suatu entitas (López Vila et al., 2023; Tridalestari dkk, 2021). Hasil analisis proses rantai pasok distribusi obat yang dilakukan memiliki sejumlah asumsi yang berkaitan dengan proses distribusi atau struktur proses distribusi maupun masukan dan keluaran dalam proses distribusi obat, sehingga proses distribusi obat dapat dilihat secara menyeluruh dan sederhana (Schulte dkk, 2022; Madlmeir dkk, 2021), ilustrasi mengenai kondisi tersebut disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Rantai Pasok Distribusi Obat

Berdasarkan kondisi kelembagaan dan peran di Dinas Kesehatan Kabupaten Demak, rantai pasok distribusi obat terbagi dalam empat tingkatan (4 tier supply chain) yang melibatkan berbagai pelaku dengan peran yang saling mendukung. Pada Tier 1, pasien atau masyarakat menjadi konsumen akhir yang menerima dan menggunakan obat yang disalurkan melalui fasilitas kesehatan. Tier 2 mencakup fasilitas pelayanan kesehatan seperti Puskesmas, RSUD, klinik, dan

apotek yang bertanggung jawab untuk mendistribusikan obat kepada pasien, mencatat pemakaian, serta melaporkan kebutuhan obat kepada Dinas Kesehatan. Tier 3 adalah Instalasi Farmasi Kabupaten (IFK) yang berfungsi sebagai pusat logistik obat di tingkat kabupaten; IFK menerima pasokan obat dari PBF, menyimpannya, serta mengatur dan menyalurkan obat ke fasilitas kesehatan. Sementara itu, pada Tier 4, PBF (Pedagang Besar Farmasi) atau distributor farmasi, serta produsen obat, berperan dalam menyediakan dan mengirimkan obat sesuai dengan kontrak pengadaan kepada IFK. Struktur rantai pasok tersebut menggambarkan alur pergerakan obat dari sisi hulu hingga ke hilir yang saling terintegrasi, dengan tujuan menjamin ketersediaan obat secara tepat waktu dan sesuai dengan kebutuhan pada tingkat pelayanan kesehatan (Permenkes, 2016; BPPOM25, 2025; Permenkes, 2014).

Pendistribusian obat selama ini telah dilakukan dengan sistem *dropping* setelah adanya permintaan melalui formulir kerja Laporan Pemakaian dan Lembar Permintaan Obat (LPLPO) ke bagian farmasi dalam rentang waktu tertentu. Pengiriman dilakukan menggunakan sistem pendistribusian secara khusus dan eksklusif karena harus diawasi secara ketat oleh Badan Pengawas Peredaran Obat (Kumar dan Das 2023), ada obat yang diedarkan secara bebas, ada obat yang didistribusikan dengan sistem bebas terbatas bahkan ada beberapa obat yang didistribusikan dengan cara terbatas (Beetsma dkk, 2021; Efrilianda dan Aulia, 2021; Zahiri dan Jula, 2018)). Namun demikian, terdapat kendala yang perlu diantisipasi, yaitu: (1) ketika suatu pusat kesehatan masyarakat mengalami kekurangan jenis obat tertentu, fasilitas tersebut tidak memiliki mekanisme untuk melakukan permintaan obat secara langsung kepada pusat kesehatan masyarakat lainnya; (2) petugas mengalami hambatan penggunaan aplikasi sistem untuk pencatatan dan pelaporan kebutuhan obat secara sistematis; (3) Data permintaan obat dan penggunaan tidak selalu *up to date*; (4) proses pelaporan dilakukan secara manual dan tertunda; (5) Ditambah dengan belum tersedianya standar sistem kerangka kerja untuk mengakomodir pemantauan kebutuhan secara *real time* dalam mengatur masalah pendistribusian obat sehingga memperbesar kemungkinan ketersediaan obat tidak terpenuhi.

Melihat fakta peningkatan tentang perkembangan trend penelitian saat ini yang mengarah pada pengembangan optimasi pelayanan (Biørn-Hansen dkk, 2019; Maza dkk, 2020) dan melibatkan pakar (Sharif dkk, 2019; Dhanalakshmi dkk, 2021; Liu dkk, 2021; Zisad dkk, 2021) guna memastikan ketersediaan obat dapat terpenuhi secara optimal dengan mengacu pada prinsip-prinsip fundamental rantai pasok berbasis sistem informasi (Mustafid, 2015), maka pada penelitian pengembangan model kerangka kerja distribusi obat ini melibatkan secara langsung pakar dibidang farmasi klinis dan komunitas, pakar farmasi industri dan pakar framakoekonomi. Pendapat, saran dan gagasan dari pakar farmasi akan dimasukkan kedalam model kerangka kerja dengan pendekatan *rule based expert system*.

Metode pendekatan *rule based expert system* sangat cocok digunakan dalam penelitian ini, karena dapat mengadopsi pengetahuan pakar farmasi kedalam sebuah model sebagai masukan untuk setiap variabel sebelum diproses secara *machine learning* (Mufadhol dkk, 2021; Liu dkk, 2021), bahkan melalui metode pendekatan *rule based expert system* memungkinkan pakar terlibat secara langsung dalam penelitian (Naser dkk, 2016; Yunfei dan Jichuan, 2016; Bröder dkk, 2017; Örucü dan Selek, 2020; Sanz dkk, 2021; Arnby dkk, 2008). Selain itu penelitian pengembangan model kerangka kerja baru dapat menjadikan transaksi dan pengawasan pendistribusian obat dilakukan secara *online* dan *realtime* (Biørn-Hansen dkk, 2019; Maza dkk, 2020).

Algoritma AutoMLP (*Automated Multilayer Perceptron*) merupakan salah satu algoritma dalam ranah *machine learning* yang dirancang untuk mempelajari hubungan antara data masukan dan data keluaran melalui pembentukan suatu fungsi pemetaan. Arsitektur AutoMLP tersusun atas beberapa lapisan jaringan, yang meliputi lapisan masukan, lapisan tersembunyi, dan lapisan keluaran (Sachdeva dan Kumar 2021; Afrifa dkk, 2022). Keuntungan dari AutoMLP adalah menghilangkan kombinasi arsitektur secara manual, sehingga dapat menghemat waktu dalam kinerja *machine learning*. Selain itu, AutoMLP juga menghasilkan luaran yang lebih baik, karena algoritma AutoMLP dapat menemukan arsitektur jaringan yang lebih kompleks dan efektif daripada yang dapat ditemukan manusia (Kim dkk, 2022; Toma 2023).

Uji kelayakan model kerangka kerja rantai pasok distribusi obat menggunakan *machine learning* merupakan langkah penting untuk memastikan bahwa kerangka kerja distribusi obat tetap berfungsi dengan baik dan sesuai dengan harapan dalam mengimplementasikan solusi pada lingkungan nyata (Dipietrangelo dkk, 2022). Penggunaan *machine learning* untuk menguji kelayakan model kerangka kerja rantai pasok distribusi obat akan memberikan manfaat yang signifikan dalam layanan kesehatan khususnya rantai pasok distribusi obat (Roy dan Saha, 2022; Thakur dan Han 2021; Yan dkk. 2022; Toma 2023). Validasi dan uji kelayakan model ini akan menjadi langkah awal dalam mengimplementasikan kerangka kerja distribusi obat yang cerdas dan berbasis data serta dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan oleh setiap unit kerja (Vu dkk, 2022; Özen Kavaz dkk, 2023). Hasil dari penelitian ini berupa model kerangka kerja baru berbasis *expert system* dengan menggunakan pendekatan *rule based expert system* dan algoritma *AutoMLP* yang dapat menyederhanakan pendistribusian obat secara efektif dan efisien.

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan utama yang menjadi fokus kajian dalam penelitian ini meliputi beberapa aspek berikut:

- a) Belum memiliki mekanisme yang memungkinkan pengajuan permintaan obat secara langsung kepada pusat kesehatan masyarakat lain.
- b) Petugas masih menghadapi kendala dalam melakukan pencatatan dan pelaporan kebutuhan obat secara terstruktur dan sistematis.
- c) Data terkait permintaan dan pemanfaatan obat belum selalu tersedia dalam kondisi mutakhir.
- d) Proses pelaporan masih dilaksanakan secara manual sehingga sering mengalami keterlambatan.
- e) Belum adanya standar kerangka kerja sistem yang mampu mendukung pemantauan kebutuhan secara real-time dalam pengelolaan distribusi obat berpotensi meningkatkan risiko tidak terpenuhinya ketersediaan obat.

1.3 Rumusan Masalah

Masih terdapat kemungkinan tidak terpenuhinya ketersediaan obat jenis tertentu pada salah satu Pusat Kesehatan Masyarakat, yang berpotensi meningkatkan risiko terhadap pasien. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan model kerangka kerja dalam proses pendistribusian obat dengan menggunakan pendekatan *rule based expert system* dan algoritma AutoMLP agar distribusi obat menjadi lebih sederhana, efektif, dan mampu menjamin ketersediaan obat di tingkat pelayanan kesehatan.

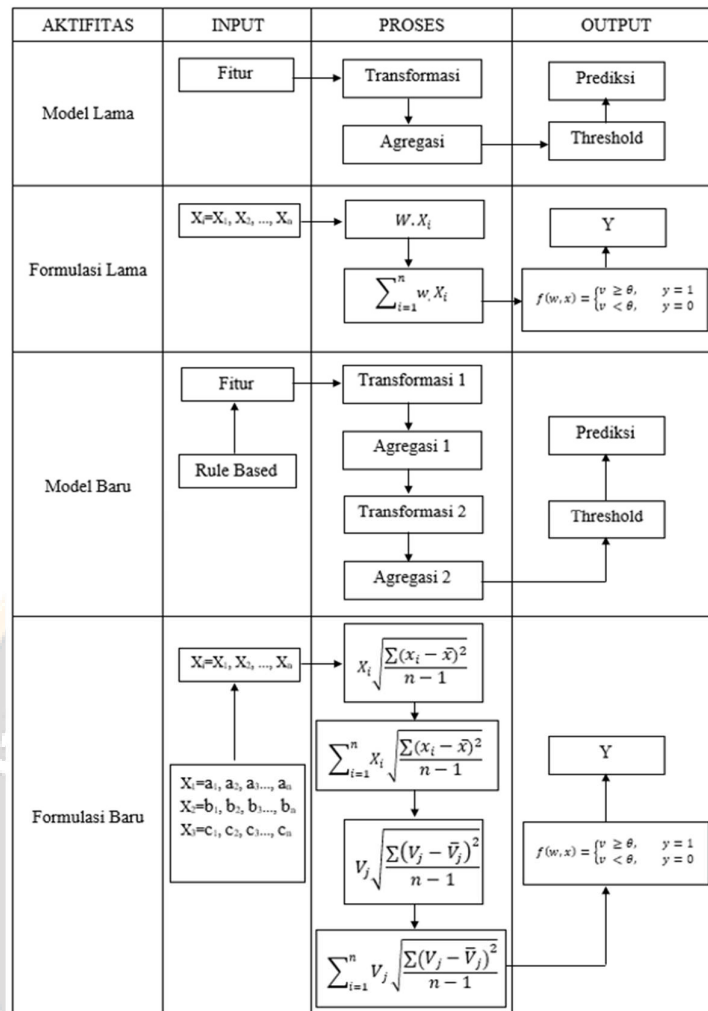
1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian pengembangan model rantai pasok distribusi obat dengan menggunakan *rule based expert system* dan algoritma AutoMLP yang dilakukan pada lingkungan Dinas Kesehatan Kabupaten Demak mempunyai tujuan:

1. Mengembangkan suatu model yang dapat dibuat sebagai kerangka kerja dalam sistem pendistribusian obat.
2. Menggabungkan pengetahuan pakar farmasi sebagai input awal pada algoritma AutoMLP dengan menggunakan pendekatan *Rule Based Expert System*.
3. Mengintegrasikan formulasi standart deviasi sebagai nilai bobot setiap proses yang terjadi pada algoritma AutoMLP
4. Memastikan tingkat kebutuhan transaksi permintaan obat secara langsung setiap unit dengan menggunakan algoritma AutoMLP.

1.5 Kebaruan Penelitian

Penelitian rantai pasok distribusi obat ini, dapat mengisi *research gap* dengan memperkenalkan pendekatan baru yang menggabungkan pendekatan *Rule Based* dengan AutoMLP yang berbasis *standart deviasi* (simpangan baku). Model analitika pendekatan *Rule Based Expert System* dan algoritma AutoMLP secara terintegrasi dapat dikembangkan untuk membuat model rantai pasok distribusi obat berdasarkan pada fenomena yang baru dalam layanan ketersediaan obat, sehingga menghasilkan model yang valid dan konsisten. Integrasi model analitika ini bisa dilihat seperti pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Perbandingan Model lama dengan Model Baru

Kebaruan ini juga dapat dilihat dalam kemampuan model untuk secara otomatis mengoptimalkan parameter, yang mengurangi kebutuhan untuk intervensi manual dan memungkinkan model untuk lebih efisien menangani data dalam jumlah besar dan kompleks. Dengan demikian, penelitian ini tidak sekadar melengkapi celah dalam pemanfaatan kombinasi teknik yang ada, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan model yang memiliki tingkat efisiensi dan ketangguhan yang lebih tinggi untuk mendukung berbagai aplikasi yang menuntut akurasi tinggi. Perbandingan model lama dengan model baru terletak pada jumlah transformasi dan agregasi didalam proses algoritma AutoMLP serta

integrasi simpangan baku (*standart deviasi*) pada model baru sebagai bobot. Penelitian ini telah berhasil mengatasi research gap yang ada dengan menawarkan pendekatan baru dan inovatif yang menggabungkan rule based dan algoritma AutoMLP. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menawarkan pendekatan untuk mengatasi permasalahan yang belum dapat diselesaikan secara optimal oleh metode-metode terdahulu, tetapi juga menghadirkan unsur kebaruan yang memberikan peluang pengembangan model baru dalam sistem rantai pasok distribusi obat. Perbandingan hasil performa dapat dilihat seperti pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Perbandingan Performa Kinerja Model.

Peneliti	Metode	Performa Model (%)			
		Accuracy	Precision	F1-Score	Recall
Chae-Yeon Kim et al., 2022	AI-BARD and PORAS	96,30	98,50	96,90	95,30
Mahdi Pourmirzaei et al., 2023	DL, DNN and SVM	81,98	87,86	90,20	92,53
Ahmed Shihab et al., 2023	C4.5, Naïve Bayes and Logistic Regression	87,30	89,00	88,19	87,41
Jinlei Liu et al., 2023	MOPS and Artiicial neural network (ANN)	86,72	71,38	76,74	82,96
Mufadhol	Rule Based and AutoMLP	98,39	96,88	98,41	100

Meskipun metode-metode ini menunjukkan kinerja yang baik, mereka sering kali menghadapi kesulitan dalam membuat prediksi dengan mempertimbangkan aturan tertentu yang ada dalam domain spesifik, atau bahkan memerlukan suatu proses tuning yang rumit. Selain itu, beberapa penelitian juga terkendala oleh kesulitan dalam mengintegrasikan berbagai metode pembelajaran mesin secara efektif, meskipun metode seperti AI-BARD dan PORAS telah memberikan hasil yang cukup baik (C. Y. Kim et al., 2022), terdapat kesenjangan dalam mencapai keseimbangan performa akurasi, precision, dan F1-Score, hal ini dialami juga pada penerapan metode MOPS and Artiicial neural network (ANN) (J. Liu et al., 2023). Banyak studi yang telah dilakukan di bidang ini cenderung fokus

pada penerapan algoritma tradisional seperti C4.5, Naïve Bayes, dan Logistic Regression (Shihab *et al.*, 2023), atau pada metode pembelajaran mendalam seperti *Deep Learning* (DL) dan *Support Vector Machine* (SVM) (Pourmirzaei *et al.*, 2023).

Kebaruan lainnya terletak pada pencapaian hasil kinerja yang lebih unggul dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu yang menggunakan metode yang lebih konvensional. Misalnya, penelitian ini mencatatkan Accuracy 98.39%, Precision 96.88%, dan F1-Score 98.41%, yang melebihi hasil yang diperoleh oleh Chae-Yeon Kim *et al.* (2022) yang menggunakan AI-BARD dan PORAS dengan nilai precision 98.50%, tetapi dengan F1-Score yang lebih rendah. Ini menunjukkan bahwa metode Rule-Based dan AutoMLP mampu menawarkan keseimbangan yang lebih baik antara presisi dan pengambilan keputusan yang dapat diterima.

1.6 Pembatasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada perancangan model prediktif untuk menilai kelayakan distribusi obat pada lingkungan Dinas Kesehatan, dengan menggunakan pendekatan *rule based expert system* sebagai tahap awal pembentukan fitur masukan serta algoritma AutoMLP sebagai kerangka analisis berbasis pembelajaran mesin. Data yang dianalisis dalam penelitian ini bersifat privat dan tidak tersedia untuk akses publik.

1.7 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian pengembangan model rantai pasok distribusi obat dengan penerapan metode *rule based expert system* dan algoritma AutoMLP mencakup beberapa aspek utama, antara lain:

1. Proses rantai pasok distribusi obat pada Dinas Kesehatan Kabupaten Demak dapat dilihat secara menyeluruh melalui model kerangka kerja yang telah dikembangkan berdasarkan proses rantai pasok distribusi obat secara nyata.
2. Dapat mengetahui tingkat kepastian kebutuhan transaksi permintaan obat secara langsung antar Puskesmas dengan metode *Rule Based Expert System*.
3. Dapat menguji kelayakan model kerangka kerja rantai pasok distribusi obat secara *machine learning* menggunakan algoritma AutoMLP.

1.8 Sistematika Penulisan

Disertasi ini ditulis dan disusun ke dalam lima bab utama dengan sistematika sebagai berikut:

1. Bab I memuat uraian pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang penelitian, perumusan dan identifikasi permasalahan, tujuan serta manfaat penelitian, aspek kebaruan yang diusulkan, batasan penelitian, dan sistematika penyusunan laporan.
2. Bab II memuat kajian pustaka dan landasan teori yang mendukung penelitian, meliputi *supply chain*, sistem informasi rantai pasok, *rule based expert system*, algoritma AutoMLP, dan metode validasi LOOCV.
3. Bab III menjelaskan metode penelitian yang digunakan, meliputi perancangan model, proses pengumpulan dan pengolahan data, serta tahapan proses pemodelan dan evaluasi.
4. Bab IV memaparkan hasil penelitian dan analisis, mencakup evaluasi kinerja model, implementasi sistem, serta pembahasan temuan yang diperoleh.
5. Bab V menyajikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian. Selain itu, bab ini juga memberikan rekomendasi yang dapat digunakan sebagai acuan bagi penelitian lanjutan maupun pengembangan model di masa mendatang.