

**PERANCANGAN RUTE DISTRIBUSI DARAH MENGGUNAKAN
ALGORITMA GENETIKA DAN *DEEP LEARNING* UNTUK
MENGURANGI KETERLAMBATAN STUDI KASUS PMI
KABUPATEN MALANG**

PROPOSAL TESIS

Disusun Oleh:
RISMA NURIZZA SAPUTRI
202012320005



**Universitas
Telkom**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS REKAYASA INDUSTRI
UNIVERSITAS TELKOM
BANDUNG
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN RUTE DISTRIBUSI DARAH MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA DAN *DEEP LEARNING* UNTUK MENGURANGI KETERLAMBATAN STUDI KASUS PMI KABUPATEN MALANG

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik
Dari Program Studi Teknik Industri

Disusun Oleh:

RISMA NURIZZA SAPUTRI

202012320005



**Universitas
Telkom**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS REKAYASA INDUSTRI
UNIVERSITAS TELKOM
BANDUNG
2025**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Judul:

**PERANCANGAN DISTRIBUSI MENGGUNAKAN ALGORITMA
GENETIKA UNTUK MENGURANGI KETERLAMBATAN SERTA
MEMPERTIMBANGKAN *SUSTAINABILITY* STUDI KASUS PMI
KABUPATEN MALANG**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Magister Teknik
Program Studi Teknik Industri

Disusun Oleh:

**Risma Nurizza Saputri
202012320005**

Telah Disetujui pada Seminar Proposal Tesis
Program Studi Magister Teknik Industri
Fakultas Rekayasa Industri Universitas Telkom

Bandung, 7 Maret 2025

Disetujui Oleh,
Pembimbing I

Yudha Prambudia, S.T. M.Sc. Ph.D
NIP. 22750002

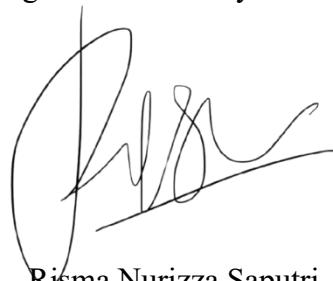
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS



Nama : Risma Nurizza Saputri
NIM : 202012320005
Alamat : JL. Hamid Rusdi, Malang, Jawa Timur
No. HP : 085325008028
Email : rismanurizza123@gmail.com

Dengan ini saya, Risma Nurizza Saputri, menyatakan bahwa Tesis dengan judul “Perancangan Rute Distribusi Darah Menggunakan Algoritma Genetika Dan Deep Learning Untuk Mengurangi Keterlambatan Studi Kasus PMI Kabupaten Malang” adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan kecuali melalui pengutipan sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Saya bersedia menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam Tesis saya ini.

Bandung, 7 Maret 2025
Yang Membuat Pernyataan



Risma Nurizza Saputri

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadiratan Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tesis dengan judul “Perancangan Rute Distribusi Darah Menggunakan Algoritma Genetika Dan *Deep Learning* Untuk Mengurangi Keterlambatan Studi Kasus PMI Kabupaten Malang”. Tujuan penulisan Proposal Tesis ini yaitu untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan jenjang pendidikan S-2 Program Studi Magister Teknik, Fakultas Teknik Industri, Universitas Telkom. Dalam penelitian ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, kritik, saran, dan motivasi yang sangat besar dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Yudha Prambudia, S.T., M.Sc, Ph.D., selaku dosen pembimbing, yang selalu memberikan masukan, bimbingan, saran, serta waktu untuk membantu penulis dalam melakukan penelitian ini.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Achmad Suhendra, M.T. dan Ibu Dr. Iphov Kumala Sriwana S.T., M.Si., IPM., selaku dosen penguji yang memerikan arahan serta masukan untuk kesempurnaan dalam penelitian ini.
3. Keluarga tercinta ayah Dikan, ibu Wiwik Nurhayati dan adik Riskha Mittathul Nur Janah Saputri, yang selalu memberikan dukungan moral dan motivasi selama penulis melakukan penelitian ini.
4. Ibu Indar dan Mas Richi, selaku karyawan PMI (Palang Merah Indonesia) Kab. Malang yang telah mengizinkan, membimbing, mengajarkan dan memberikan data-data terkait penelitian hingga terciptanya penulisan Proposal Tesis.
5. Odi dan Citra, selaku sahabat penulis yang selalu siap sedia menemani dan memberikan motivasi untuk tetap bersemangat. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dan memberikan bantuan serta dukungan selama penulis melakukan penelitian tesis.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis berharap semoga segala kekurangan yang ada pada tesis ini dapat dijadikan bahan pembelajaran untuk penelitian yang lebih baik dimasa yang akan datang.

ABSTRAK

Distribusi darah yang optimal merupakan tantangan utama bagi Palang Merah Indonesia (PMI) Kabupaten Malang karena sifat darah yang mudah rusak dan masa simpan yang terbatas. Keterlambatan dalam pengiriman dapat mengurangi efektivitas pasokan darah, meningkatkan risiko pemborosan, dan meningkatkan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk merancang rute distribusi darah optimal menggunakan pendekatan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan *Genetic Algorithm* (GA) serta membandingkannya dengan metode *Deep Learning* (DL) untuk meningkatkan efisiensi distribusi.

Penelitian ini dilakukan dengan studi kasus pada PMI Kabupaten Malang, menggunakan data Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) dan unit transfusi darah (UTD), permintaan darah, armada transportasi, jarak antar lokasi, waktu tempuh, biaya operasional, dan emisi karbon.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Genetic Algorithm* (GA) mampu menghasilkan solusi rute distribusi optimal dengan efisiensi waktu dan biaya yang lebih baik dibandingkan metode konvensional. Sementara itu, model *Deep Learning* (DL) memberikan prediksi yang lebih akurat dalam menentukan pola distribusi darah berdasarkan data historis, sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perencanaan distribusi jangka panjang. Evaluasi perbandingan antara GA dan DL menunjukkan bahwa masing-masing metode memiliki keunggulan tersendiri dalam aspek tertentu, dan kombinasi keduanya dapat menghasilkan sistem distribusi darah yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem distribusi darah yang lebih efisien dengan pendekatan berbasis kecerdasan buatan dan optimasi metaheuristik. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi PMI Kabupaten Malang dalam meningkatkan layanan distribusi darah secara cepat, hemat biaya, dan ramah lingkungan.

Kata kunci: Distribusi darah, *Vehicle Routing Problem* (VRP), *Genetic Algorithm* (GA), *Deep Learning* (DL), Optimasi rute, *Green distribution*.

ABSTRACT

Optimal blood distribution is a major challenge for the Indonesian Red Cross (PMI) Malang Regency due to the perishable nature of blood and its limited shelf life. Delays in delivery can reduce the effectiveness of blood supply, increase the risk of waste, and increase operational costs. This study aims to design the optimal blood distribution route using the Vehicle Routing Problem (VRP) approach with the Genetic Algorithm (GA) and compare it with the Deep Learning (DL) method to improve distribution efficiency.

This research was conducted with a case study on PMI Malang Regency, using data from Hospital Blood Banks (BDRS) and blood transfusion units (UTD), blood demand, transportation fleet, distance between locations, travel time, operational costs, and carbon emissions.

The results show that the Genetic Algorithm (GA) method is able to produce an optimal distribution route solution with better time and cost efficiency than conventional methods. Meanwhile, the Deep Learning (DL) model provides more accurate predictions in determining blood distribution patterns based on historical data, so that it can be used as a tool in long-term distribution planning. A comparative evaluation between GA and DL shows that each method has its own advantages in certain aspects, and the combination of the two can result in a more effective and sustainable blood distribution system.

This research contributes to the development of a more efficient blood distribution system with an artificial intelligence-based approach and metaheuristic optimization. The results of the research are expected to be a recommendation for PMI Malang Regency in improving blood distribution services quickly, cost-effectively, and environmentally friendly..

Keywords: ***Blood distribution, Vehicle Routing Problem (VRP), Genetic Algorithm (GA), Deep Learning (DL), Route optimization, Green distribution.***

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Gambaran Umum Objek Penelitian	1
I.2 Latar Belakang.....	10
I.3 Rumusan Masalah.....	16
I.4 Tujuan	16
I.5 Manfaat Penelitian	17
I.6 Batasan dan Asumsi	17
I.6.1 Batasan	17
I.6.2 Asumsi.....	18
I.7 Sistematika Penulisan.....	18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	20
II.1 <i>Blood Supply Chain</i>	20
II.1.1 <i>Collection Blood</i>	23
II.1.2 <i>Production</i>	23
II.1.3 Distribusi dan Transportasi	25
II.1.4 <i>Green Logistic</i> untuk Distribusi Darah	26
II.2 <i>Vehicle Routing Problem (VRP)</i>	26
II.2.1 <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i>	27
II.2.2 <i>Vehicle Routing Problem with Time Window</i>	28
II.3 Algoritma Genetika.....	28

II.4 <i>Artificial Intelligence</i>	30
II.4.1 <i>Mechine Learning</i>	31
II.4.2 <i>Deep Learning</i>	32
II.5 Penelitian Terdahulu.....	34
II.6 Kerangka Pemikiran.....	38
II.8 Ruang Lingkup Penelitian	41
II.9 Posisi Penelitian.....	43
II.10 Kaitan Topik Penelitian dengan SDGs	51
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	54
III.1 Jenis Penelitian.....	54
III.2 Sistematika Penyelesaian Masalah	54
III.2.1 Deskripsi Tahapan Pendahuluan	58
III.2.2 Deskripsi Tahapan Pengumpulan Data	58
III.2.3 Deskripsi Tahapan Pengelolaan Data.....	62
III.2.4 Deskripsi Analisis	63
III.2.5 Deskripsi Kesimpulan dan Saran.....	64
III.3 Formulasi Rancangan Model Matematika.....	64
III.4 Rencana Jadwal Penelitian	69
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN A	xiii
LAMPIRAN B	xvii

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Lokasi PMI Kabupaten Malang	2
Gambar I. 2 Aliran operasional rantai pasok darah PMI Kab. Malang.....	2
Gambar I. 3 Pengolahan Komponen Darah	4
Gambar I. 4 Wilayah permintaan darah	6
Gambar I. 5 Alur pengumpulan dan pengolahan darah.....	7
Gambar I. 6 Alur permintaan dan distribusi darah.....	8
Gambar I. 7 Perolehan darah, permintaan, pemenuhan	10
Gambar I. 8 Peta wilayah distribusi BDRS dan UTD.....	12
Gambar I. 9 Total trip PMI Kab. Malang 2023	12
Gambar I. 10 Rata-rata waktu pengiriman dan keterlambatan	13
Gambar I. 11 Faktor terlambat pengiriman	13
Gambar II. 1 Proses dan aliran produk serta informasi rantai pasokan darah....	21
Gambar II. 2 Perencanaan Supply Chain Blood	22
Gambar II. 3 Vehicle Routing Problem.....	27
Gambar II. 4 Langkah-langkah algoritma Genetika	29
Gambar II. 5 Machine Learning Applications.....	32
Gambar II. 6 Deep Learning Applications	33
Gambar II. 7 Studi komprehensif penelitian blood supply chain.....	35
Gambar II. 8 Kerangka berpikir	38
Gambar II. 9 Ruang lingkup penelitian.....	41
Gambar III. 1 Bagan alir penyelesaian masalah (tahap pendahuluan).....	55
Gambar III. 2 Bagan alir penyelesaian masalah lanjutan (tahap pengumpulan data).....	55
Gambar III. 3 Bagan alir penyelesaian masalah lanjutan (tahap pengolahan data)	56
Gambar III. 4 Bagan alir penyelesaian masalah lanjutan (tahap pengolahan data lanjutan).....	57
Gambar III. 5 Bagan alir penyelesaian masalah lanjutan (tahap analisis dan kesimpulan & saran)	58
Gambar III. 6 Flow pengambilan data di PMI Kabupaten Malang.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Penyimpanan jenis darah	5
Tabel I. 2 Jenis pemusnahan darah.....	9
Tabel II. 1 Metode dan Algoritma Penyelesaian Terdahulu	36
Tabel II. 2 Posisi penelitian.....	44
Tabel II. 3 Rencana jadwal penelitian	Error! Bookmark not defined.
Tabel III. 1 Jenis data	59

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

Istilah	Deskripsi	Halaman
		Pertama Kali Digunakan
Palang Merah Indonesia (PMI)	Lembaga sosial kemanusiaan yang netral dan mandiri yang bergerak dalam bidang sosial kemanusiaan untuk membantu sesama manusia tanpa membedakan latar belakang	1
Kepalangmerahan	Prinsip dasar gerakan Palang Merah dan Bulan Sabit Merah Internasional seperti kemanusiaan, kesetaraan dan kemandirian dalam memberikan bantuan tanpa diskriminasi	1
<i>Perishable</i>	Produk atau bahan yang memiliki masa umur pendek dan mudah rusak	1
Mobil Unit	Kendaraan yang digunakan untuk mendukung kegiatan donor darah baik pengambilan darah secara langsung ke pedonor maupun distribusi ke sejumlah fasilitas kesehatan	2
Komponen Darah	Bagian darah yang dipisahkan berdasarkan fungsinya	2
Filtrasi	Proses penyaringan untuk memisahkan partikel t dari cairan atau gas menggunakan media penyaring (filter)	3
<i>Droping</i>	Aktivitas pengantaran barang ke lokasi tertentu	4
Bank Darah Rumah Sakit (BDRS)	Unit yang berada di rumah sakit untuk menyimpan, memproses dan mendistribusikan darah serta komponennya	4
Unit Transfusi darah (UTD)	Lembaga yang bertugas mengelola pengambilan, pengolahan, penyimpanan, dan distribusi darah di wilayah tertentu, biasanya di bawah pengawasan PMI	4
<i>Blood Supply Chain (BSC)</i>	Rantai pasok yang mengelola alur darah dan komponennya (mulai dari donor, pengolahan, penyimpanan hingga distribusi)	8
<i>Crossover</i>	Dua solusi (kromosom) bertukar informasi untuk menciptakan solusi baru	22
Kromosom	representasi solusi potensial dari masalah yang sedang dipecahkan, biasanya berupa rangkaian gen	23
<i>Fitness</i>	Nilai atau ukuran yang menunjukkan seberapa baik solusi tertentu dalam memenuhi tujuan atau kriteria masalah	23
<i>Fitness Function</i>	Mengevaluasi kualitas atau kinerja suatu solusi	23
<i>Sustainable Development Goals (SGDs)</i>	17 tujuan global yang dicanangkan oleh PBB untuk mengatasi tantangan pembangunan, seperti pengentasan kemiskinan, perubahan iklim, dan peningkatan kesehatan	32

BAB I PENDAHULUAN

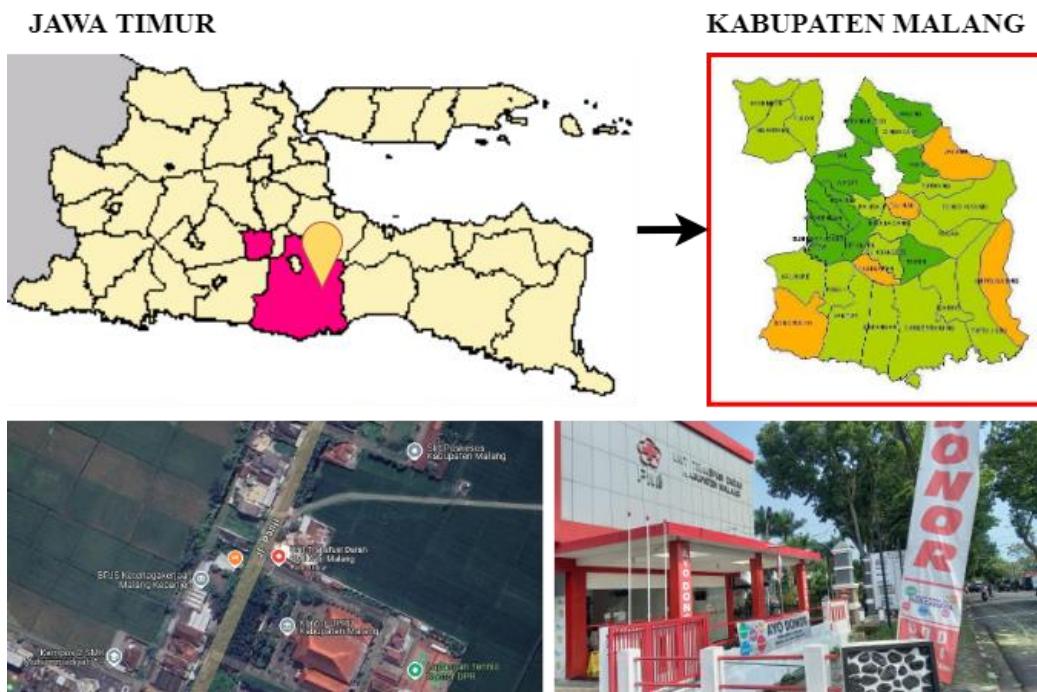
I.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Palang Merah Indonesia (PMI) merupakan organisasi kemanusiaan yang memiliki peran penting dalam bidang kesehatan khususnya dalam penyediaan darah, bantuan bencana, dan pelayanan kesehatan di Indonesia (PMI, 2024). Keberadaan PMI diatur dalam Undang-Undang No. 1 Tahun 2018 tentang Kepalangmerahan, dalam Undang-Undang ini memberikan dasar hukum bagi PMI untuk menjalankan fungsi dan tugasnya sebagai organisasi kepalangmerahan nasional di Indonesia. Berdasarkan Undang-Undang Bab V Pasal 22 PMI memiliki tugas sebagai berikut (Republik Indonesia, 2018):

1. Memberikan bantuan Bersenjata, kerusuhan, lainnya;
2. Memberikan pelayanan darah sesuai dengan korban konflik dan gangguan keamanan yang disesuaikan dengan ketentuan peraturan perundang-undangan;
3. Melakukan pembinaan relawan;
4. Melaksanakan pendidikan dan pelatihan yang berkaitan dengan Kepalangmerahan;
5. Menyebarluaskan informasi yang berkaitan dengan kegiatan Kepalangmerahan;
6. Membantu dalam penanganan musibah dan/atau bencana di dalam dan di luar negeri;
7. Membantu pemberian pelayanan kesehatan dan sosial dan;
8. Melaksanakan tugas kemanusiaan lainnya yang diberikan oleh pemerintah.

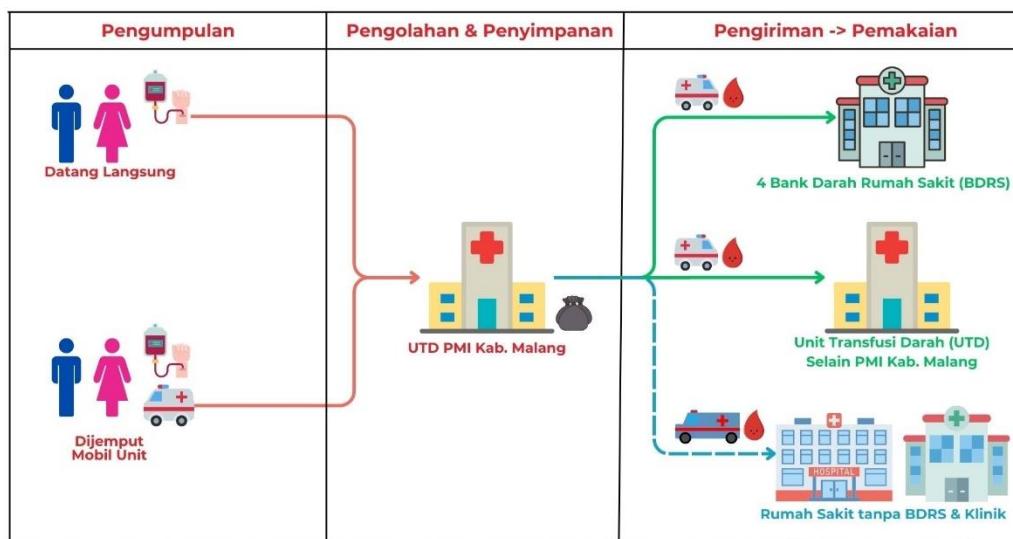
Sebagai salah satu pusat utama pelayanan darah PMI berwenang untuk menyediakan pasokan darah untuk beberapa lembaga kesehatan yang membutuhkan (Fatahayu et al., 2022). Sifat dari produk darah yaitu bersifat *perishable* (mudah rusak) dengan masa simpan terbatas dan memiliki tantangan dalam hal pengelolaan, penyimpanan, dan distribusi (Puranam et al., 2017). Secara umum produk dapat dikatakan *perishable* apabila setidaknya salah satu dari situasi berikut ini yang terjadi selama penanganannya: (1) kualitas atau kuantitasnya menurun secara nyata, (2) nilainya menurun seiring berjalannya waktu, dan (3)

fungsionalitasnya yang berkurang mengakibatkan konsekuensi yang berbahaya (Biuki et al., 2020). Dalam operasionalnya rantai pasok darah terbagi menjadi beberapa area mulai dari pengumpulan, pemrosesan, penyimpanan, dan distribusi (Arani et al., 2021; Osorio et al., 2015).



Gambar I. 1 Lokasi PMI Kabupaten Malang

(Sumber: Google Maps dan Wikipedia)



Gambar I. 2 Aliran operasional rantai pasok darah PMI Kab. Malang

(Sumber: PMI Kabupaten Malang)

Keterangan



: Aktivitas pengumpulan (donor)

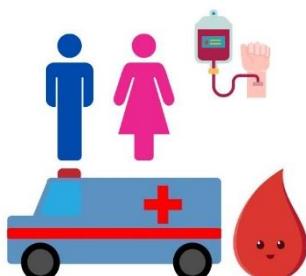


: Aktivitas pemenuhan permintaan darah, namun pengambilan darah tidak dilakukan oleh PMI Kab. Malang



: Aktivitas pemenuhan permintaan darah dan pengiriman dilakukan oleh PMI Kab. Malang

: Aktivitas transfusi darah oleh donor laki-laki atau perempuan



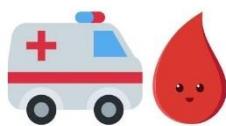
: Pengambilan darah secara mendiri oleh pihak Rumah sakit & Klinik



: Sisa pengolahan komponen darah, kadaluwarsa, Kadaluwarsa, Produk Rusak, Lifemik, Lisis, Satelit Rusak, DCT Positif, Hematokrit Tinggi, Kantong Bocor, dan Gagal Aftap.



: “Mobil Unit” Donor darah dimana PMI datang langsung ke sejumlah 442 Desa Kab. Malang, Instansi Umum (Sekolah, Kantor dll)

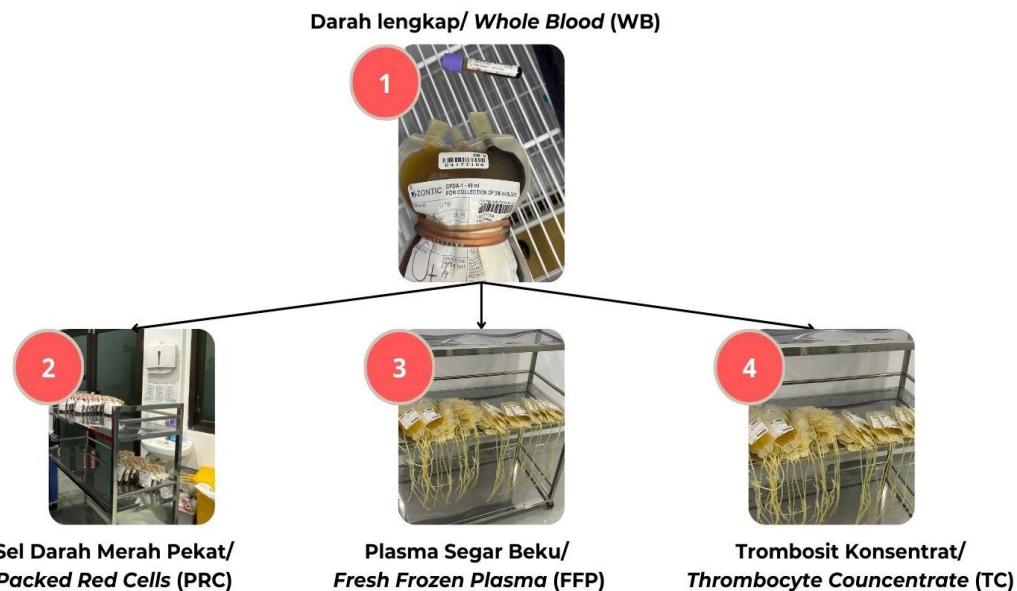


: “Droping” Pengiriman darah ke sejumlah Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) dan Unit Transfusi Darah (UTD) dilakukan oleh PMI Kab. Malang

PMI Kabupaten Malang merupakan lokasi dalam penelitian ini yang berada di Jl. Panji Penarukan, Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Aktivitas operasional di PMI Kab. Malang dimulai dari pengumpulan, pemrosesan atau pengolahan, penyimpanan, dan pengiriman yang ditampilkan pada Gambar I.2. Pada aktivitas pengumpulan atau donor darah terdapat 2 layanan yang pertama pedonor datang langsung ke PMI dan yang kedua dilakukan penjemputan atau disebut dengan “Mobil Unit” dimana PMI datang ke sejumlah Sekolah, Instansi Pemerintahan, atau sejumlah Desa yang ada di wilayah Kab. Malang.

Aktivitas pemrosesan berkaitan dengan pengolahan komponen darah, yang paling umum ditangani dalam rantai pasokan darah yaitu: darah utuh atau darah segar dan tiga komponen utamanya yaitu sel darah merah, trombosit, dan plasma (Thomas et

al., 2018a). Pengolahan darah lengkap/ *Whole Blood* (WB) menjadi tiga komponen (1) Sel Darah Merah Pekat/ *Packed Red Cells* (PRC), (2) Plasma Segar Beku/ *Fresh Frozen Plasma* (FFP), (3) Trombosit Konsentrat/ *Thrombocyte Concentrate* (TC) (Ben Elmir et al., 2023).



Gambar I. 3 Pengolahan Komponen Darah

(Sumber: PMI Kabupaten Malang)

Gambar I.3 merupakan pengolahan komponen darah yang terdapat di PMI Kab. Malang. Setelah melewati pengolahan komponen darah sellanjutnya darah akan disimpan hal tersebut berfungsi untuk menjaga kualitas darah yang masing-masing komponennya memiliki ketahanan yang berbeda-beda (Fauzi & Bahagia, 2019) seperti yang dijelaskan pada Tabel I.1.

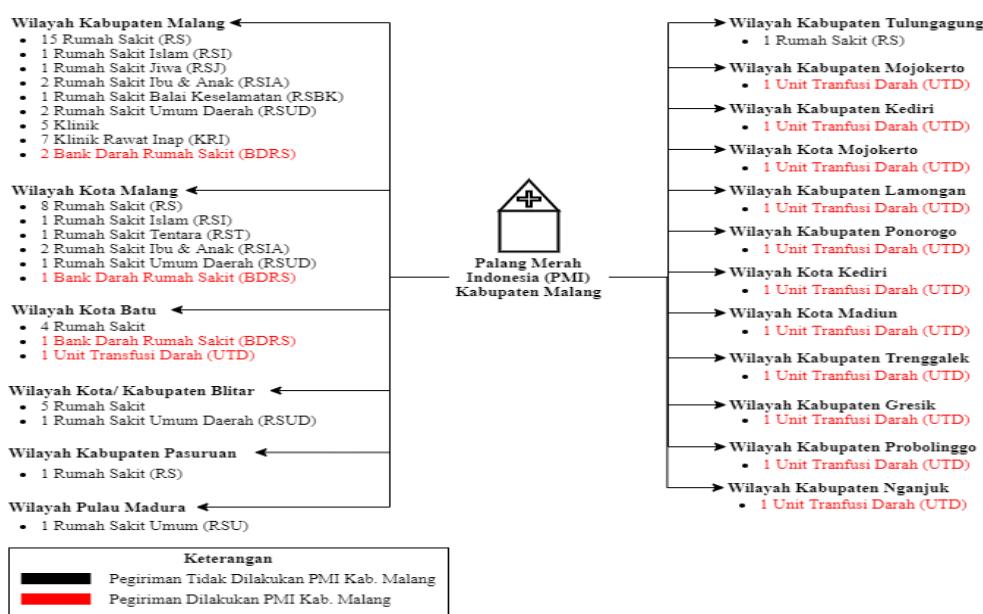
Tabel I. 1 Penyimpanan jenis darah

Jenis Darah	Persiapan Penyimpanan	Penyimpanan	Masa Umur Produk	Volume (mili liter)	Kapasitas Cooler Box (Kantong)
<i>Whole Blood</i> (WB) / Darah Lengkap	Tidak ada persiapan, filtrasi sebelum penyimpanan (pre-storage filtration) dalam waktu 48 jam setelah pengambilan	Disimpan dalam <i>cool room</i> pada suhu 2°C - 6°C dan transportasi pada suhu 2°C - 10°C maksimal 24 Jam	35 Hari	350 - 450	5 L: 8-10, 10 L: 15-20
<i>Packed Red Cell</i> (PRC) / Komponen Darah Sel Darah Merah	Filtrasi darah lengkap dalam waktu 48 jam setelah pengambilan darah	Disimpan dalam <i>cool room</i> pada Suhu 2°C - 6°C dan transportasi pada suhu 2°C - 10°C maksimal 24 Jam	42 Hari	150 - 220	5 L: 12-15, 10 L: 25-30
<i>Whole Blood derived Clinical Fresh Forzen Plasma</i> (FFP) / Plasma Segar Beku dari Darah Lengkap	WB dalam waktu 18 jam dari pengambilan disimpan pada suhu 2°C - 6°C atau 24 jam dari pengambilan dikait disimpan pada suhu 20°C - 24°C. Pembekuan dilakukan dengan cepat mencapai suhu -30°C dalam 1 jam kemudian disimpan didalam <i>freezer</i>	Disimpan dalam lemari es pada Suhu -20°C - 24°C : Lama masa simpan 3 bulan, -25°C - 29°C : Lama masa simpan 6 bulan, -30°C - 39°C : Lama masa simpan 1 tahun, -40°C - 64°C : Lama masa simpan 2 tahun, -65°C atau dibawahnya lama masa simpan 7 tahun. Transportasi pada suhu -25°C	3 bulan - 7 tahun (bergantung suhu penyimpanan)	150 - 180	5 L: 10-12, 10 L: 20-25
<i>Trombosit Cell</i> (TC) / Komponen Trombosit	WB disimpan hingga 24 jam pada suhu 20°C - 24°C untuk mendapatkan trombosit	Disimpan dalam <i>blood aligator</i> pada Suhu 20°C - 24°C dan transportasi pada suhu 20°C - 24°C maksimal 24 jam, 5 hari (4jam jika digunakan sistem terbuka)	5-7 Hari	50-70	5 L: 10-12, 10 L: 20-25

(Sumber: PMI Kabupaten Malang)

Aktivitas distribusi merupakan proses pengiriman darah ke sejumlah rumah sakit atau instansi kesehatan dengan mempertimbangkan tanggal kadaluwarsa dan jenis komponen darah, sehingga stok yang ditransfer dapat digunakan sepenuhnya sebelum habis masa berlakunya (Ben Elmira et al., 2023).

PMI Kabupaten Malang melayani permintaan darah dari berbagai instansi kesehatan seperti Bank Darah Rumah Sakit (BDRS), Unit Transfusi darah (UTD), Rumah Sakit, dan Klinik. Terdapat 2 layanan pemenuhan permintaan darah pada Gambar I.4 yang dimana bagian yang ditandai warna merah proses pengiriman dilakukan oleh PMI atau disebut dengan “droping” ke sejumlah BDRS dan UTD, sedangkan yang ditandai warna hitam berlaku sebaliknya. Dari hasil wawancara yang dilakukan pada (17/07/2024) Kepala Bidang Pelayanan yaitu Ibu Sri Indarwati menyatakan sampai tahun 2023/2024 PMI Kab. Malang melayani pemenuhan permintaan dan droping darah ke sejumlah wilayah ± 18 wilayah yang tersebar di Provinsi Jawa Timur.

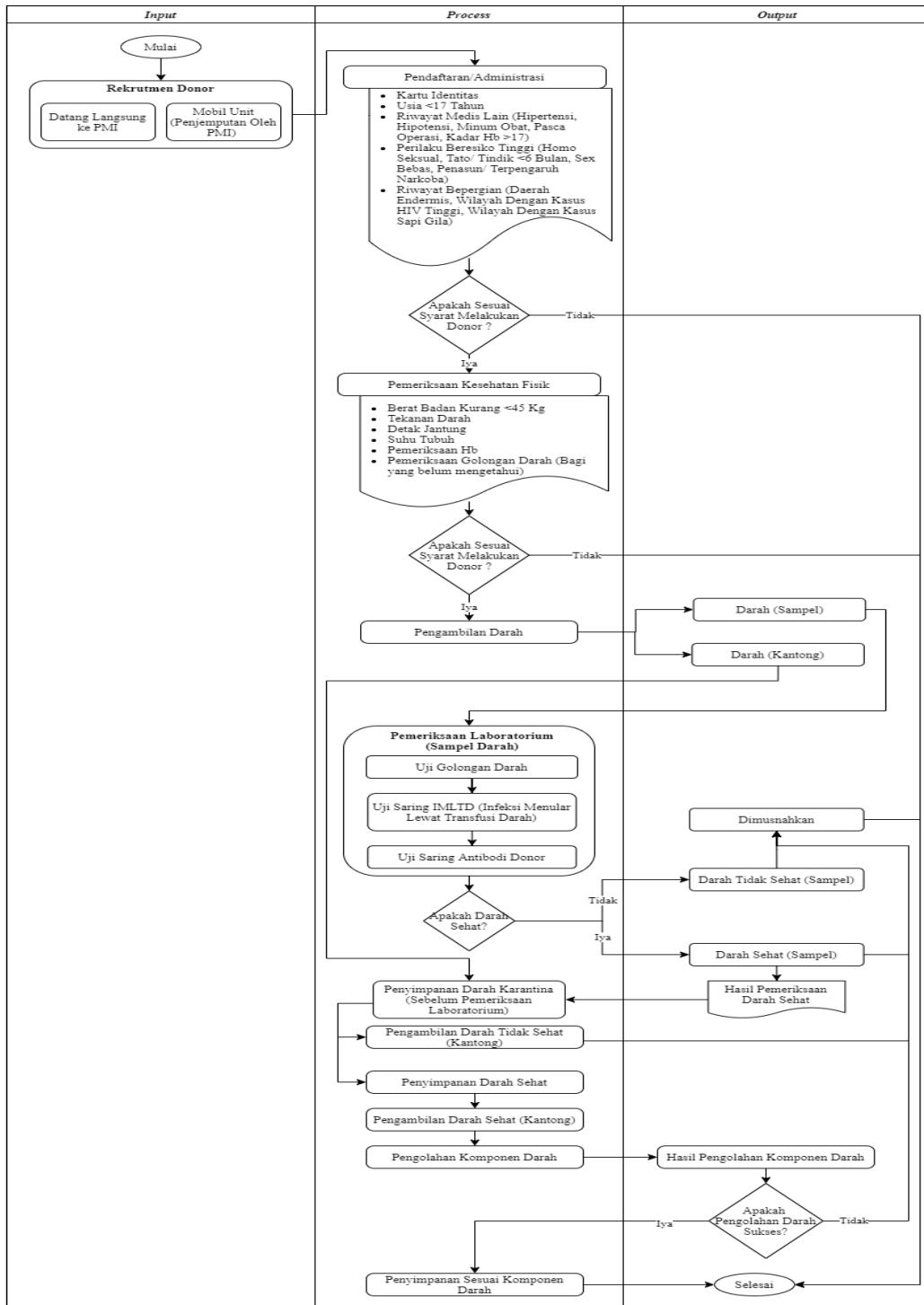


Gambar I. 4 Wilayah permintaan darah

(Sumber: PMI Kabupaten Malang)

Aktivitas distribusi darah akan disimpan ke dalam *cooler box* persegi panjang dengan ukuran 5 liter ± 25 cm x 20 cm x 18 cm dan 10 liter ± 30 cm x 25 cm x 22 cm, kemudian ditambahkan *ice pack* sejumlah 5-8 buah atau 20-30% yang berfungsi untuk menjaga suhu darah tetap stabil dan termometer sebagai sistem

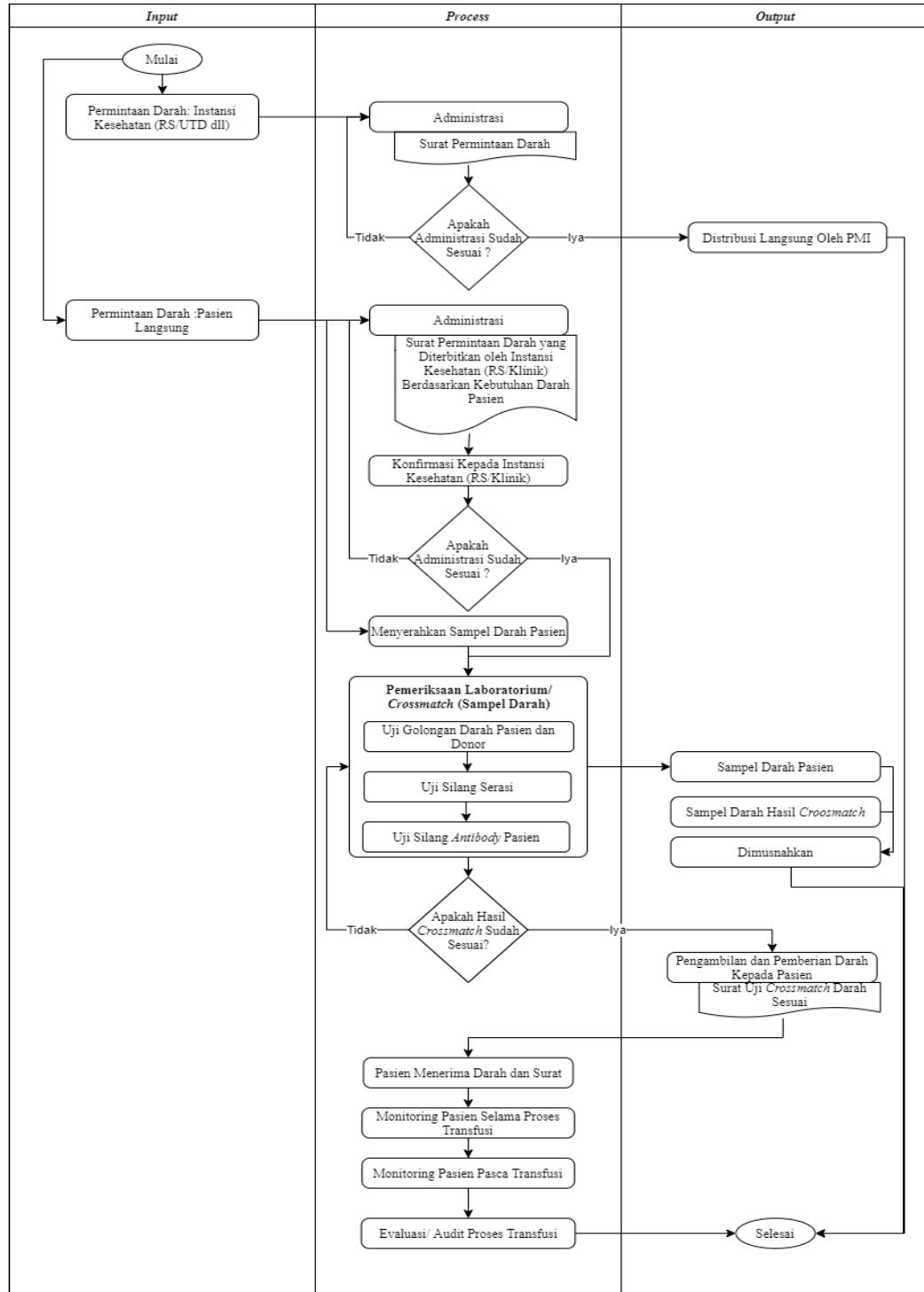
pengatur suhu agar darah tetap berada pada suhu optimal selama proses pengiriman. Armada yang digunakan yaitu mobil terios dengan kapasitas muat 6 orang, 5 *cooler box* 5 liter, 3 *cooler box* 10 liter, dan kecepatan 80-90 km/jam.



Gambar I. 5 Alur pengumpulan dan pengolahan darah

(Sumber: PMI Kabupaten Malang)

Gambar I.5 merupakan alur pengumpulan dan pengolahan darah di PMI Kab. Malang, sedangkan Gambar I.6 merupakan alur permintaan dan distribusi darah ke sejumlah Rumah Sakit, Klinik, BDRS dan UTD yaitu sebagai berikut.



Gambar I. 6 Alur permintaan dan distribusi darah

(Sumber: PMI Kabupaten Malang)

Pada aktivitas pengolahan dan *crossmatch* terdapat pemusnahan produk darah yang dihasilkan yang di PMI Kab. Malang terdapat beberapa jenis yaitu sebagai berikut.

Tabel I. 2 Jenis pemusnahan darah

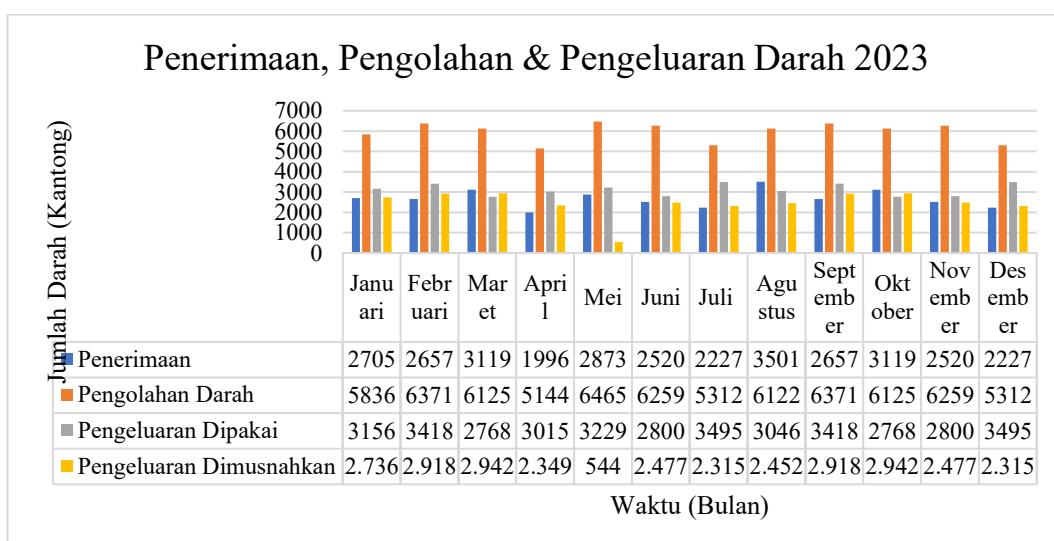
Jenis Pemusnahan	Keterangan
Kadaluwarsa	Produk darah yang tidak digunakan hingga melewati batas masa penyimpanan dan tidak dapat digunakan karena kualitas menurun.
Produk Rusak	Kerusakan pada produk darah selama penyimpanan maupun distribusi sehingga tidak memenuhi standar kualitas darah, seperti gumpalan dll.
Lifemik	Istilah yang mengacu pada produk yang tidak memenuhi standar klinis atau laboratorium, seperti jumlah sel yang terlalu rendah, plasma yang tidak mencapai volume atau sel darah merah dengan hematokrit tidak sesuai standar.
Limbah Sisa PRC	Sisa bahan dari proses produksi <i>Packed Red Cells</i> (PRC), seperti plasma residual sehingga tidak dapat digunakan kembali dalam layanan transfusi.
Lisis	Hemolis atau pecahnya sel darah merah selama penyimpanan akibat risiko efek samping pada penerima transfusi, berubah warna menjadi merah gelap karena pecahnya sel darah merah.
Satelit Rusak	Kantong tambahan yang terhubung dengan kantong utama untuk memisahkan komponen darah, kerusakan pada kantong ini dapat menyebabkan kontaminasi atau kebocoran.
DCT Positif	Produk darah dengan hasil <i>Direct Coombs Test</i> (DCT) positif, menunjukkan adanya antibodi yang melekat pada sel darah merah dengan darah donor yang menunjukkan reaksi aglutinasi.
Hematokrit Tinggi	<i>Packed Red Cells</i> (PRC) dengan kadar hematokrit di atas standar (umumnya lebih dari 80%) yang tidak sesuai dengan standar untuk transfusi.
Kantong Bocor	Kerusakan fisik pada kantong darah akibat cacat produksi, kesalahan saat aftap, atau proses <i>centrifuge</i> dan kebocoran kecil yang dapat menyebabkan kontaminasi.
Gagal Aftap	Terjadi ketika proses pengambilan darah tidak berhasil atau darah yang diambil tidak memenuhi standar kualitas.

(Sumber: PMI Kabupaten Malang)

I.2 Latar Belakang

Darah merupakan produk biologis yang sangat vital dan tidak dapat diproduksi secara sintetis, fungsi darah yaitu mendistribusikan nutrisi, oksigen, serta mengangkut sisa metabolisme di dalam tubuh manusia menjadikannya komoditas yang tidak tergantikan dan langkah (NHS Blood and Transplant, 2024). Darah sangat dibutuhkan untuk hampir semua layanan kesehatan, termasuk operasi, perawatan kelainan darah, dan perawatan kanker (Imamoglu et al., 2023). Meskipun ada kemajuan teknologi, donor sukarela tetap penting untuk mendapatkan darah dan produk darah karena variabilitas permintaan (Beliën & Forcé, 2012). Peramalan maupun stok darah sangatlah penting, namun tidak dapat ditoleransi apabila produk darah memiliki sifat mudah rusak. Pada saat yang sama, donor darah sukarela jumlahnya tidak dapat diprediksi dan bersifat berfluktuasi selain itu jenis dan resus darah menjadi hal yang kompleks.

Dalam dunia manajemen logistik, kategori *Blood Supply Chain* (BSC) yang terdiri dari proses pengumpulan darah, pengolahan menjadi beberapa produk darah, penyimpanan dan distribusi (Imamoglu et al., 2023). Proses ini melibatkan banyak tahapan yang harus dilakukan dengan cepat dan efisien, mengingat setiap produk darah memiliki umur simpan yang berbeda-beda seperti yang dijelaskan pada Tabel I.1.



Gambar I. 7 Perolehan darah, permintaan, pemenuhan

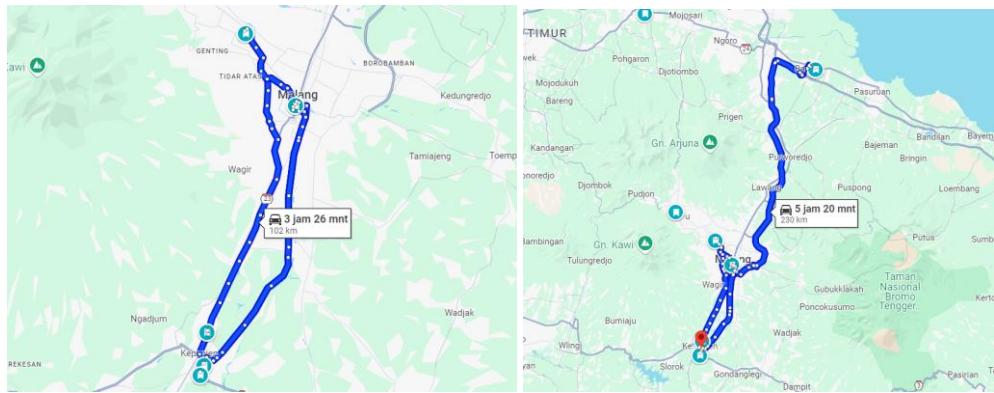
(Sumber: PMI Kabupaten Malang)

Gambar I.7 merupakan data PMI Kab. Malang dimana jumlah penerimaan darah merupakan jenis darah *Whole Blood* (WB) / darah lengkap, kemudian untuk pengolahan, pengeluaran dipakai dan dimusnahkan sudah menjadi produk seperti Gambar I.3. Dari data tersebut jumlah donor di Kab. Malang rata-rata setiap bulannya 2.677 kantong.

Distribusi darah merupakan salah satu aktivitas rantai pasok darah yang krusial karena memastikan ketersediaan darah yang cepat dan tepat waktu untuk pasien dan manajemen stok darah yang efektif di seluruh fasilitas kesehatan. Pemenuhan darah harus segera dikirimkan mengingat pentingnya sistem distribusi darah yang efisien dalam memastikan ketersediaan darah yang tepat waktu dan mengurangi risiko kekurangan darah.

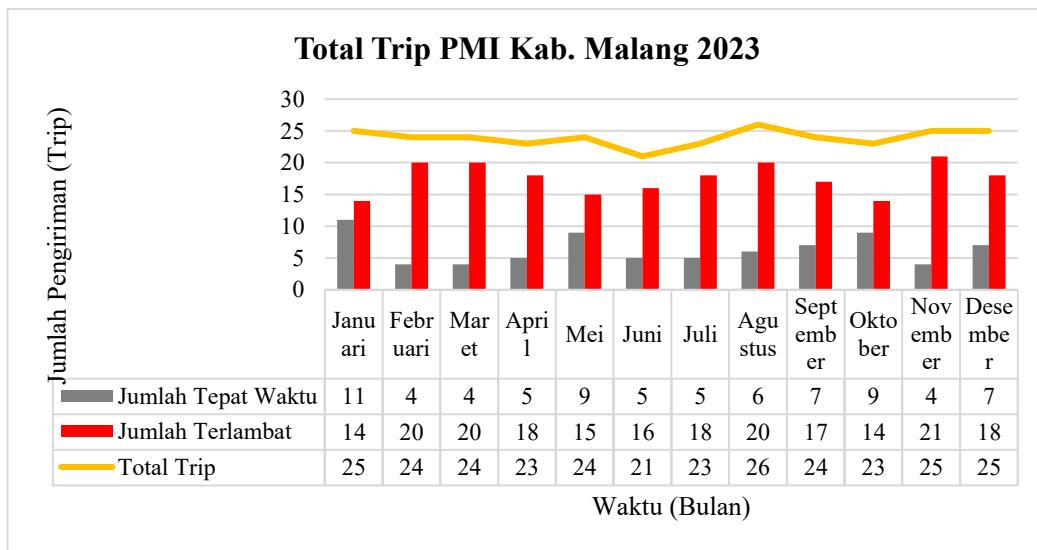
Aktivitas distribusi darah yang dilakukan oleh PMI Kab. Malang menghadapi tantangan, dari data terakhir pada tahun 2023 pengiriman yang tersebar di 18 wilayah provinsi Jawa Timur yaitu dikirim ke sejumlah 5 BDRS dan 12 UTD berikut merupakan persentase pengiriman yang dilakukan oleh PMI Kabupaten Malang.





Gambar I. 8 Peta wilayah distribusi BDRS dan UTD

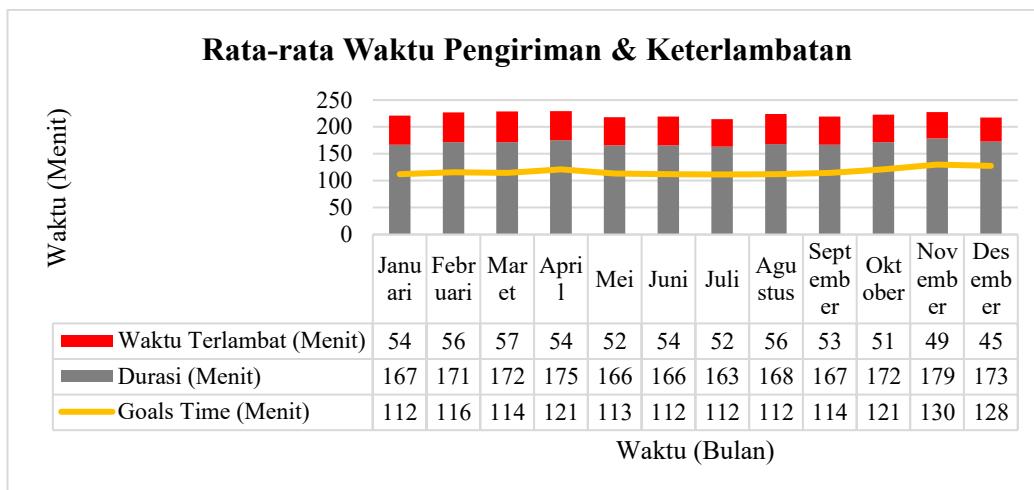
(Sumber: *Google Maps*)



Gambar I. 9 Total trip PMI Kab. Malang 2023

(Sumber: PMI Kabupaten Malang)

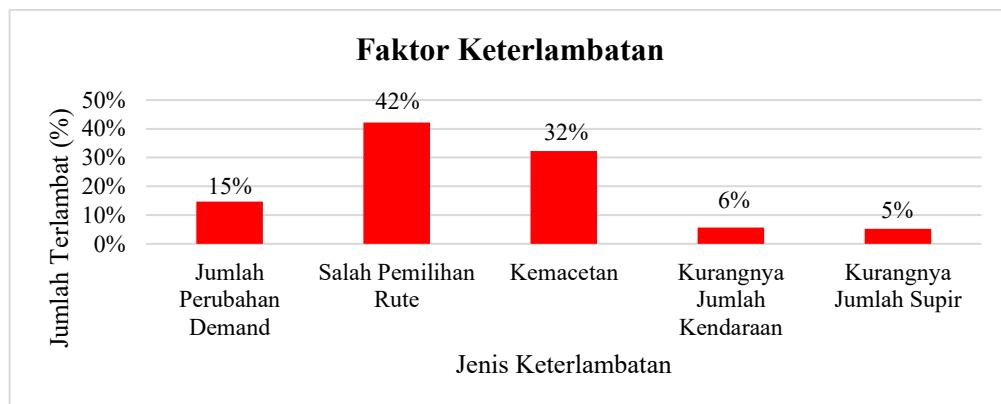
Persentase pengiriman PMI Kab. Malang 2023 mengalami sejumlah keterlambatan sebesar 74% sedangkan tepat waktu 26%. Gambar I.7 menampilkan total trip sejumlah 287 trip dengan 211 trip mengalami keterlambatan sedangkan untuk sisanya yaitu 76 trip tepat waktu. Hal ini juga menunjukkan bahwa rata-rata pengiriman dalam waktu 1 bulan sekitar 24 trip dengan pengiriman keterlambatan rata-rata 18 trip dan tepat waktu rata-rata 9 trip. Data ini menunjukkan tingkat ketepatan waktu dalam pengiriman memerlukan perbaikan untuk memenuhi kebutuhan darah.



Gambar I. 10 Rata-rata waktu pengiriman dan keterlambatan

(Sumber: PMI Kabupaten Malang)

Gambar I.8 menunjukkan bahwa jeda waktu keterlambatan yang cukup signifikan, yaitu berkisar 45-56 menit dari waktu pengiriman yang tepat waktu. Berikut merupakan faktor-faktor keterlambatan yang terjadi di PMI Kab. Malang.



Gambar I. 11 Faktor terlambat pengiriman

(Sumber: PMI Kabupaten Malang)

Faktor keterlambatan juga ditampilkan pada Gambar I.9 dimana kesalahan dalam pemilihan rute, kemacetan lalu lintas memiliki persentase yang cukup tinggi yaitu 42% dan 32% dibandingkan dengan faktor lainnya. Hal ini juga mempengaruhi turunnya kualitas pelayanan dan efek paling serius yaitu berisiko terhadap ketersediaan darah saat pasien sangat membutuhkan. Analisis ini menunjukkan bahwa diperlukan perbaikan manajemen distribusi yang lebih terstruktur dan efisien

untuk memastikan setiap permintaan darah dapat dipenuhi tepat waktu dan mengurangi jumlah keterlambatan pendistribusian.

Beberapa penelitian tentang distribusi darah ke sejumlah Rumah Sakit maupun instansi yang terkait, salah satunya yaitu penelitian dengan objek di Indonesia yaitu tentang menentukan alokasi dan rute distribusi darah untuk mencapai waktu perjalanan minimum, dengan mempertimbangkan ketidakpastian waktu perjalanan (*stochastic travel times*). Hasil yang diperoleh dari optimasi model transportasi dan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) menciptakan pemenuhan kebutuhan darah yang lebih baik dengan pemenuhan di Banten mencapai 100%, Jakarta mencapai 100%. Jawa Barat mencapai 95,62% (Nurprihatin et al., 2019).

Penelitian lain yang bertujuan untuk mengoptimalkan distribusi darah dengan mengurangi waktu perjalanan dan memastikan pengiriman tepat waktu menggunakan pendekatan hidibra yaitu menggabungkan *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* (DBSCAN) untuk mengelompokkan lokasi pengiriman berdasarkan kedekatan spasial dan *Genetic Algorithm*. Untuk mengoptimalkan rute pengiriman dalam setiap kelompok, kemudian mempertimbangkan kapasitas dan *time window* yang harus dipenuhi. Dengan hasil yang diperoleh dari pendekatan yang menggabungkan DBSCAN dan *Genetic Algorithm* menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam efisiensi pengiriman darah, menjanjikan perbaikan dalam perawatan pasien yang membutuhkan darah dengan segera (Belhadj & Ben-Romdhane, 2025a).

Namun, dengan berkembangnya teknologi kecerdasan buatan, metode *Deep Learning* (DL) juga semakin banyak diterapkan dalam optimasi rute logistik. Penelitian yang sama bertujuan meminimalkan total biaya rantai pasokan darah, waktu pengiriman darah dan memaksimalkan kepuasan permintaan dengan menggunakan model optimasi multi-objektif dengan algoritma pembelajaran dalam (*deep learning*) untuk prediksi permintaan. Model ini dipecahkan menggunakan algoritma LP-Metric di GAMS dan divalidasi dengan algoritma simulasi *Simulated Annealing*. Kemudian mempertimbangkan kapasitas penyimpanan produk, permintaan produk darah bervariasi berdasarkan skenario sehingga model dikembangkan dalam kondisi multi-produk. Hasilnya penelitian ini memberikan kerangka kerja yang solid untuk pengembangan lebih lanjut dalam manajemen

rantai pasokan darah, terutama dengan pendekatan keberlanjutan. Namun, penerapan praktis di dunia nyata masih memerlukan kajian lebih lanjut untuk menyesuaikan dengan konteks lokal (Eshghi, 2024a).

Selain itu, pendistribusian darah yang tidak terstruktur ini menyebabkan tingginya biaya operasional dan emisi karbon yang berlebihan. Dalam konteks kelestarian lingkungan, distribusi darah yang tidak efisien berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca (Kumar & Kumar, 2018a). Algoritma genetik untuk menghasilkan rute dan membandingkan rute berdasarkan biaya ekonomi dan lingkungan, penelitian ini mengembangkan sistem pendukung keputusan untuk distribusi darah dengan meminimalkan biaya ekonomi dan lingkungan melalui pengintegrasian *green* logistik yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya rute dan penalti terkait waktu. Hasilnya sistem pendukung keputusan yang diusulkan dapat membantu organisasi logistik dalam membuat keputusan yang lebih baik terkait distribusi darah dengan mempertimbangkan biaya ekonomi dan lingkungan (Kumar & Kumar, 2018a).

Urgensi dalam penelitian ini masih belum adanya penelitian yang memperhatikan multi-objektif, meliputi aspek operasional, aspek biaya dan aspek lingkungan (*green distribution*). Hal tersebut diusulkan dengan mempertimbangkan mengurangi keterlambatan pengiriman dengan dikembangkan pendekatan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan *Genetic Algorithm* (GA) salah satu algoritma metaheuristik, dipilih untuk melakukan penyelesaian model yang dikembangkan karena merupakan permasalahan *Non-Polynomial Hard* (NP-Hard) digunakan untuk mencari solusi optimal dalam perencanaan rute distribusi darah di PMI Kab. Malang. Algoritma Genetika dipilih karena memiliki karakteristik penyelesaian permasalahan yang mirip dengan model yang dikembangkan, dimana mencari solusi optimal berdasarkan probabilitas evolusi selain itu metode ini masih belum banyak digunakan dalam menangani permasalahan terkait distribusi darah. *Deep Learning* juga digunakan untuk mencari solusi yang optimal selain metode tersebut baru sehingga mampu menangani permasalahan non-linear dan menemukan pola tersembunyi dalam data historis distribusi darah, sehingga lebih adaptif dalam mengoptimalkan rute pengiriman. Sehingga dengan kemampuan menangani kompleksitas data, beradaptasi dengan kondisi real-time, serta mempertimbangkan

berbagai aspek multi-objektif, *Deep Learning* menjadi alternatif yang potensial untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas distribusi darah di PMI Kabupaten Malang.

I.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah untuk Penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan rute pengiriman darah di PMI Kab. Malang menggunakan pendekatan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan *Genetic Algorithm* (GA) untuk mengurangi keterlambatan pengiriman.
2. Sejauh mana efektivitas algoritma genetika dalam mengurangi keterlambatan distribusi dibandingkan dengan pendekatan *Deep Learning*?
3. Metode mana yang lebih unggul dalam hal multi-objektif, meliputi aspek operasional, aspek biaya dan aspek lingkungan (*green distribution*) di PMI Kabupaten Malang?

I.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah pada Sub Bab 1.3 adapun tujuan Penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengembangkan model optimasi rute distribusi darah menggunakan pendekatan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan *Genetic Algorithm* (GA) untuk meningkatkan efisiensi pengiriman.
2. Menganalisis efektivitas algoritma genetika dalam mengurangi keterlambatan distribusi darah, serta membandingkannya dengan metode *Deep Learning*.
3. Mengevaluasi keunggulan metode *Genetic Algorithm* (GA) dan *Deep Learning* berdasarkan pendekatan multi-objektif, meliputi:
 - a. Aspek operasional (waktu pengiriman, jarak tempuh, keterlambatan).
 - b. Aspek biaya (efisiensi biaya operasional distribusi).
 - c. Aspek lingkungan atau *green distribution* (pengurangan emisi karbon akibat rute distribusi).

I.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi beberapa pihak yang dijelaskan sebagai berikut:

1. PMI Kabupaten Malang: Memberikan usulan perancangan distribusi yang disebabkan oleh keterlambatan serta meningkatkan reputasi sebagai penyedia darah yang mampu untuk memenuhi kebutuhan darah Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) dan Unit Transfusi Darah (UTD) secara tepat waktu, yang dapat mendukung operasional PMI secara keseluruhan.
2. Bank Darah Rumah Sakit (BDRS), Unit Transfusi Darah (UTD), Klinik dan Instansi Kesehatan yang lain: Memastikan ketersediaan darah yang cepat dan tepat waktu untuk kebutuhan medis darurat.
3. Lingkungan: Menerapkan praktik keberlanjutan yang dapat mengurangi jejak karbon dan dampak lingkungan dari proses distribusi darah dan berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan melalui pengurangan emisi karbon dari transportasi.
4. Penelitian Lebih Lanjut: Sebagai referensi dengan penelitian yang berkaitan dengan optimasi distribusi pada produk *prisihble* yang sensitif terhadap waktu.

I.6 Batasan dan Asumsi

Batasan masalah yang ada bertujuan untuk tidak ada masalah yang cakupannya terlalu luas, sedangkan asumsi adalah anggapan yang memerlukan pembuktian secara langsung.

I.6.1 Batasan

Batasan masalah yang digunakan dalam Penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menggunakan data historis pada tahun 2023.
2. Komponen darah yang dipertimbangkan yaitu darah lengkap/ *whole blood* (WB), sel darah merah pekat/ *Packed Red Cells* (PRC), plasma segar beku/ *Fresh Frozen Plasma* (FFP), dan trombosit konsentrat/ *Thrombocyte Concentrate* (TC)
3. Kendaraan yang digunakan milik pribadi PMI Kabupaten.
4. Penelitian ini hanya akan fokus pada wilayah pengiriman di Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) dan Unit Transfusi Darah (UTD).

5. Rute yang dioptimalkan hanya akan mempertimbangkan kendaraan darat dan tidak mencakup transportasi udara atau laut.

I.6.2 Asumsi

Adapun batasan permasalahan yang sudah disebutkan, terdapat asumsi dari Penelitian ini yang terdiri dari:

1. Permintaan darah di rumah sakit bersifat stokastik, namun dapat diprediksi berdasarkan data historis pada tahun 2023.
2. Kendaraan yang digunakan untuk distribusi berada dalam kondisi prima dan dapat diandalkan.
3. Ruang penyimpanan darah dalam kondisi prima dan dapat diandalkan.

I.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini diuraikan dengan memiliki sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan mengenai permasalahan dan kebutuhan yang melatarbelakangi pada penelitian. Terdapat beberapa bagian yang akan dibahas yaitu latar belakang permasalahan dalam penelitian ini membahas tentang produk darah yang memiliki sifat *perishable* atau memiliki umur simpan, dengan objek penelitian yaitu Palang Merah Indonesia (PMI) Kabupaten Malang. Dalam objek penelitian terdapat permasalahan yaitu keterlambatan pengiriman dari waktu aktual dengan potensi terbesarnya yaitu faktor kesalahan pemilihan rute dan kemacetan.

Permasalahan lain karena sifat darah sendiri yaitu banyaknya pemusnahan produk yang seperti kadaluwarsa. Di samping itu faktor *sustainability* perlu diperhitungkan seperti emisi karbon yang dihasilkan dari aktivitas distribusi, maka dikerucutkanlah perumusan masalah dalam penelitian ini dengan tujuan penelitian yaitu perancangan rute pengiriman di PMI Kab. Malang dengan mempertimbangkan keterlambatan, waktu pengiriman dan emisi karbon.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori yang mendasari permasalahan yang dibahas untuk mendukung penyelesaian masalah. Selain itu pada bab ini terdapat alasan pemilihan metode yaitu menggunakan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan Algoritma Genetika untuk mengidentifikasi solusi terbaik dari permasalahan yang diangkat oleh peneliti. Pada bab ini juga menjelaskan posisi penelitian dengan membandingkan penelitian sebelumnya. Kaitan topik penelitian dengan SDGs turut dipertimbangkan karena penelitian ini memiliki dampak berkelanjutan, serta rencana jadwal penelitian yang berfungsi sebagai *time-line* peneliti untuk segera menyelesaikan penelitian.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan mengenai langkah-langkah penelitian secara rinci mengenai pendekatan, metode, dan teknik yang akan digunakan dalam mengumpulkan dan menganalisis data yang diajukan oleh peneliti terkait *Blood Supply Chain* (BSC) khususnya dalam aktivitas distribusi. Pada bab ini meliputi uraian tentang jenis penelitian, tahapan penelitian, tahapan pengembangan dan tahapan pengujian serta analisis yang akan dilakukan di dalam penelitian ini.

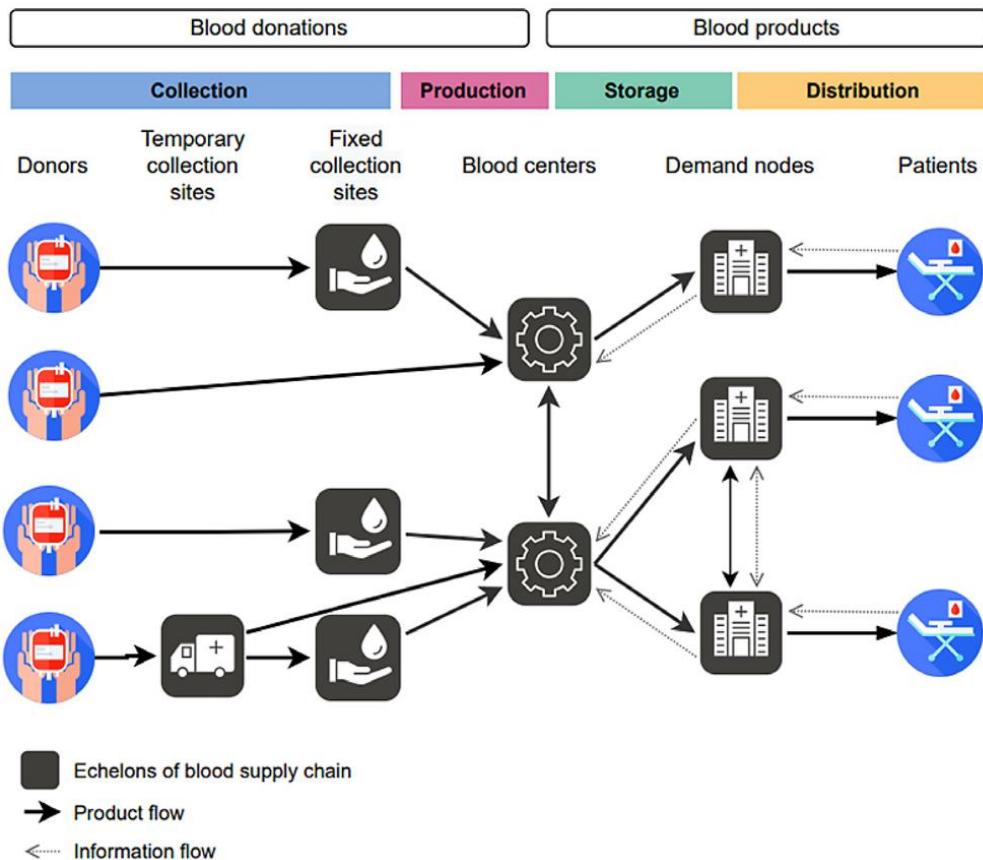
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 *Blood Supply Chain*

Seperti manajemen rantai pasok yang lain, darah juga memiliki penanganan *supply chain* sendiri yang disebut *Blood Supply Chain* (BSC) dimana dalam prosesnya dimulai dari pengumpulan, pengujian, pemrosesan hingga distribusi. Produk darah merupakan produk *perishable* yang sangat penting dalam perawatan medis, operasi, dan situasi darurat (Osorio et al., 2015). Proses distribusi pada darah memiliki kompleksitas karena produk ini harus dikirim dengan tepat waktu karena berkaitan dengan keselamatan nyawa manusia.

Rantai pasok darah memiliki tantangan besar karena jumlah permintaan yang terus meningkat namun berkurangnya jumlah pedonor (Osorio et al., 2015). Selain itu meskipun darah didonasikan secara sukarela, biaya terkait seperti tenaga kerja, pengujian, pemisahan darah menjadi produk-produk turunan, penyimpanan, dan distribusi tetap diperlukan. Sebuah rantai pasok darah yang efisien harus mampu memenuhi permintaan, mengurangi pemborosan, serta meminimalkan biaya. Akan tetapi, sebagian besar produk darah memiliki masa simpan terbatas, sehingga ketidaksesuaian waktu dapat menyebabkan kekurangan atau kerusakan produk karena memiliki masa umur simpan yang pendek, yang menambah kompleksitas (Osorio et al., 2015).

Menghadapi tantangan dalam hal pengelolaan, penyimpanan, dan distribusi darah, yang sifat dari produk darah yaitu *perishable* (mudah rusak) dengan masa simpan terbatas (Puranam et al., 2017). Secara umum produk dapat dikatakan *perishable* apabila setidaknya salah satu dari situasi berikut ini terjadi selama penanganannya: (1) kualitas atau kuantitasnya menurun secara nyata, (2) nilainya menurun seiring berjalannya waktu, dan (3) fungsionalitasnya yang berkurang mengakibatkan konsekuensi yang berbahaya (Biuki et al., 2020). Dalam operasionalnya rantai pasok darah terbagi menjadi beberapa area yang mendukung aktivitas mulai dari pengumpulan, pemrosesan, penyimpanan, dan distribusi darah (Meneses et al., 2023; Osorio et al., 2015). Berikut gambar aktivitas *blood supply chain*



Gambar II. 1 Proses dan aliran produk serta informasi rantai pasokan darah

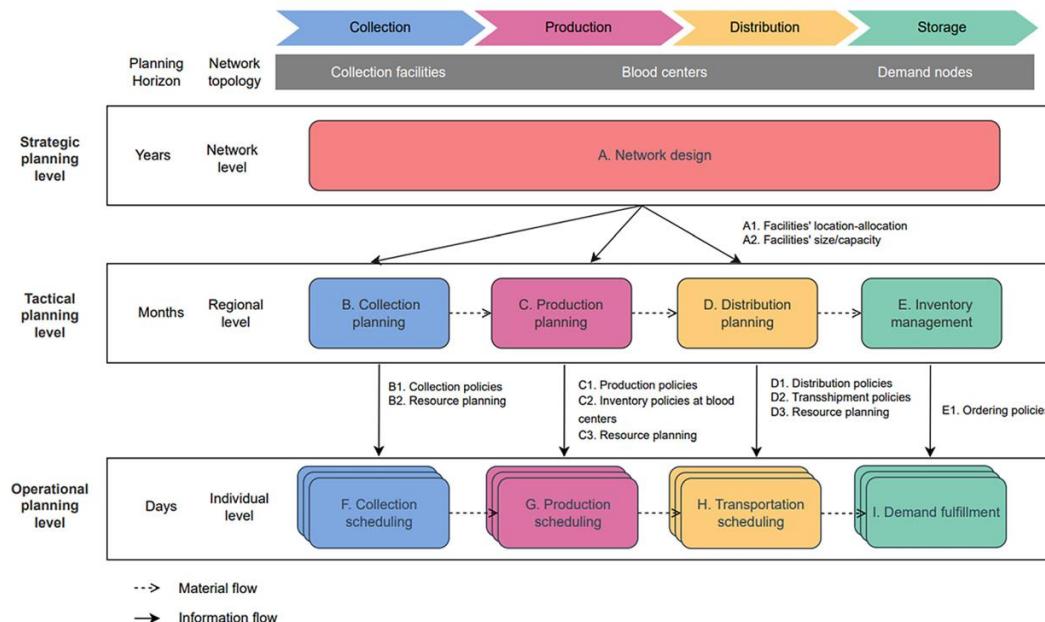
(Sumber: (Meneses et al., 2023))

Pengumpulan merupakan proses pertama dari rantai pasokan darah dan menyangkut pengadaan darah untuk memenuhi kebutuhan jaringan lainnya. Setelah darah terkumpul, darah diangkut ke fasilitas produksi, yang biasanya berlokasi di pusat darah, untuk proses produksi. Proses ini terdiri dari pengujian dan analisis sumbangan dan, jika perlu, memisahkannya menjadi beberapa komponen. Produk darah yang dihasilkan dari prosedur ini adalah sel darah merah, sel darah putih, trombosit, plasma. Oleh karena itu, jaringan rantai pasokan darah pertama-tama terdiri dari satu bahan, yaitu darah yang disumbangkan, hingga proses produksi, di mana darah diubah menjadi multi produk (Meneses et al., 2023).

Mengelola BSC di negara berkembang khususnya Indonesia adalah suatu kegiatan yang rumit dan kompleks. Kompleksitas dalam BSC harus dikelola secara hati-hati karena melibatkan parameter yang berbeda namun saling berhubungan agar dapat memenuhi kebutuhan pasien baik secara kuantitas maupun kualitas. Faktor kompleksitas dari rantai pasok darah yaitu *demand* yang fluktuatif, masa simpan

darah yang terbatas karena produk sifat darah yang *perishable*, pengendalian persediaan dan pendistribusian darah harus terintegrasi secara optimal agar dapat memenuhi permintaan dengan kualitas produk yang tetap aman.

Terdapat sembilan masalah perencanaan utama dalam manajemen rantai pasokan darah: (1) Desain jaringan, (2) Perencanaan pengumpulan, (3) Perencanaan produksi, (4) Perencanaan distribusi, (5) Manajemen inventaris, (6) Penjadwalan pengumpulan, (7) Penjadwalan produksi, (8) Penjadwalan transportasi dan (9) Pemenuhan permintaan (Meneses et al., 2023). Permasalahan ini disajikan dan diklasifikasikan dalam tiga dimensi: tingkat perencanaan, yang membagi keputusan menurut panjangnya horizon perencanaan dan tingkat detail yang diperlukan dalam tiga tingkat yang berbeda (tingkat strategis, taktis, dan operasional); proses utama utama (pengumpulan, produksi, penyimpanan, dan distribusi) dan fasilitas utama yang terlibat (lokasi pengumpulan, pusat darah dan dan permintaan) seperti pada Gambar II.2



Gambar II. 2 Perencanaan *Supply Chain Blood*

(Sumber: (Meneses et al., 2023))

Pada perencanaan manajemen rantai pasokan darah permasalahan desain jaringan yang terkait dengan desain dan struktur rantai pasokan merupakan hal yang pertama, perencanaan jangka panjang menciptakan fondasi untuk pengembangan rantai pasokan di masa depan, dan memiliki *cost* yang tinggi. Perencanaan *supply*

chain blood ini memiliki dampak langsung pada beberapa masalah dari tingkat perencanaan. Pertama, secara langsung mempengaruhi perencanaan pengumpulan dan produksi yang diberikan ukuran/kapasitas dari fasilitas. Kedua, hal ini mempengaruhi perencanaan *inventory* dan yang ketiga mempengaruhi perencanaan distribusi karena alokasi antara fasilitas relevan dengan menentukan rute utama dan kebijakan *transshipment* selain itu, kapasitas armada distribusi juga membatasi.

II.1.1 Collection Blood

Perencanaan pengumpulan terdiri dari penetapan target utama terkait jumlah darah mingguan atau bulanan yang akan dikumpulkan di berbagai fasilitas pengumpulan darah, biasanya dalam kerangka tahunan, untuk memastikan produksi produk tertentu guna menyediakan pasokan darah yang efektif. Rencana pengumpulan jangka menengah berfungsi sebagai panduan untuk jumlah produk darah yang perlu tersedia (Meneses et al., 2023). Pada tingkat perencanaan operasional penjadwalan pengumpulan, penting untuk menentukan cara mencapai target yang digambarkan dan cara menangani logistik ini setiap hari atau setiap minggu dengan informasi yang lebih akurat tentang permintaan dan pasokan. Dengan demikian, komponen operasional melibatkan penentuan permintaan harian atau mingguan pengumpulan golongan darah tertentu untuk menghasilkan produk tertentu guna menyediakan pasokan darah yang efektif dengan mempertimbangkan persyaratan penyimpanan dan pemanfaatan.

Perencanaan produksi jangka menengah terdiri dari penentuan target utama terkait jumlah darah mingguan atau bulanan yang akan diproses di berbagai pusat darah, biasanya dalam kerangka tahunan, dengan mempertimbangkan strategi pengumpulan dan tingkat layanan yang diinginkan di titik-titik permintaan. Mirip dengan rencana pengumpulan, jumlah produksi yang direncanakan menetapkan kerangka untuk penjadwalan produksi setiap hari. Penjadwalan produksi jangka pendek terdiri dari penentuan kapan dan produk darah mana yang akan diproduksi.

II.1.2 Production

Aktivitas pemrosesan berkaitan dengan pengolahan komponen darah, yang paling umum ditangani dalam rantai pasokan darah yaitu: darah utuh segar dan tiga komponen utamanya, sel darah merah, trombosit, dan plasma (Thomas et al., 2018b). Pengolahan darah lengkap/ *Whole Blood* (WB) menjadi tiga komponen (1)

Sel Darah Merah Pekat/ *Packed Red Cells* (PRC), (2) Plasma Segar Beku/ *Fresh Frozen Plasma* (FFP), (3) Trombosit Konsentrat/ *Thrombocyte Concentrate* (TC) (Ben Elmir et al., 2023).

Darah pertama kali memasuki rantai pasokan setelah diberikan oleh donor sukarela. Donor pada awalnya diskriining untuk menentukan apakah mereka memiliki karakteristik risiko untuk penularanmisi patogen, seperti virus hepatitis B atau C (HBV atau HCV). Pemeriksaan yang cermat ini skrining ini menawarkan mekanisme penting untuk membantu mengurangi risiko penularan patogen kepada penerima melalui transfusi. Seorang donor umumnya diizinkan untuk memberikan hanya satu unit darah lengkap segar (*whole blood*) setiap 56 hari. Hal ini memungkinkan tubuh donor waktu untuk pulih, sehingga memberikan waktu yang aman untuk memproduksi unit darah lainnya (Thomas et al., 2018b).

Dalam beberapa keadaan darurat yang akan kami uraikan nanti, WB dapat ditransfusikan. Jika demikian, WB harus ditransfusikan dalam waktu 24 jam setelah pengambilan ketika disimpan pada suhu kamar dan biasanya dalam waktu 21 hari jika disimpan dalam lemari es, setelah diberi bahan pengawet. Hal ini dikarenakan terhadap batas waktu mengurangi risiko pertumbuhan bakteri dalam darah yang pertumbuhan bakteri dalam darah yang disumbangkan dan membatasi tingkat penurunan potensinya. Namun, unit yang diberikan oleh pendonor umumnya bukan darah yang akan yang akan ditransfusikan kepada pasien.

Setelah satu WB dikumpulkan (biasanya dalam volume sekitar 450 mililiter, unit tersebut diuji di laboratorium untuk memastikan keamanannya untuk transfusi berikutnya. Laboratorium akan menjalankan panel tes dan tes skrining untuk untuk mengevaluasi keberadaan sejumlah vektor penyakit, seperti human immunodeficiency *human immunodeficiency virus* (HIV) dan *human T-cell lymphotropic virus* (HTLV). Jika ada patogen terdeteksi, darah akan dikeluarkan dari rantai pasokan dan dimusnahkan dengan aman. Setelah pengujian, FWB akan dipisahkan menjadi komponen penyusunnya sel darah merah trombosit, dan plasma. Praktik medis terbaik saat ini mendukung penggunaan komponen-komponen ini komponen ini daripada penggunaan WB dalam merawat pasien, karena perawatan untuk setiap pasien dapat disesuaikan dengan lebih baik melalui pemilihan produk darah yang sesuai dengan kondisi pasien tersebut.

II.1.3 Distribusi dan Transportasi

Distribusi adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk memindahkan dan menyimpan produk dari tahap pemasok ke tahap pelanggan dalam rantai pasok (Chopra & Meindl, 2007). Distribusi produk adalah bagian dari manajemen rantai pasokan yang merencanakan, mengimplementasikan, dan mengendalikan aliran efisien dan efektif, dengan keterkaitan antara titik asal dan titik pengiriman. Berikut adalah beberapa fungsi dasar manajemen distribusi dan transportasi secara umum:

1. Menentukan moda transportasi yang akan digunakan

Menentukan moda transportasi merupakan hal yang penting karena setiap moda memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, baik dari segi biaya maupun waktu.

2. Konsolidasi informasi distribusi

Salah satu bentuk konsolidasi distribusi adalah dengan menyatukan beberapa permintaan *outlet* atau *outlet* yang berbeda dalam satu truk.

3. Penjadwalan dan penentuan rute distribusi

Menentukan keberangkatan transportasi dan rute mana yang harus dilalui untuk memenuhi semua permintaan. Penentuan rute sangat dibutuhkan oleh perusahaan yang memiliki jumlah pelanggan yang banyak sehingga apabila terjadi tidak tepatan dalam pengambilan keputusan akan berdampak pada biaya distribusi yang tinggi.

Mengenai masalah perencanaan distribusi tantangannya adalah mengoordinasikan penyebaran inventaris dari pusat darah untuk memenuhi permintaan (distribusi keluar). Rencana distribusi keputusan di mana proses produksi harus dilakukan dan bagaimana produk darah harus dialokasikan di antara permintaan, yang bergantung pada karakteristik produk dan kemampuan peralatan produksi dan personel fasilitas yang ada. Hal ini harus mempertimbangkan armada transportasi yang tersedia dan kapasitas penyimpanan. Sementara perencanaan distribusi jangka menengah menetapkan jumlah transportasi mingguan atau bulanan untuk produk darah, penjadwalan transportasi. Distribusi jangka pendek menentukan kapan dan ke mana setiap kendaraan pergi dan apa yang dibawanya (Meneses et al., 2023).

II.1.4 *Green Logistic* untuk Distribusi Darah

Green Logistics dalam pendistribusian darah merujuk pada praktik pengelolaan dan pengiriman darah serta produknya dengan mempertimbangkan aspek lingkungan dan habitat. Dalam konteks ini, *green logistic* berfokus pada pengurangan dampak lingkungan dari proses distribusi, termasuk emisi gas rumah kaca, penggunaan energi, dan limbah yang dihasilkan. Beberapa elemen kunci dari *green logistic* dalam distribusi darah meliputi (Kumar & Kumar, 2018a):

1. Pengurangan Emisi: Mengoptimalkan rute pengiriman untuk mengurangi jarak tempuh dan waktu perjalanan, dimana dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi CO₂. Ini penting karena emisi dari kendaraan pengiriman berkontribusi pada perubahan iklim.
2. Penggunaan Kendaraan Ramah Lingkungan: Menggunakan kendaraan yang lebih efisien dalam hal konsumsi bahan bakar atau kendaraan listrik untuk mengurangi jejak karbon dari distribusi.
3. Manajemen Waktu Jendela: mengatur pengiriman dalam waktu yang telah ditentukan (*time windows*) untuk memastikan bahwa darah yang dikirim sampai di tujuan dalam kondisi terbaik, serta meminimalkan waktu tunggu yang dapat mengakibatkan pemborosan sumber daya.
4. Analisis Biaya Ekonomi dan Lingkungan: Menggunakan sistem pendukung keputusan yang mempertimbangkan biaya ekonomi (seperti biaya bahan bakar, tenaga kerja, dan kendaraan) serta biaya lingkungan (seperti penalti untuk emisi CO₂) untuk memilih strategi distribusi yang paling efisien.

Dalam penelitian yang dilakukan yaitu mengembangkan sistem pendukung keputusan berbasis algoritma genetik untuk membantu organisasi logistik dalam memilih skema transportasi yang tepat dengan mempertimbangkan biaya ekonomi dan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi pengambilan penuh dalam waktu jendela rendah memberikan biaya total terendah, yang menunjukkan manfaat dari pendekatan logistik ramah lingkungan dalam distribusi darah.

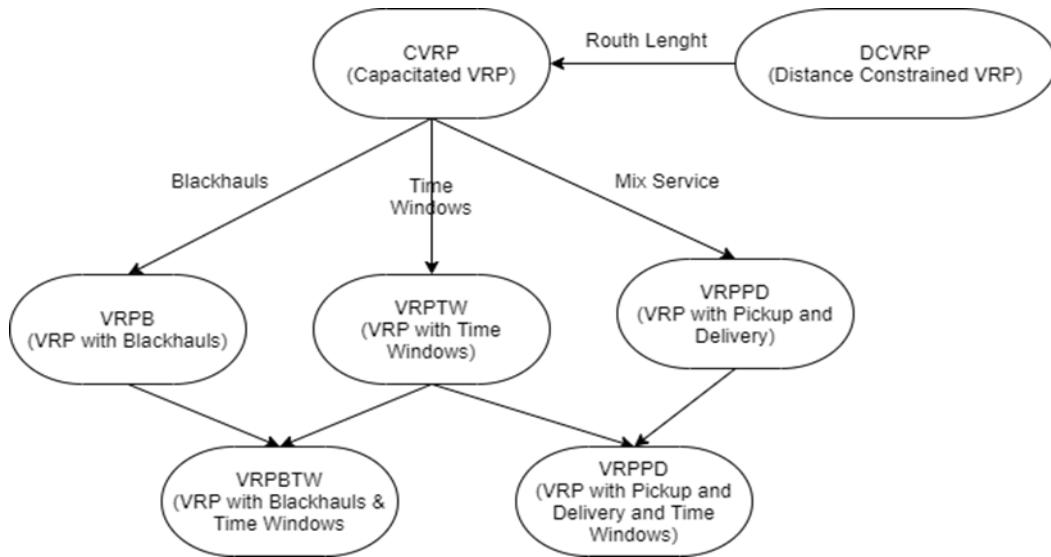
II.2 *Vehicle Routing Problem* (VRP)

Vehicle Routing Problem memiliki peran penting dalam manajemen logistik. Peran VRP adalah merancang rute optimal yang digunakan oleh sejumlah kendaraan untuk melayani sejumlah pelanggan dengan permintaan yang diketahui. Tujuan dari

masalah *routing* kendaraan adalah untuk merutekan kendaraan dengan tarif terendah sehingga (Toth & Vigo, 2002):

1. Setiap rute dimulai dan berakhir di depot (titik awal).
2. Setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali dengan satu kendaraan.
3. Jumlah permintaan dari rute kendaraan yang ada tidak melebihi kapasitas kendaraan.

Penerapan VRP dalam perancangan rute diilustrasikan pada gambar di bawah ini:



Gambar II. 3 *Vehicle Routing Problem*

II.2.1 Capacitated Vehicle Routing Problem

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan salah satu VRP yang membahasa tentang perancangan rute dengan mempertimbangkan kapasitas, bertujuan untuk merancang rute yang mengurangi total jarak atau waktu tempuh armada kendaraan, sehingga meningkatkan efisiensi sumber daya dan efektivitas biaya dalam aktivitas logistik. CVRP diterapkan secara khusus untuk meminimalkan total waktu perjalanan kendaraan yang mendistribusikan pasokan darah dari satu pusat (depo) yaitu PMI ke sejumlah penerima seperti rumah sakit, bank darah, klinik dll. Masalah CVRP ini memiliki beberapa keterbatasan untuk memastikan solusi yang layak dan praktis (Nurprihatin et al., 2019):

1. Setiap rute dimulai dan diakhiri pada depot yang sama.
2. Setiap pelanggan dikunjungi tepat sat kali dengan satu kendaraan.
3. Total kebutuhan setiap rute tidak melebihi batas kapasitas kendaraan.

II.2.2 Vehicle Routing Problem with Time Window

Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) merupakan pengembangan dari *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang mempertimbangkan batasan waktu dalam mengirimkan barang atau jasa kepada pelanggan. Pada VRPTW, setiap titik tujuan memiliki batasan waktu tertentu yang disebut dengan *time window*, yaitu jangka waktu dimana pengiriman harus dilakukan. Jika kendaraan tiba sebelum atau sesudah time window yang ditentukan, maka pengiriman tidak dapat dilakukan atau dikenakan penalti.

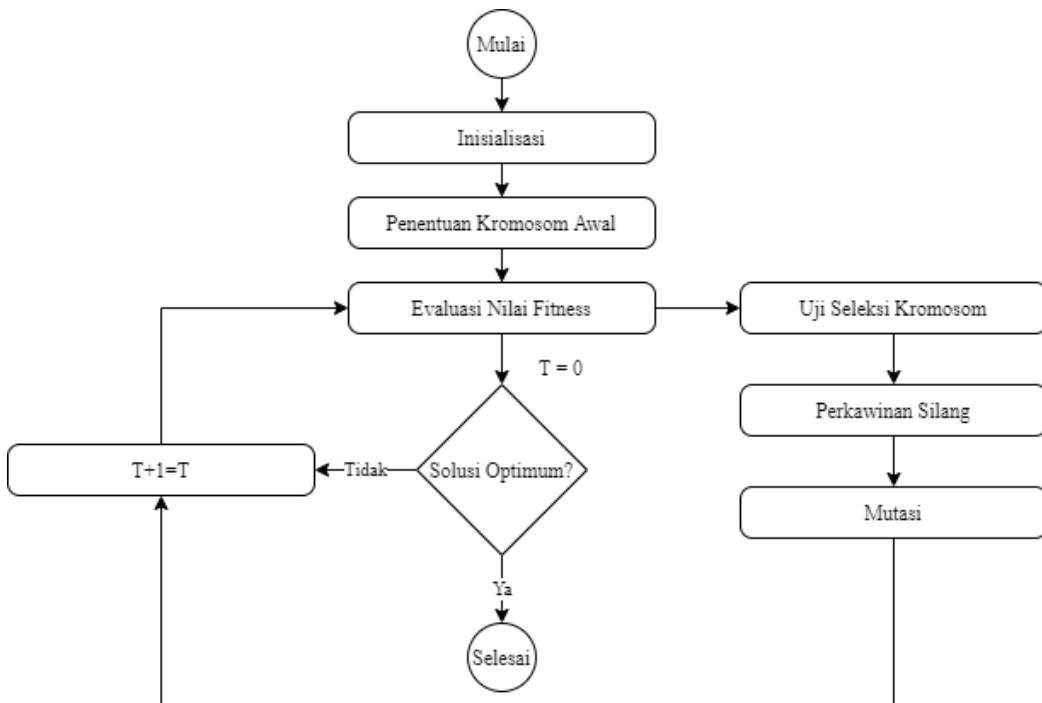
VRPTW diklasifikasikan sebagai masalah NP-hard, yang berarti semakin banyak titik tujuan dan kendaraan, maka semakin kompleks perhitungannya (Chen et al., 2007). Oleh karena itu, metode optimasi seperti heuristik, metaheuristik, dan pendekatan matematis sering digunakan untuk menyelesaikan masalah ini.

II.3 Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan algoritma dengan pendekatan metaheuristik yang termasuk dalam kelompok ini algoritma evolusioner. elemen dasar dari algoritma genetika adalah reproduksi, *crossover*, dan mutasi. Dalam algoritma genetika, prosedur pencarian hanya berdasarkan nilai fungsi objektif, tidak ada penggunaan gradien atau teknik kalkulus (Santosa & Willy, 2011). Algoritma genetika mungkin tidak selalu mencapai hasil terbaik, tetapi seringkali menyelesaikan masalah dengan cukup baik (Suprayogi & Mahmudy, 2015). Ciri-ciri suatu masalah dapat diselesaikan dengan menggunakan algoritma genetika adalah (Basuki, 2003):

1. Memiliki fungsi tujuan optimasi non-linear dengan banyak kendala yang juga berbentuk non-linear.
2. Memiliki kemungkinan penyelesaian yang tak terbatas.
3. Memerlukan solusi “*real time*” dalam arti solusi dapat diperoleh dengan cepat sehingga dapat diimplementasikan untuk masalah yang perubahannya cepat.
4. Memiliki multi tujuan dan multi kriteria, sehingga diperlukan solusi yang dapat diterima oleh semua pihak. Reproduksi, *crossover*, dan mutasi adalah elemen dari algoritma genetika.

Berikut langkah-langkah dasar dalam Algoritma Genetika (Kumar & Kumar, 2018a):



Gambar II. 4 Langkah-langkah algoritma Genetika

1. Pengkodean Kromosom

Setiap kromosom merepresentasikan rute pengantaran yang memungkinkan. Metode pengkodean yang umum digunakan adalah berbasis permutasi simpul, di mana setiap kromosom adalah permutasi simpul yang mewakili lokasi pelanggan.

2. Inisialisasi Populasi

Satu set solusi awal (populasi awal) dibuat secara acak. Ukuran populasi sangat penting, karena ukuran yang kecil dapat menghasilkan solusi lokal, sementara ukuran yang besar dapat meningkatkan probabilitas untuk menemukan solusi global, meskipun dengan waktu komputasi yang lebih.

3. *Fitness Function*

Fungsi fitness dihitung untuk setiap kromosom dalam populasi, yang bertujuan untuk meminimalkan jumlah jarak tempuh dan penalti. Fungsi ini menggabungkan biaya perjalanan dan penalti karena melanggar batas waktu.

4. Kriteria Penghentian

Algoritma genetika memiliki kriteria penghentian untuk menentukan kapan proses harus dihentikan. Kriteria ini dapat berupa jumlah maksimum

generasi yang telah dilalui atau tidak ada peningkatan dalam fungsi fitness setelah sejumlah generasi tertentu.

5. Seleksi Kromosom

Operator pemilihan turnamen biner digunakan untuk memilih kromosom untuk persilangan. Dua kromosom dipilih secara acak dan kromosom yang memiliki kebugaran yang lebih baik akan diteruskan ke generasi berikutnya.

6. *Crossover* dan Mutasi

Crossover adalah mekanisme utama dalam algoritma genetika yang menggabungkan informasi dari dua kromosom (orang tua) untuk menghasilkan kromosom baru (keturunan). Pada penelitian ini, metode *crossover* yang digunakan adalah order *crossover* (OX).

Mutasi dilakukan dengan cara memilih secara acak dua gen pada setiap kromosom dan menukarinya. Hal ini bertujuan untuk mencegah konvergensi dini dan mengeksplorasi ruang pencarian yang lebih luas.

7. Pengulangan Proses

Langkah-langkah evaluasi fitness, seleksi, *crossover*, dan mutasi diulang sampai kriteria berhenti terpenuhi.

II.4 Artificial Intelligence

Artificial Intelligence (AI) mengacu pada pembuatan mesin yang sama cerdasnya dengan otak manusia. Dalam Ilmu Komputer, AI berarti studi tentang "agen cerdas": perangkat apa pun yang memahami lingkungannya dan mengambil tindakan yang memaksimalkan kemungkinan untuk mencapai tujuannya. Secara informal, istilah "kecerdasan buatan" diterapkan ketika sebuah mesin dapat melakukan fungsi yang diasosiasikan manusia dengan pikiran manusia lainnya, seperti "pembelajaran" dan "pemecahan masalah" (Shinde & Shah, 2018). Ilmuwan Komputer telah melakukan upaya sejak tahun 1950-an dalam domain pembelajaran mesin. Sejak beberapa dekade terakhir, upaya luar biasa dilakukan dalam kemajuan pembelajaran mesin, hal ini mengarah pada ekspektasi yang lebih tinggi dari mesin. Dalam distribusi dan manajemen rantai pasokan, *Machine Learning* (ML) dan *Deep Learning* (DL) digunakan untuk mengoptimalkan berbagai aspek, seperti perencanaan rute, peramalan permintaan, pemeliharaan inventaris, serta

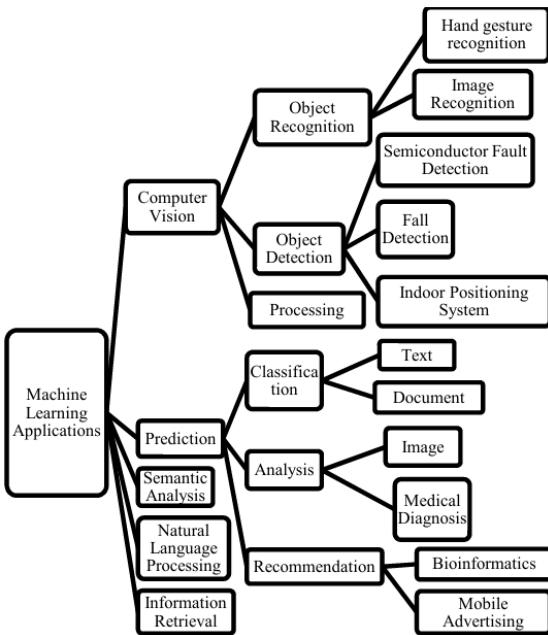
pemantauan kondisi pengiriman. Namun keduanya memiliki perbedaan utama dalam kompleksitas model, kebutuhan data, dan interpretabilitas.

Aspek	<i>Machine Learning (ML)</i>	<i>Deep Learning (DL)</i>
Kompleksitas Model	Lebih sederhana, menggunakan algoritma tradisional seperti SVM, Decision Tree, dan Random Forest	Lebih kompleks, menggunakan jaringan saraf tiruan (<i>Neural Networks</i>) dengan banyak lapisan
Kebutuhan Data	Bisa bekerja dengan data dalam jumlah kecil hingga menengah	Membutuhkan data dalam jumlah besar untuk pelatihan yang efektif
Kecepatan & Efisiensi	Biasanya lebih cepat dalam pelatihan dengan data kecil	Memerlukan waktu pelatihan yang lebih lama karena proses komputasi yang lebih berat
Akurasi	Cukup tinggi untuk permasalahan standar	Lebih tinggi terutama untuk analisis data yang kompleks dan tidak terstruktur
Contoh Pengaplikasian	Peramalan permintaan, optimasi rute berbasis clustering, manajemen inventaris	Pemrosesan untuk mendeteksi kondisi produk, optimasi rute berbasis data sensor <i>real-time</i>

II.4.1 *Mechine Learning*

Algoritma *machine learning* yang banyak digunakan adalah *Linear Classifier*, Regresi Logistik, *Naïve Bayes* (NB), *Bayesian Network*, *Support Vector Machines* (SVM), *Decision Tree*, *Random Forest*, *AdaBoost*, *Bootstrap Agregasi* (Bagging), *k-Nearest Neighbor* (k-NN) dan *Artificial Neural Network* (ANN) (Shinde & Shah, 2018). Ada berbagai macam kerangka kerja pembelajaran mesin sumber terbuka yang tersedia yang memungkinkan pembelajaran mesin untuk membuat, mengimplementasikan, dan memelihara sistem pembelajaran mesin, menghasilkan proyek-proyek baru, dan menciptakan sistem pembelajaran mesin yang berdampak besar. Beberapa kerangka kerja pembelajaran mesin dan versinya yang tersedia pada tahun 2017 adalah sebagai berikut: Apache Singa (1.0), Shogun (4.1.0), Apache Mahout (0.12.2), Apache Spark MLib (2.0.1), TensorFlow (0.10.0), Oryx 2

(2.2.1), Accord.NET (3.1.0), dan Amazon Machine Learning (2017) (Shinde & Shah, 2018). Dengan menggunakan kerangka kerja di atas, setiap aplikasi pembelajaran mesin dapat diimplementasikan.



Gambar II. 5 *Machine Learning Applications*

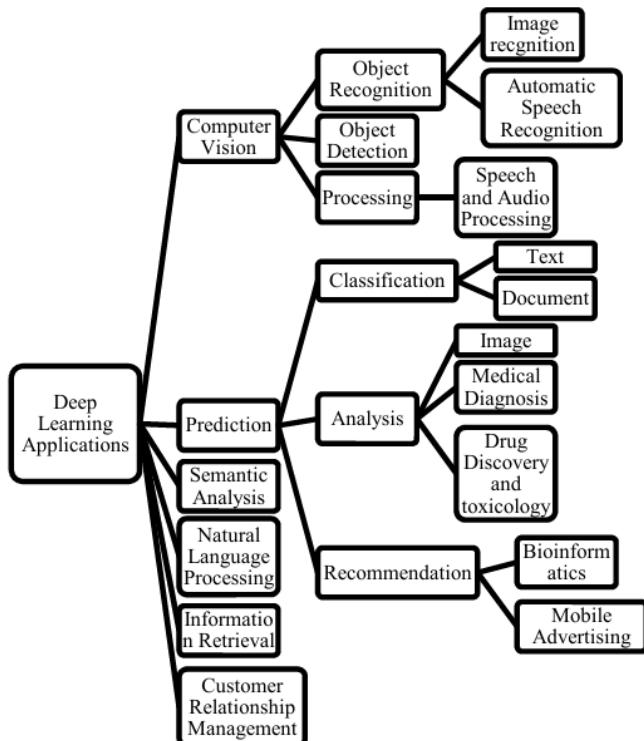
(Sumber: (Shinde & Shah, 2018))

Dalam distribusi logistic optimalisasi rute pengiriman adalah proses menentukan jalur terbaik bagi kendaraan untuk mengirimkan barang dengan biaya dan waktu minimal. Dalam konteks logistik dan rantai pasokan, optimalisasi rute sangat penting untuk mengurangi keterlambatan, meningkatkan efisiensi bahan bakar, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. *Machine Learning* (ML) memungkinkan perusahaan mengembangkan sistem optimalisasi rute yang lebih dinamis dan adaptif dibandingkan dengan metode konvensional seperti algoritma heuristik (misalnya Dijkstra atau Algoritma A*)

II.4.2 *Deep Learning*

Saat ini, era baru yang disebut *Deep Learning* telah berkembang dimulai secara umum pada tahun 2005 dengan gabungan dari berbagai penemuan dari rentang waktu yang signifikan oleh para peneliti Hinton, Andrew Ng, LeCun, Bengio, dan peneliti lainnya (Shinde & Shah, 2018). Pembelajaran mendalam adalah bagian dari pembelajaran mesin. Ini adalah jaringan saraf dengan sejumlah besar lapisan dan parameter. Sebagian besar metode *deep learning* menggunakan arsitektur jaringan

saraf. Oleh karena itu, metode ini juga disebut sebagai jaringan saraf dalam. Singkatnya, *deep learning* menggunakan kaskade dari beberapa lapisan unit pemrosesan nonlinier untuk ekstraksi fitur dan transformasi. Lapisan yang lebih rendah yang dekat dengan input data mempelajari fitur sederhana, sementara lapisan yang lebih tinggi mempelajari fitur yang lebih kompleks yang berasal dari fitur lapisan yang lebih rendah. Arsitektur membentuk representasi fitur yang hierarkis dan kuat. Ini berarti bahwa *deep learning* cocok untuk menganalisis dan mengekstraksi data yang dikumpulkan dari berbagai sumber (Zhang et al., 2018).



Gambar II. 6 *Deep Learning Applications*

(Sumber: (Shinde & Shah, 2018))

Ada berbagai kerangka kerja pembelajaran mendalam yang dapat digunakan oleh para peneliti untuk mengimplementasikan teknik pembelajaran mendalam apa pun. Berbagai kerangka kerja *deep learning* dan versinya yang tersedia di tahun 2017 adalah sebagai berikut: Theano oleh MILA (2017), TensorFlow oleh Google (0.10.0), PyTorch oleh Facebook (2017), Microsoft Cognitive Toolkit oleh Microsoft (2. 0), Caffe2 oleh Facebook (2017), MXNet oleh Apache (1.0.0), Deep learning Open Source (0.9.1), H2o.aiOpen-Source (Tutte 3.10.2.2), Spark oleh Apache (2.2.1) (Shinde & Shah, 2018).

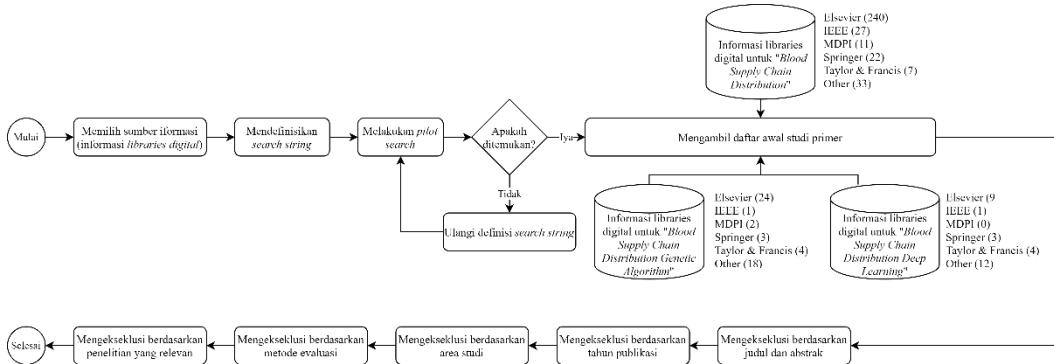
Aplikasi *deep learning* akan dieksplorasi di area-area yang lebih baru seperti medis, menciptakan suara, seni, komputer, robot, prediksi, mobil tanpa pengemudi, dan Big Data. Beberapa masalah juga dapat diatasi dengan menggunakan *deep learning* seperti pewarnaan otomatis, terjemahan mesin otomatis, pembuatan teks otomatis, pembuatan tulisan tangan otomatis, pengenalan gambar, pembuatan keterangan gambar otomatis, periklanan (membuat iklan prediktif berbasis data, *real-time bidding*-RTB untuk iklan mereka, iklan *display* yang ditargetkan secara tepat dan banyak lagi), memprediksi gempa bumi dan sebagainya.

II.5 Penelitian Terdahulu

Blood Supply Chain (BSC) merupakan salah satu *supply chain* yang dimana dalam prosesnya dimulai dari pengumpulan, pengujian, pemrosesan hingga distribusi pada produk darah. Produk darah merupakan produk *perishable* yang sangat penting dalam perawatan medis, operasi, dan situasi darurat, proses distribusi pada darah memiliki kompleksitas karena produk ini harus dikirim dengan tepat waktu karena berkaitan dengan keselamatan nyawa manusia. Rantai pasok darah memiliki tantangan besar karena bersifat fluktuatif, selain itu meskipun darah didonasikan secara sukarela, biaya terkait seperti tenaga kerja, pengujian, pemisahan darah menjadi produk-produk turunan, penyimpanan, dan distribusi tetap diperlukan. Akan tetapi, sebagian besar produk darah memiliki masa simpan terbatas, sehingga ketidaksesuaian waktu dapat menyebabkan kekurangan atau kerusakan produk karena memiliki masa umur simpan yang pendek, yang menambah kompleksitas.

Mengelola BSC di PMI Kab. Malang yaitu pengiriman sejumlah komponen darah dengan beberapa jenis darah yaitu A, B, AB, dan O ke sejumlah BDRS dan UTD yang berada di Jawa Timur. Studi komprehensif dalam penelitian ini melibatkan serangkaian langkah yang sistematis dalam mengumpulkan dan menyaring sejumlah informasi yang relevan. Proses ini dimulai dengan pemilihan sumber informasi digital yaitu artikel, jurnal, dan publikasi terkait distribusi darah. Kemudian pada tahap selanjutnya yaitu penyaringan dan pemilihan studi primer berdasarkan penelitian yang relevan, kriteria ini mencakup topik yang berhubungan dengan distribusi darah. Tahapan ketiga yaitu penulis melakukan observasi ke objek penelitian dengan fokus penelitian dari awal mendapatkan darah hingga ke

distribusi darah, kemudian dengan menerapkan alur yang terstruktur dalam studi komprehensif, penelitian mengenai distribusi darah dapat menghasilkan sintesis literatur yang menyeluruh dan representatif. Hal ini memberikan dasar yang kuat untuk memahami tren, temuan, dan perkembangan terkini dalam distribusi darah yang dapat menjadi landasan bagi penulis lebih lanjut dan pengembangan terkait distribusi darah.



Gambar II. 7 Studi komprehensif penelitian *blood supply chain*

Gambar II.2 merupakan tahapan seleksi tentang BSC dengan beberapa sumber informasi jurnal Elsevier, IEEE, MDPI, Springer, Taylor & Francis, dan beberapa jurnal lainnya. Penggunaan dengan kata kunci “*Blood Supply Chain Distribution*” menghasilkan 340 jurnal, kemudian dengan kata kunci “*Blood Supply Chain Distribution Genetic Algorithm*” menghasilkan 52 jurnal hal ini menunjukkan bahwa penelitian terkait rantai pasok darah terkhusus dengan menggunakan algoritma genetika dalam distribusi masih jarang diteliti. Penelitian penggunaan dengan kata kunci “*Blood Supply Chain Distribution Deep Learning*” menghasilkan 29 jurnal menunjukkan masih jarang diteliti terutama metode *deep learning* masih terbilang baru. Hal ini mencerminkan bahwa ketersediaan literatur yang cukup untuk mendukung pemeriksaan dalam sub bab ini. Sintesis berbagai perspektif dan metodologi yang dilakukan para peneliti diharapkan dapat memberikan kontribusi pada analisis yang lebih holistik tentang kondisi pengetahuan saat ini di bidang ini. Saat tinjauan memasuki tahap sintesis dan analisis, diharapkan adanya celah potensial dan peluang untuk penelitian lebih lanjut dalam penelitian tentang *Blood Supply Chain Distribution Genetic Algorithm and Deep Learning*.

Berikut merupakan perbandingan metode dan algoritma dalam penyelesaian masalah

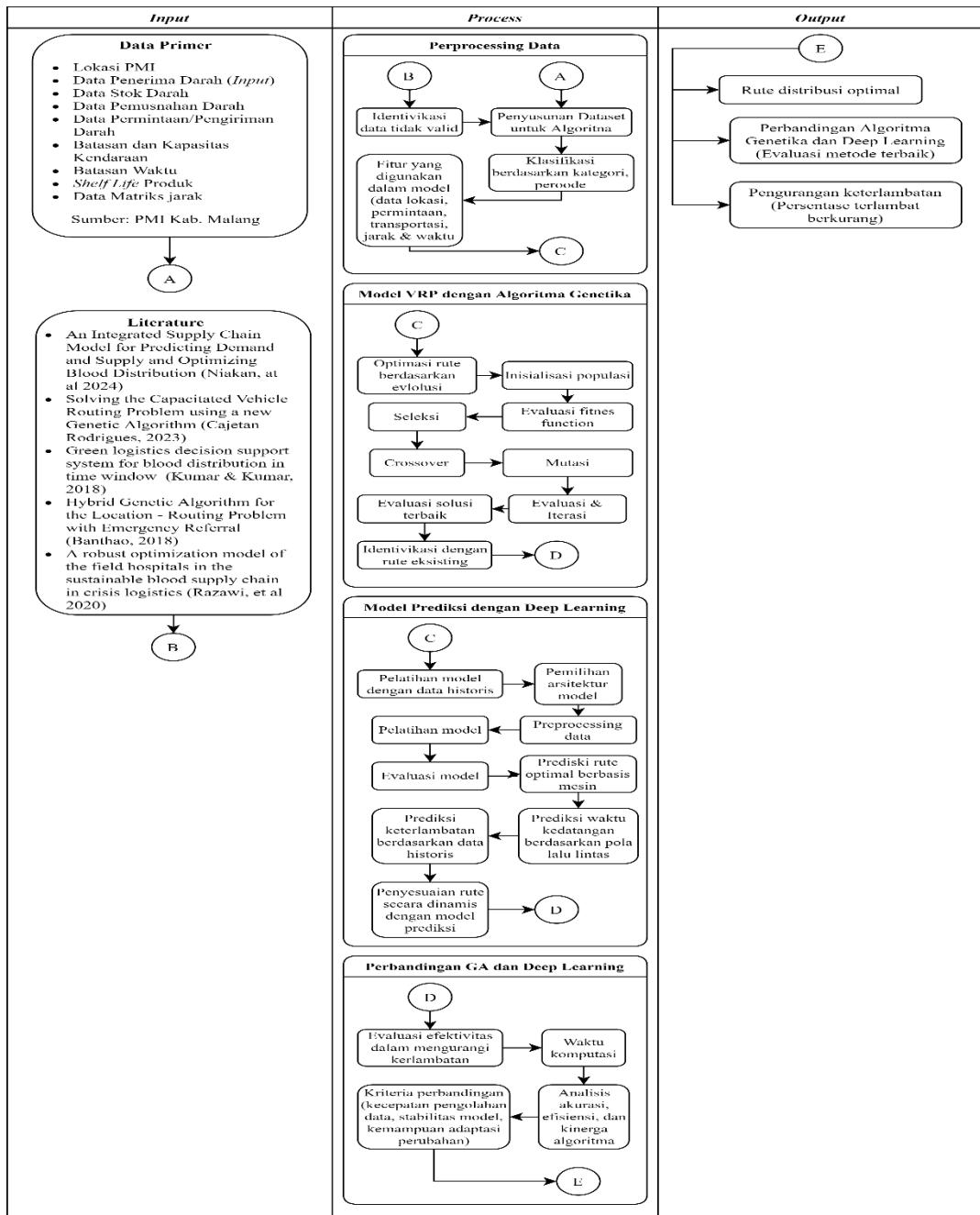
Tabel II. 1 Metode dan Algoritma Penyelesaian Terdahulu

Metode dan Algoritma Penyelesaian		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Jurnal Information	Author	Manoj	Mahdi	Mohammad	Agus	Reza	Agus	Mahan	Marouane	K. Ganesh,	Ahmed	Niakan,	Zhiyi	Niloufar	Seyed	Abdelmalek	Javid	Tejinder	Fatemeh	Sreeparnesh
	Year	2018	2019	2017	2023	2017	2025	2025	2022	2014	2024	2024	2024	2020	2019	2025	2021	2024	2024	2024
	Publisher	Int. J. Logistics Systems and Management	Taylor & Francis	Elsevier	Elsevier	Elsevier	Elsevier	Journal of Future Digital Optimization (JFDO)	International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)	Int. J. Logistics Systems and Management	Elsevier	MDPI	Springer	Taylor & Francis	Springer	Proceedings of International Conference on Decision Aid and Artificial Intelligence	IJIE	SSRN	International Journal of Industrial Engineering and Operational Research (IJIEOR)	Springer
Mix Integer Linear Programming (MILP)	v	v	v	v	v	v	v													
Multi-Choice Goal Programming (GAMGP)														v						
Nearest Neighbor																	v			
Fuzzy									v	v										
Simulter Annaling (SA)									v											
Genetic Algorithm (GA)	v							v		v	v	v	v	v	v	v	v	v		

Metode dan Algoritma Penyelesaian		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Jurnal Information	Author	Manoj	Mahdi	Mohammad	Agus	Reza	Agus	Mahan	Marouane	K. Ganesh,	Ahmed	Niakan,	Zhiyi	Niloufar	Seyed	Abdelmalek	Javid	Tejinder	Fatemeh	Sreeparnesh
	Year	2018	2019	2017	2023	2017	2025	2025	2022	2014	2024	2024	2024	2020	2019	2025	2021	2024	2024	2024
	Publisher	Int. J. Logistics Systems and Management	Taylor & Francis	Elsevier	Elsevier	Elsevier	Elsevier	Journal of Future Digital Optimization (JFDO)	International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)	Int. J. Logistics Systems and Management	Elsevier	MDPI	Springer	Taylor & Francis	Springer	Proceedings of International Conference on Decision Aid and Artificial Intelligence	IJIE	SSRN	International Journal of Industrial Engineering and Operational Research (IJIEOR)	Springer
Particle Swarm Optimization (PSO)											v			v						
Mechine Learning (ML)										v				v						
Deep Learning (DL)																	v	v		

II.6 Kerangka Pemikiran

Kerangka berpikir yang digunakan untuk mempermudah dalam mengkaji suatu permasalahan yang dibuat dalam bentuk model logika. Model tersebut menunjukkan relasi hubungan antara *variabel* yang ada di dalam penelitian. Berikut merupakan kerangka berpikir yang terdapat pada Penelitian.



Gambar II. 8 Kerangka berpikir

Gambar II.3 menunjukkan kerangka berpikir dari permasalahan PMI Kabupaten Malang untuk memberikan usulan perancangan rute distribusi darah. Kerangka berpikir dari permasalahan ini mulai dari *input* dan literatur yang berhubungan dengan penelitian, kemudian proses yang digunakan untuk mencapai tujuan dari penelitian dengan model acuan dikaji dan dinilai untuk menentukan parameter yang sesuai dan variabel keputusan hingga metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan perusahaan serta *output* yang akan dihasilkan. Berikut merupakan penjelasan dari kerangka berpikir:

1. *Input*

Data yang digunakan pada *input* terdiri dari beberapa jurnal acuan dan data di PMI Kabupaten dan Kota Malang yang terdiri dari data sejumlah lokasi PMI, lokasi pengiriman, data penerimaan darah, data stok darah, data forecasting, data permintaan, data distribusi, kendaraan, kapasitas, estimasi waktu.

2. *Process*

Setelah mengetahui data yang dibutuhkan pada *input*, dilakukan serangkaian tahapan analisis dan optimasi untuk menentukan rute distribusi darah yang optimal. Tahapan utama dalam pemrosesan data meliputi:

a. *Preprocessing Data*

Identifikasi data yang tidak valid, outlier, atau duplikasi, penanganan data yang hilang dengan interpolasi atau metode statistik, normalisasi skala data untuk konsistensi dalam model.

Penyusunan dataset untuk Algoritma yang terdiri dari klasifikasi data berdasarkan kategori (rumah sakit, UTD, lokasi pengiriman), pengelompokan berdasarkan periode waktu (harian, mingguan, bulanan), pemisahan dataset menjadi data latih, validasi, dan uji untuk model.

Fitur yang Digunakan dalam Model seperti data lokasi: koordinat rumah sakit, PMI, titik pengiriman. Data permintaan: kebutuhan darah berdasarkan golongan dan stok. Data transportasi: kapasitas kendaraan, jumlah armada, biaya operasional. Data jarak dan waktu:

estimasi waktu tempuh, kondisi lalu lintas. Data lingkungan: emisi karbon, konsumsi bahan bakar.

b. Model VRP dengan Algoritma Genetika (GA)

Optimasi rute berdasarkan evolusi: Inisialisasi populasi: membentuk solusi awal secara acak. Evaluasi *fitness function*: menilai solusi berdasarkan jarak, waktu, dan biaya. Seleksi (selection): memilih individu terbaik untuk generasi berikutnya. Crossover: kombinasi solusi terbaik untuk menciptakan solusi baru. Mutasi (mutation): memodifikasi solusi untuk meningkatkan variasi. Evaluasi dan iterasi: berulang hingga mencapai solusi optimal.

Evaluasi solusi terbaik untuk rute optimal dengan perbandingan antara generasi solusi, identifikasi rute dengan keterlambatan.

c. Model Prediksi dengan *Deep Learning*

Pelatihan model menggunakan data historis pemilihan arsitektur model: CNN, RNN, atau LSTM untuk analisis sekuensial. Preprocessing data: Normalisasi dan *encoding* kategori. Pelatihan model: *backpropagation* dan optimasi *loss function*. Evaluasi model: RMSE, MSE, atau MAE untuk menilai akurasi

Prediksi rute optimal berbasis pembelajaran mesin: prediksi waktu kedatangan berdasarkan pola lalu lintas, prediksi keterlambatan berdasarkan data historis.

d. Perbandingan Model GA dan *Deep Learning*

Evaluasi efektivitas dalam mengurangi keterlambatan dengan perbandingan akurasi antara GA dan *Deep Learning* dan waktu komputasi yang dibutuhkan untuk optimasi

Analisis akurasi, efisiensi, dan kinerja algoritma genetic algorithm (GA): Efektif dalam eksplorasi solusi optimal. Deep Learning:

Unggul dalam analisis pola data jangka panjang

Kriteria perbandingan, kecepatan pengolahan data, stabilitas model dalam skenario berbeda, kemampuan model dalam adaptasi perubahan.

3. *Output*

Berdasarkan hasil pemrosesan dan analisis, penelitian ini akan menghasilkan output yang dapat menjadi dasar rekomendasi bagi PMI Kabupaten Malang dalam meningkatkan efisiensi distribusi darah. *Output* yang dihasilkan meliputi:

a. Rute Distribusi Optimal

Rekomendasi rute terbaik yang dapat digunakan untuk mendistribusikan darah dengan waktu tercepat dan biaya minimal.

b. Perbandingan GA dan *Deep Learning*

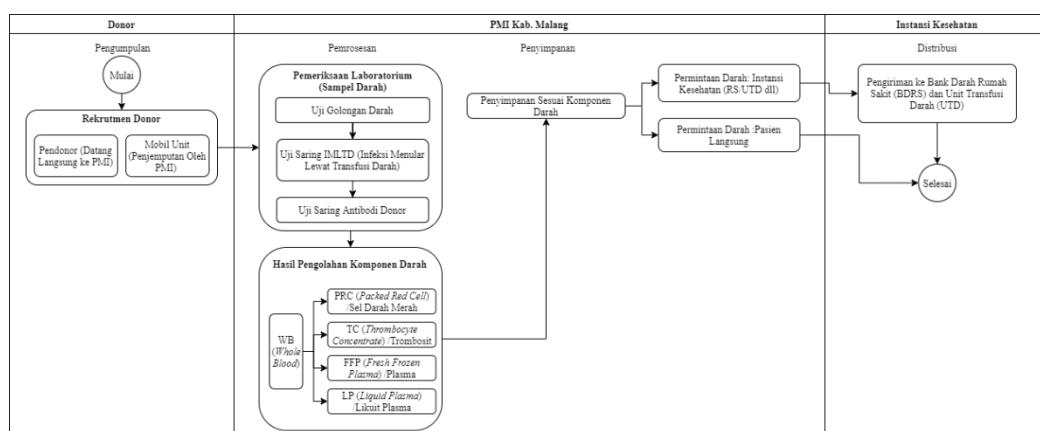
Evaluasi metode mana yang lebih efektif dalam optimasi rute distribusi darah.

c. Pengurangan Keterlambatan

Persentase keterlambatan yang berhasil dikurangi dengan penerapan model optimasi.

II.8 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian berfungsi sebagai penggambaran objek penelitian dengan permasalahan yang terjadi serta melihat adakah *stakeholder* yang terlibat.



Gambar II. 9 Ruang lingkup penelitian

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengurangi keterlambatan dari aktivitas distribusi di PMI Kab. Malang, penelitian ini memberikan fokus utama pada meminimalkan keterlambatan. Dalam konteks ini ruang lingkup penelitian dibatasi dengan beberapa aspek yang mencangkup aktivitas distribusi dengan penjelasan sebagai berikut.

1. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini yaitu di PMI Kabupaten Malang, Jawa Timur yang berfokus pada aktivitas distribusi. Aktivitas distribusi darah terdiri dari 5 Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) dan 12 Unit Transfusi Darah (UTD) yang berada di kawasan Jawa Timur. Distribusi darah memiliki peran sangat penting terutama produk yang dikirimkan yaitu darah yang sifatnya *perishable* atau memiliki batasan usia dalam penyimpanan, beberapa komponen darah memiliki masa simpan yang berbeda seperti yang dijelaskan pada tabel I.1. Penelitian ini difokuskan pada perancangan rute distribusi darah yang optimal menggunakan Algoritma Genetika (GA) dan *Deep Learning* (DL) guna mengurangi keterlambatan distribusi di PMI Kabupaten Malang.

2. Aspek Data dan Variable Penelitian

Penelitian ini menggunakan berbagai jenis data yang relevan dengan distribusi darah, meliputi:

- a. Data Lokasi: Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) dan Unit Transfusi Darah (UTD).
- b. Data Permintaan Darah: Kebutuhan darah berdasarkan jenis dan volume dalam periode tertentu.
- c. Data Armada Transportasi: Kapasitas kendaraan, jumlah armada, spesifikasi kendaraan.
- d. Data Jarak dan Waktu: Estimasi jarak tempuh antar lokasi dan perkiraan waktu pengiriman.
- e. Data Historis Distribusi: Catatan keterlambatan, pola distribusi, serta kendala dalam pengiriman sebelumnya.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada perancangan rute distribusi darah yang optimal menggunakan Algoritma Genetika (GA) dan *Deep Learning* (DL) guna mengurangi keterlambatan distribusi di PMI Kabupaten Malang. Berikut merupakan ruang lingkup metode penelitian:

- a. *Preprocessing* Data: Melakukan pembersihan dan normalisasi data untuk meningkatkan kualitas *input* model.

- b. Optimasi Rute dengan Algoritma Genetika (GA): Menentukan rute distribusi darah optimal berbasis evolusi untuk mengurangi keterlambatan.
 - c. Prediksi Keterlambatan dengan *Deep Learning* (DL): Menggunakan data historis untuk membangun model prediksi keterlambatan distribusi darah.
 - d. Perbandingan Model GA dan DL: Menganalisis efektivitas kedua metode dalam mengoptimasi rute distribusi.
 - e. Evaluasi Multi-Objektif: Menilai hasil optimasi berdasarkan aspek operasional (waktu & keterlambatan), biaya (efisiensi ekonomi), dan lingkungan (reduksi emisi karbon).
4. Batasan Penelitian

Studi kasus penelitian ini hanya berlaku untuk PMI Kabupaten Malang dan belum diuji di wilayah lain. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari PMI Kabupaten Malang serta data sekunder yang relevan. Faktor eksternal seperti cuaca, kondisi darurat, dan perubahan kebijakan operasional tidak dimasukkan dalam model. Model optimasi hanya mempertimbangkan minimasi keterlambatan, efisiensi biaya, dan dampak lingkungan, tanpa memasukkan faktor lain seperti prioritas golongan darah atau kondisi pasien penerima.

II.9 Posisi Penelitian

Posisi penelitian dalam penulisan ini dijabarkan pada tabel II.1 dengan lebih lengkapnya dilampirkan pada halaman lampiran, untuk jumlah literatur sebanyak 150 kemudian dikerucutkan menjadi 4 dengan posisi penelitian sebagai berikut.

Tabel II. 2 Posisi penelitian

Peneliti	Judul	Tujuan	Objek Penelitian		Metode Penulisan		Variable Optimasi
			Invetory	Distribution	Empiris	Studi Literatur	
(Kumar & Kumar, 2018b)	<i>Green logistics decision support system for blood distribution in time window</i>	Mengembangkan sistem pendukung keputusan untuk distribusi darah dengan meminimalkan biaya ekonomi dan lingkungan melalui pengintegrasian logistik hijau.		v	v		Meminimalkan total biaya rute dan penalti terkait waktu: Setiap pelanggan harus dilayani sekali. Kapasitas kendaraan tidak boleh terlampaui. Waktu layanan harus sesuai dengan jendela waktu yang ditentukan
(Yousefi Nejad Attari et al., 2019)	A hybrid robust stochastic programming for a bi-objective blood collection facilities problem (Case study: Iranian blood transfusion network)	Mengembangkan model optimasi jaringan yang dapat mengatasi ketidakpastian dalam rantai pasokan darah, dengan fokus pada pengumpulan, pengujian, penyimpanan, dan distribusi darah.		v	v		Meminimalkan total biaya rantai pasokan: Meminimalkan waktu maksimum darah berada dalam jaringan. Kapasitas kendaraan dan fasilitas. Waktu maksimum darah dapat digunakan sebelum kadaluarsa.
(Samani et al., 2018)	<i>Integrated blood supply chain planning for disaster relief</i>	Mengembangkan model pemrograman linier campuran multi-objektif untuk merancang jaringan rantai pasokan darah yang terintegrasi untuk bantuan bencana.	v		v		Meminimalkan total biaya rantai pasokan. Meminimalkan permintaan yang tidak terpenuhi. Meminimalkan waktu penyimpanan produk darah. Kapasitas fasilitas Alokasi donor

Peneliti	Judul	Tujuan	Objek Penelitian		Metode Penulisan		Variable Optimasi
			Invetory	Distribution	Empiris	Studi Literatur	
							Perpindahan produk darah antar fasilitas
(Mansur et al., 2023)	<i>A mixed-integerlinear programming model for sustainable blood supply chain problems with shelf-life time and multiple blood types</i>	Mengembangkan model pemrograman linier campuran (MILP) untuk mengoptimalkan rantai pasokan darah dengan mempertimbangkan beberapa jenis darah, waktu simpan, dan emisi karbon.	v		v		Maksimalkan profit dalam sistem rantai pasokan darah sambil meminimalkan emisi karbon dan jumlah produk yang kadaluwarsa. Kapasitas produksi dan penyimpanan di bank darah dan rumah sakit. Permintaan darah dari rumah sakit dengan dan tanpa laboratorium. Biaya pembuangan untuk produk yang kadaluwarsa. Aturan FIFO untuk pengelolaan produk.
(Ramezanian & Behboodi, 2017)	<i>Blood supply chain network design under uncertainties in supply and demand considering social aspects</i>	Mendesain jaringan rantai pasokan darah dengan mempertimbangkan ketidakpastian dalam pasokan dan permintaan serta aspek sosial.	v	v	v		Meminimalkan biaya lokasi fasilitas, biaya pemindahan fasilitas sementara, biaya transportasi, biaya inventaris, dan biaya kekurangan darah.
(Mansur et al., 2025)	<i>An efficient blood supply chain network model with</i>	Menganalisis kekurangan koordinasi dalam rantai pasokan darah, serta mengoptimalkan biaya operasional	v	v	v		Minimalkan total biaya dalam rantai pasokan darah, yang terdiri dari biaya tetap, biaya akuisisi,

Peneliti	Judul	Tujuan	Objek Penelitian		Metode Penulisan		Variable Optimasi
			Inventory	Distribution	Empiris	Studi Literatur	
	<i>multiple echelons for managing outdated products</i>	dan mengurangi produk kedaluwarsa melalui model pemrograman linier campuran.					biaya produksi, biaya inventaris, biaya pembuangan, dan biaya transportasi.
(Farzin et al., 2025)	<i>A multi-objective optimization modeling approach using goal programming for designing a multi-period blood supply chain network under supply and demand uncertainty</i>	Model ini bertujuan untuk merancang jaringan rantai pasokan darah multi-periode dengan memperhatikan ketidakpastian pasokan dan permintaan, serta mempertimbangkan aspek sosial.	v	v	v		Meminimalkan biaya total (transportasi, penyimpanan, dan kekurangan). Memaksimalkan tingkat pelayanan kepada pasien. Memaksimalkan perekruitmen tenaga medis.
(El Midaoui et al., 2022)	<i>A fuzzy-based prediction approach for blood delivery using machine learning and genetic algorithm</i>	Mengembangkan pendekatan prediksi berbasis fuzzy untuk pengiriman darah yang efisien menggunakan algoritma genetika dan pembelajaran mesin.		v	v		Minimalkan total biaya pengiriman, termasuk biaya kendaraan dan biaya rute Kapasitas kendaraan tidak boleh terlampaui dengan setiap rumah sakit hanya boleh dilayani sekali per rute
(Ganesh et al., 2014)	<i>Evolving cost-effective routing of vehicles for blood bank logistics</i>	Menangani masalah distribusi dan pengumpulan darah untuk sistem kesehatan publik menggunakan pendekatan pemodelan rute kendaraan.		v	v		Meminimalkan total jarak yang ditempuh oleh kendaraan selama pengiriman dan pengumpulan darah. Kapasitas kendaraan tidak boleh terlampaui. Setiap node hanya dikunjungi

Peneliti	Judul	Tujuan	Objek Penelitian		Metode Penulisan		Variable Optimasi
			Inventory	Distribution	Empiris	Studi Literatur	
							sekali. Urutan pengiriman dan pengumpulan harus diikuti.
(Khedr, 2024)	<i>Enhancing supply chain management with deep learning and machine learning techniques: A review</i>	Jurnal ini bertujuan untuk mengidentifikasi kontribusi teknik deep learning (DL) dan machine learning (ML) dalam berbagai aspek manajemen rantai pasokan (SCM).		v		v	Meningkatkan efisiensi operasional dalam SCM dengan memanfaatkan teknologi canggih. Menganalisis dan mengulas kontribusi teknik Deep Learning (DL) dan Machine Learning (ML) dalam manajemen rantai pasokan (SCM) termasuk pemilihan pemasok, pengendalian produksi, dan estimasi permintaan.
(Niakan et al., 2024)	<i>An Integrated Supply Chain Model for Predicting Demand and Supply and Optimizing Blood Distribution</i>	Mengembangkan model rantai pasokan darah yang terintegrasi dan berbasis data untuk memprediksi permintaan dan pasokan darah serta mengoptimalkan distribusi darah.	v		v		Minimalkan kekurangan darah, minimalkan limbah akibat kedaluwarsa, dan maksimalkan kesegaran darah.
(Meng et al., 2024)	<i>Location-routing optimization of UAV collaborative blood delivery vehicle distribution on complex roads</i>	Mengoptimalkan lokasi dan rute distribusi kendaraan pengantar darah dengan menggunakan UAV dalam jaringan jalan yang kompleks.		v	v		Minimalkan total biaya pengiriman dan waktu pengantaran. Kapasitas kendaraan Waktu pengantaran

Peneliti	Judul	Tujuan	Objek Penelitian		Metode Penulisan		Variable Optimasi
			Invetory	Distribution	Empiris	Studi Literatur	
							Kualitas darah yang harus dipertahankan
(Razavi et al., 2021)	<i>A robust optimization model of the field hospitals in the sustainable blood supply chain in crisis logistics</i>	Mengembangkan model optimasi yang tangguh untuk mengelola rantai pasokan darah di rumah sakit lapangan selama krisis, dengan tujuan meminimalkan biaya dan meningkatkan distribusi darah yang adil.		v	v		Minimalkan total biaya transportasi dan maksimalkan cakupan permintaan darah Kapasitas kendaraan Permintaan darah di area terdampak Waktu pengiriman dan jangka waktu darah
(Ghorashi et al., 2020)	<i>Modeling and optimization of a reliable blood supply chain network in crisis considering blood compatibility using MOGWO</i>	Mengembangkan model multi-objektif untuk manajemen rantai pasokan darah darurat yang mempertimbangkan kompatibilitas darah, routing, dan keputusan lokasi-alokasi.		v	v		Minimalkan biaya total rantai pasokan. Maksimalkan keandalan minimum dari rute yang ditetapkan. Minimalkan total waktu transportasi
(Belhadj & Ben-Romdhane, 2025b)	<i>Combining Unsupervised Learning with the Genetic Algorithm for the Blood Delivery Problem</i>	Mengoptimalkan distribusi darah dengan mengurangi waktu perjalanan dan memastikan pengiriman tepat waktu menggunakan pendekatan hibrida yang menggabungkan DBSCAN dan Genetic Algorithm		v	v		Meminimalkan jarak dan waktu pengiriman darah ke rumah sakit. Kapasitas kendaraan. Jendela waktu pengiriman yang harus dipatuhi.

Peneliti	Judul	Tujuan	Objek Penelitian		Metode Penulisan		Variable Optimasi
			Inventory	Distribution	Empiris	Studi Literatur	
		untuk memecahkan masalah pengiriman darah.					
(Ghahremani-Nahr et al., 2021)	<i>Robust box Approach for blood supply chain network design under uncertainty: hybrid moth-flame optimization and genetic algorithm</i>	Mendesain jaringan pasokan darah (BSCN) untuk mengurangi total biaya jaringan pasokan dalam kondisi permintaan dan biaya transportasi yang tidak pasti.		v	v		Minimisasi total biaya jaringan pasokan darah, termasuk biaya pembangunan fasilitas, biaya pemeliharaan, dan biaya transportasi.
(Singh & Sinjana, 2024)	<i>Optimizing Hospital Logistics with Hybrid NGS for Blood Bag Delivery using Drones: HybridNGS Algorithm [Hybrid Nearest Neighbour, Genetic Algorithm, Simulated Annealing] for Drone Routing</i>	Mengoptimalkan logistik pengiriman kantong darah menggunakan algoritma HybridNGS yang menggabungkan algoritma Nearest Neighbor, Genetic Algorithm, dan Simulated Annealing		v	v		Meminimalkan total biaya rute pengiriman dengan mempertimbangkan biaya perjalanan antara node, penggunaan drone, dan penalti untuk rute yang tidak digunakan.
(Eshghi, 2024b)	<i>Multi-objective Design of a Blood Supply Chain Based on Sustainability Approach and Demand Prediction Using Deep Learning Algorithm</i>	Meningkatkan efisiensi dan efektivitas rantai pasokan darah dengan meminimalkan waktu pengiriman, mengurangi biaya, dan memaksimalkan kepuasan permintaan melalui pendekatan keberlanjutan dan prediksi permintaan.	v		v		Meminimalkan total biaya rantai pasokan darah. Meminimalkan waktu pengiriman darah. Meminimalkan biaya transportasi lingkungan. Memaksimalkan kepuasan permintaan.

Peneliti	Judul	Tujuan	Objek Penelitian		Metode Penulisan		Variable Optimasi
			<i>Invetory</i>	<i>Distribution</i>	Empiris	Studi Literatur	
(Sivadevuni, 2025)	<i>Deep Learning Based Multi Constraint Hybrid Optimization Algorithm for Transshipment-Based Inventory Routing with Dynamic Demands</i>	Membahas dan mengembangkan algoritma optimasi hibrida berbasis deep learning untuk menyelesaikan masalah Inventory-Routing Problem (IRP) dengan permintaan dinamis dan mempertimbangkan transshipment.	v		v		Meminimalkan total biaya yang terkait dengan biaya penyimpanan, biaya transshipment, biaya hilangnya penjualan, dan biaya transportasi.
Penelitian ini	Perancangan Rute Distribusi Darah Menggunakan Algoritma Genetika Dan <i>Deep Learning</i> Untuk Mengurangi Keterlambatan Studi Kasus PMI Kabupaten Malang	Perancangan rute distribusi darah dengan menggunakan VRP dengan Algoritma Genetika dan membandingkan dengan Deep Learning untuk mengurangi keterlambatan		v	v		Minimasi rute pengiriman, biaya pengiriman. Kapasitas kendaraan. Jendela waktu pengiriman yang harus dipatuhi.

II.10 Kaitan Topik Penelitian dengan SDGs

Sustainable Development Goals atau disebut dengan tujuan pembangunan berkelanjutan merupakan 17 tujuan global yang dicanangkan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) sebagai agenda bersama untuk mengatasi berbagai tantangan dunia hingga tahun 2030(Sekretariat Nasional SDGs, 2024). SDGs berfokus pada pembangunan berkelanjutan dalam aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan, serta mengundang seluruh negara, sektor bisnis, dan masyarakat untuk berpartisipasi dalam pembangunan berkelanjutan. mengikuti. bekerja sama untuk mencapainya. Dalam penelitian ini berkaitan dengan beberapa tujuan dari SDGs (3) Kesehatan dan Kesejahteraan yang Baik, (9) Industri, Inovasi dan Infrastruktur, (11) Kota dan Komunitas Berkelanjutan, dan (13) Aksi terhadap Perubahan Iklim, berikut penjelasan dari setiap SDGs.

1. SDG 3 – *Good Healty and Weel-Being*



Kehidupan Sehat dan Sejahtera. Meningkatkan kualitas kesehatan dan kesejahteraan bagi semua orang di segala usia.

SDG 3 Kesehatan yang baik dan kesejahteraan bertujuan untuk menjamin kehidupan yang sehat dan meningkatkan kesejahteraan bagi semua orang di segala usia. Hal ini mencakup akses yang lebih baik terhadap layanan kesehatan, termasuk transfusi darah yang tepat waktu dan aman.

Penelitian tentang memastikan penundaan darah berhubungan langsung dengan pasien yang menerima darah pada waktu yang tepat. Hal ini mendukung kesehatan yang lebih baik dan meningkatkan keselamatan pasien. Keterlambatan distribusi darah yang terbatas membantu memastikan darah yang tepat tersedia bagi pasien, terutama bagi mereka yang memerlukan darah cepat.

- 3.4: Mengurangi kematian dini, dalam distribusi darah akan membantu menyelamatkan nyawa, terutama dalam kasus darurat medis seperti pendarahan berat atau kecelakaan.

- 3.8: Akses layanan kesehatan esensial, dengan mendukung distribusi darah yang tepat waktu ke rumah sakit dan unit transfusi darah, memastikan ketersediaan darah bagi pasien yang membutuhkan.
- 3.d.1: Sistem kesiapsiagaan darurat kesehatan, meningkatkan kesiapan distribusi darah saat terjadi saat krisis.

2. SDG 9 – *Industry, Innovation, and Infrastructure*



Industri, Inovasi, dan Infrastruktur. Membangun infrastruktur yang tangguh, mendukung industrialisasi berkelanjutan, dan mendorong inovasi.

SDG 9 Infrastruktur, industri dan inovasi, mencakup pembangunan infrastruktur yang andal, inovatif dan berkelanjutan, serta peningkatan industrialisasi yang inklusif dan ramah lingkungan.

Penggunaan teknologi rute yang optimal seperti *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan Algoritma Genetika dalam perancangan rute distribusi darah mencerminkan inovasi di bidang logistik dan distribusi. Hal ini membantu meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi emisi gas buang dengan rute yang lebih optimal, sehingga memberikan dampak positif terhadap lingkungan dan meningkatkan infrastruktur distribusi.

- 9.4: Peningkatan efisiensi sumber daya, Optimalisasi rute distribusi darah menggunakan Algoritma Genetika mengurangi penggunaan bahan bakar, emisi, dan biaya operasional.
- 9.b: Pengembangan teknologi lokal, dengan memanfaatkan teknologi berbasis *machine learning* untuk prediksi kebutuhan darah, mendukung inovasi lokal di bidang *supply chain perishable goods*.

3. SDG 11 – *Sustainable Cities and Communities*



Kota dan Pemukiman yang Berkelanjutan. Menciptakan kota dan pemukiman yang inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan.

SGD 11 Kota dan komunitas yang berkelanjutan mencakup pengembangan kota dan komunitas yang inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan,

termasuk pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan akibat aktivitas transportasi dan urbanisasi.

Dalam penelitian ini mendukung keberlanjutan komunitas melalui perancangan rute distribusi darah yang optimal menggunakan teknologi seperti *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan *Tabu Search*. Optimalisasi rute distribusi tidak hanya meningkatkan efisiensi waktu dan biaya operasional, tetapi juga mengurangi penggunaan bahan bakar dan emisi gas buang dari kendaraan operasional PMI.

- 11.6: Mengurangi dampak lingkungan dari transportasi, dengan membuat desain rute yang efisien, serta membantu mengurangi jejak karbon dari kendaraan operasional PMI.
- 11.a: Meningkatkan koneksi antarwilayah, dengan distribusi darah yang efisien membantu memperkuat hubungan antara PMI, BDRS, rumah sakit, dan instansi kesehatan di Kabupaten Malang.

4. SDG 13 – *Climate Action*



Penanganan Perubahan Iklim. Mengambil tindakan segera untuk mengatasi perubahan iklim dan dampaknya.

SDG 13 Penanganan perubahan iklim, bertujuan untuk mengambil tindakan segera untuk mengatasi perubahan iklim dan dampaknya.

Perhitungan emisi gas buang dalam distribusi darah menunjukkan komitmen untuk mengurangi dampak lingkungan dari operasi logistik. Dengan merancang rute yang efisien, emisi karbon dari distribusi kendaraan dapat dikurangi, sehingga mendukung pengurangan jejak karbon dan mendukung mitigasi perubahan iklim.

- 13.2: Integrasi mitigasi perubahan iklim dalam kebijakan, dengan mengurangi emisi karbon dari transportasi melalui desain rute yang lebih pendek dan efisien.
- 13.3: Peningkatan kesadaran akan perubahan iklim, hal ini menunjukkan bagaimana optimasi logistik dapat menjadi solusi nyata dalam mengurangi dampak perubahan iklim.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif *eksplanatori* yang bertujuan untuk mengumpulkan data secara sistematis dengan menggunakan metode kuantitatif untuk menganalisis dan menyelesaikan permasalahan distribusi darah di PMI Kabupaten Malang. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan studi kasus yang berfokus pada sistem distribusi darah di PMI Kabupaten Malang dengan mempertimbangkan variabel-variabel seperti waktu pengiriman, rute optimal selama pendistribusian, jenis komponen darah serta waktu simpan produk dan waktu ketahanan produk diluar lemari *ice*.

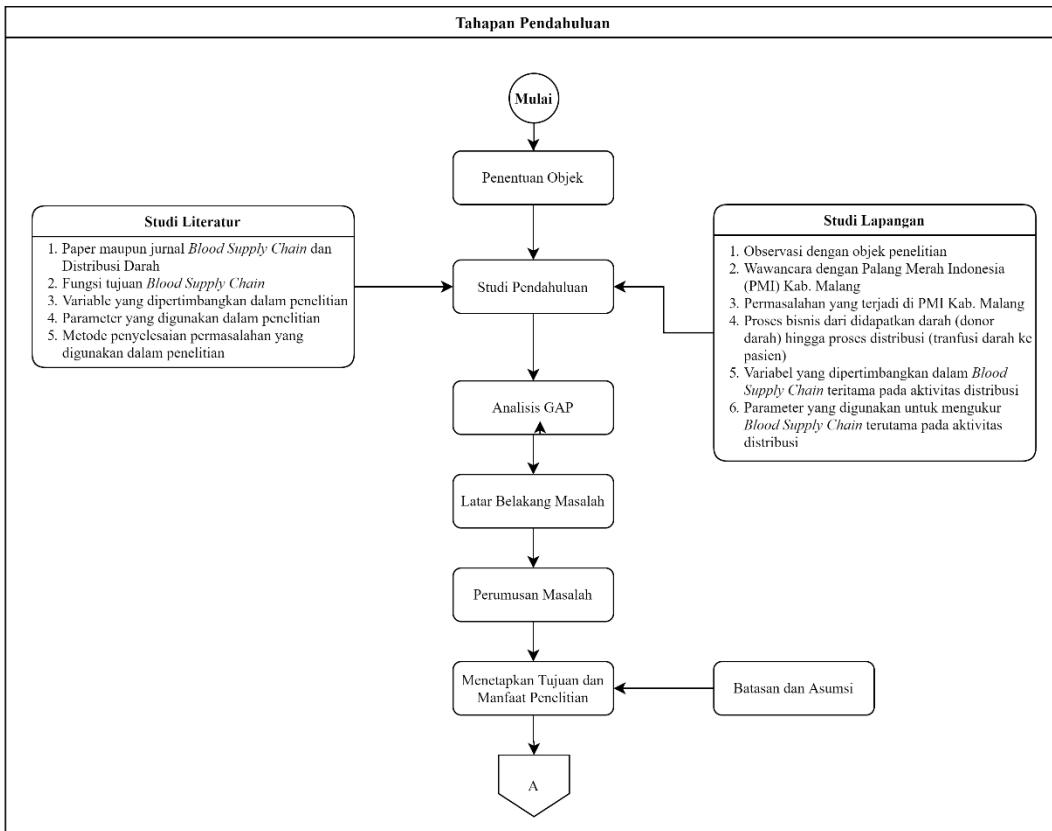
Pendekatan studi kasus dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi dan memahami konteks operasional darah yang didistribusikan secara komprehensif, mengidentifikasi masalah spesifik dalam hal keterlambatan pengiriman, dan merancang solusi yang tepat serta dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dalam aktivitas distribusi. Dalam penelitian kuantitatif ini, peneliti akan mengumpulkan dan menganalisis data numerik, seperti jarak tempuh, waktu pengiriman , dan permintaan darah dari masing-masing BDRS dan UTD.

Analisis kuantitatif menggunakan Algoritma Genetika akan membantu mengidentifikasi rute optimal yang dapat mengurangi jarak dan waktu tempuh, sekaligus meminimalkan emisi gas untuk mendukung distribusi darah yang berkelanjutan. Pendekatan studi kasus ini juga memberikan wawasan mendalam mengenai tantangan yang dihadapi PMI dalam mendistribusikan darah tepat waktu dan sesuai kebutuhan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan landasan empiris untuk mengoptimalkan model pengembangan dan solusi yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi dampak lingkungan dari distribusi darah di PMI Kabupaten Malang.

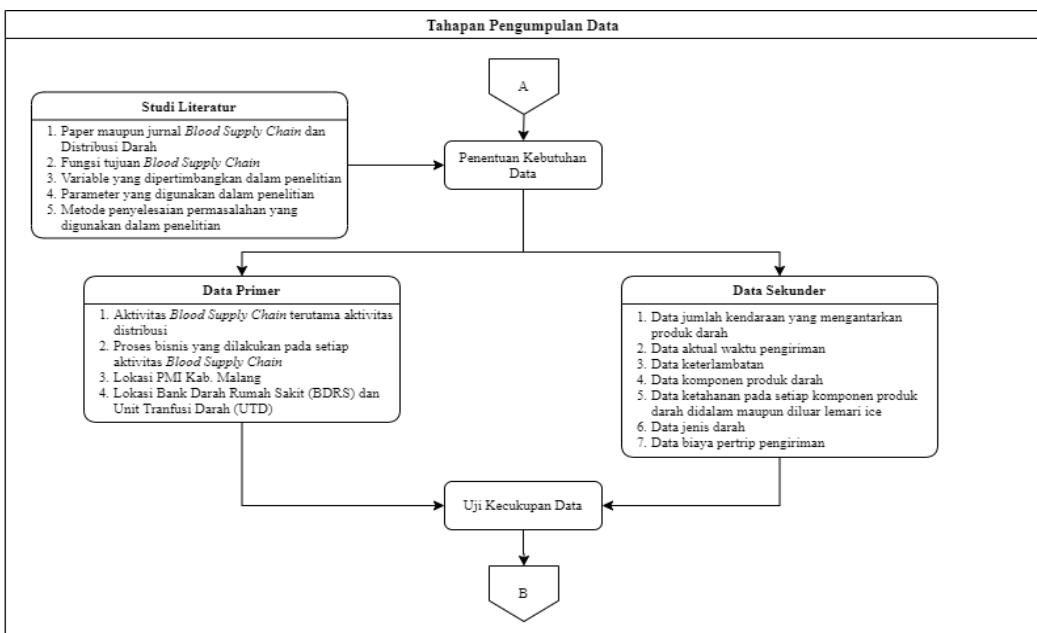
III.2 Sistematika Penyelesaian Masalah

Sistematika perancangan ini menampilkan alur perancangan secara sistematis dan rinci, proses penyelesaian masalah terbagi menjadi 5 (lima) tahapan dimulai dari tahapan pendahuluan, tahapan pengumpulan data, tahapan perancangan sistem terintegrasi, tahapan validasi dan evaluasi hasil rancangan dan yang terakhir yaitu

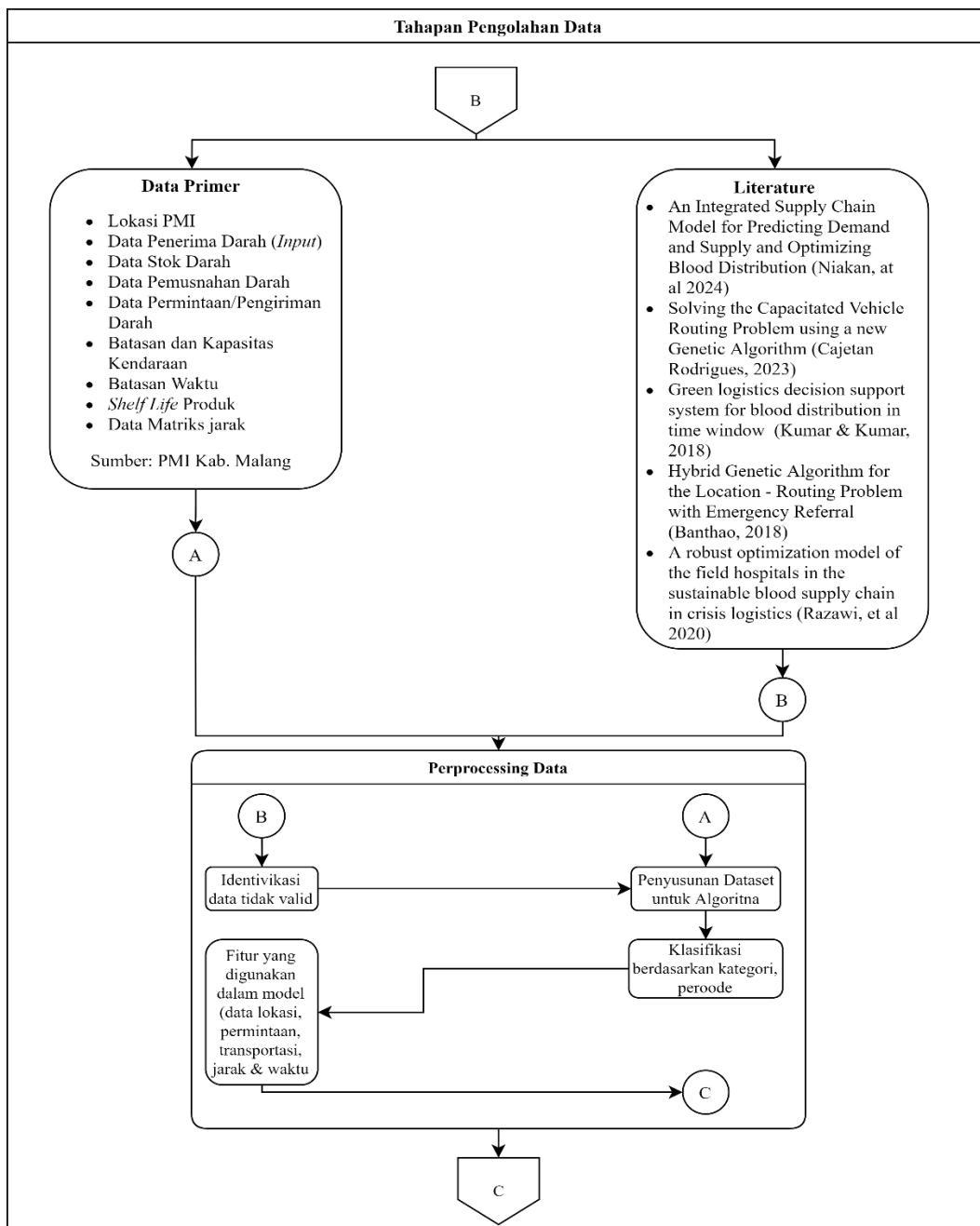
tahapan kesimpulan dan saran. Berikut merupakan sistematika penyelesaian masalah pada PMI Kabupaten dan Kota Malang.



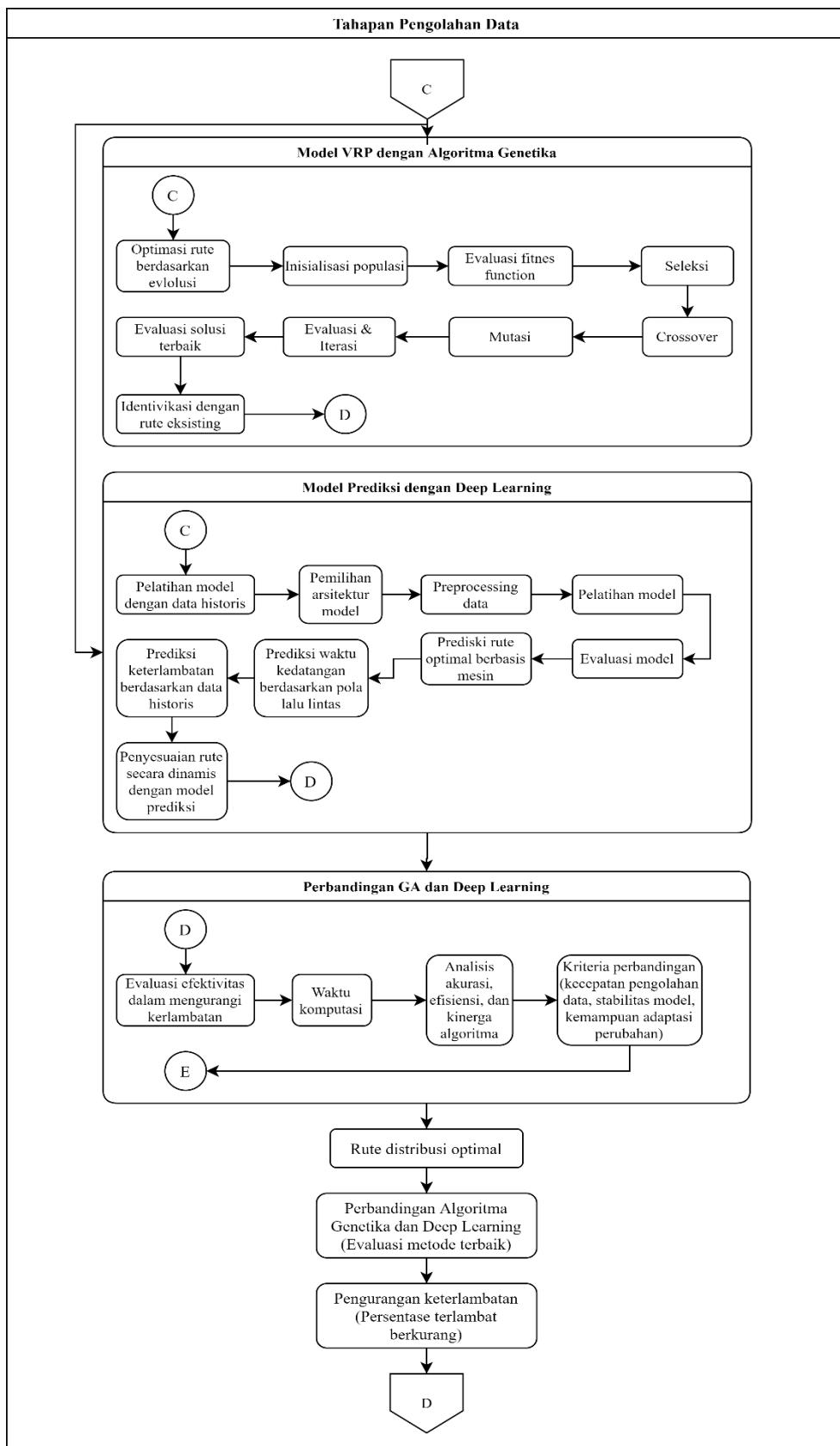
Gambar III. 1 Bagan alir penyelesaian masalah (tahap pendahuluan)



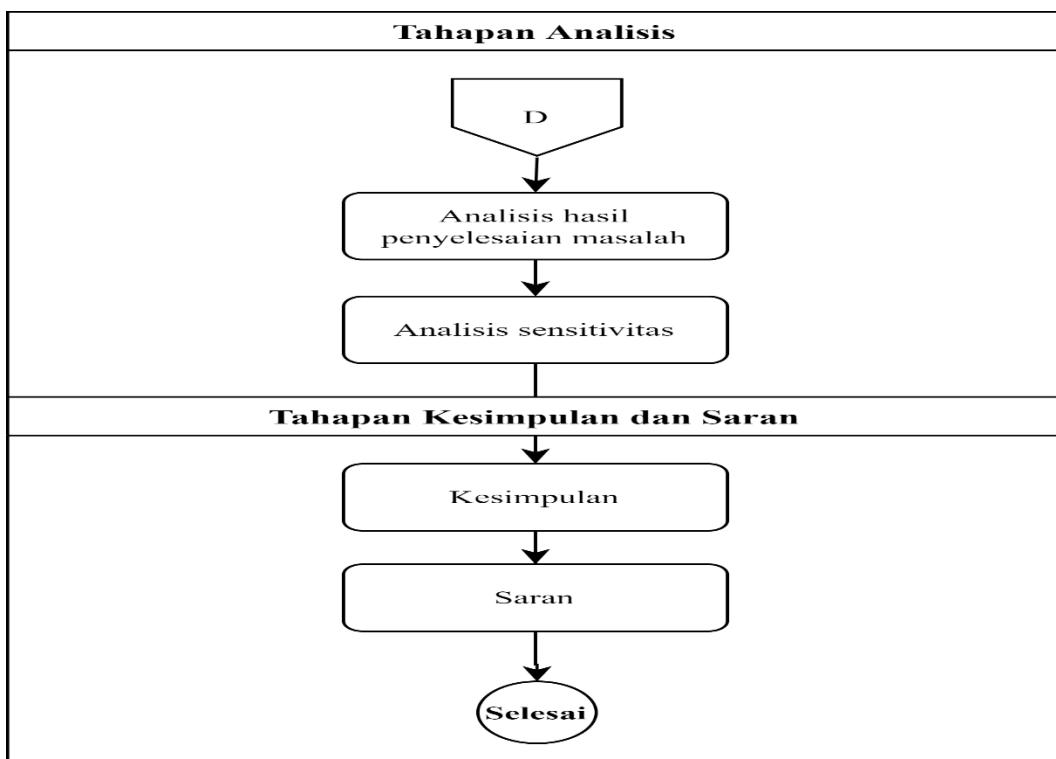
Gambar III. 2 Bagan alir penyelesaian masalah lanjutan (tahap pengumpulan data)



Gambar III. 3 Bagan alir penyelesaian masalah lanjutan (tahap pengolahan data)



Gambar III. 4 Bagan alir penyelesaian masalah lanjutan (tahap pengolahan data lanjutan)



Gambar III. 5 Bagan alir penyelesaian masalah lanjutan (tahap analisis dan kesimpulan & saran)

III.2.1 Deskripsi Tahapan Pendahuluan

Tahap pendahuluan, peneliti akan melakukan observasi secara langsung mengenai objek penelitian dengan mengidentifikasi kondisi awal yang terjadi di lapangan. Setelah melakukan pengamatan peneliti dapat menghubungkan hasilnya observasi dengan studi literatur dimana peneliti akan mendapatkan hasil dalam bentuk pernyataan masalah. Setelah peneliti mendapatkan formulasi masalah, maka peneliti akan menjadikan rumusan masalah itu sebagai tujuan masalah dengan menyertakan batasan masalah yang akan membatasi penelitian sehingga tidak terlalu luas.

III.2.2 Deskripsi Tahapan Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan setelah melakukan tahap pendahuluan dimana peneliti mengidentifikasi kondisi awal pada objek penelitian dengan melihat dan mengamati langsung di lapangan. Pengumpulan data dapat dikumpulkan dengan berbagai cara, seperti observasi dan wawancara. Pada tahap pengumpulan data digunakan untuk mengambil semua data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan dalam Penelitian ini. Terdapat 2 (dua) jenis data yang digunakan yaitu sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan baik dari individu maupun perseorangan yang merupakan sumber pertama seperti hasil wawancara atau hasil dari kuesioner yang disebar yang oleh peneliti. Data primer pada Penelitian ini diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak yang terkait dalam permasalahan.

b. Data Sekunder

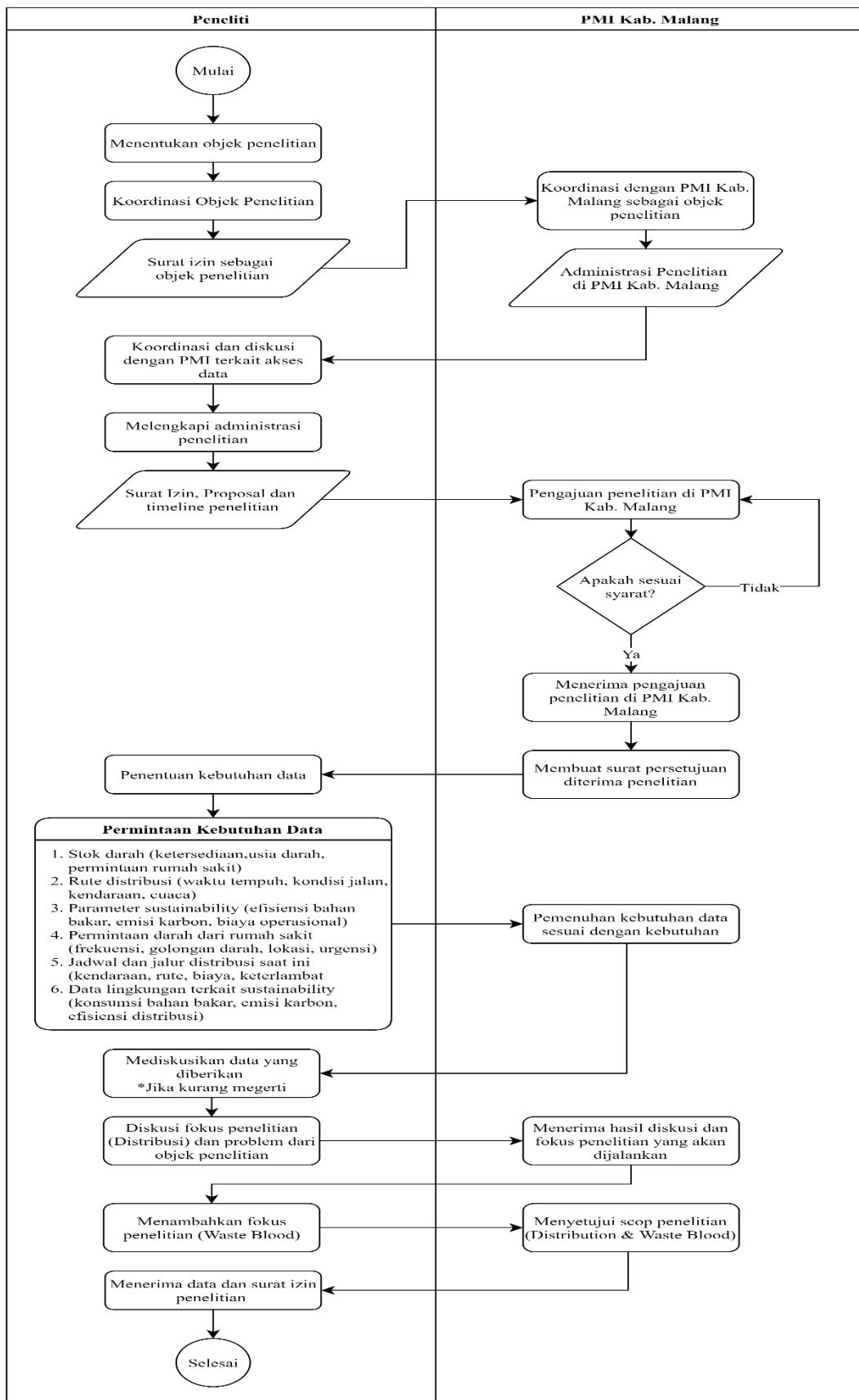
Data sekunder merupakan data primer yang telah diolah lebih lanjut yang disajikan oleh pengumpul data primer atau dari pihak lain. Data sekunder pada Penelitian ini diperoleh dari berbagai macam sumber seperti jurnal, artikel, dan *annual report* maupun *software* atau aplikasi.

Tahapan pengumpulan data pada objek penelitian dimulai dari observasi yang telah dijelaskan pada sub bab deskripsi tahap pendahuluan. Pada pengumpulan data ini terdapat 2 jenis data yaitu data primer dan sekunder berikut datanya.

Tabel III. 1 Jenis data

Aktivitas	Jenis Data
Aktivitas <i>Blood Supply Chain</i> terutama aktivitas distribusi	Primer
Proses bisnis yang dilakukan pada setiap aktivitas <i>Blood Supply Chain</i>	
Lokasi PMI Kab. Malang	
Lokasi Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) dan Unit Tranfusi Darah (UTD)	
Data jumlah kendaraan yang mengantarkan produk darah	Sekunder
Data aktual waktu pengiriman	
Data keterlambatan	
Data komponen produk darah	
Data ketahanan pada setiap komponen produk darah didalam maupun diluar lemari <i>ice</i>	
Data jenis darah	
Data biaya pertrip pengiriman	

Berikut merupakan *flow* pengambilan data di PMI Kabupaten Malang



Gambar III. 6 Flow pengambilan data di PMI Kabupaten Malang

Adapun penjelasan dalam pengambilan data di PMI Kab. Malang dimulai dari

1. Menentukan objek penelitian.
2. Mengkoordinasikan objek penelitian dengan memberikan atau menunjukkan surat izin penelitian yaitu di PMI Kab. Malang.
3. Pihak PMI Kab. Malang akan mengkoordinasikan secara internal, juga memberikan persyaratan administrasi dan beberapa persyaratan untuk dilakukan penelitian.
4. Pihak peneliti mendiskusikan terkait akses data dengan PMI Kab. Malang.
Pihak PMI memberikan akses data yang diminta sesuai dengan kebutuhan data (namun jika terdapat identitas pribadi dilarang untuk mempublikasikan).
5. Peneliti menyetujui seta melengkap berkas administrasi dan persyaratan yang diberikan oleh PMI Kab. Malang.
6. Peneliti mengajukan penelitian kepada PMI Kab. Malang. Pihak PMI mendiskusikan secara internal dan memenuhi persyaratan dan administrasi yang sebelumnya diberikan.
7. Pihak PMI menyetujui persyaratan administrasi dan sesuai dengan syarat yang diberikan dan memberikan surat persetujuan diterima penelitian.
8. Peneliti diberikan akses untuk kebutuhan data yang dibutuhkan seperti:
 - d. Stok darah (ketersediaan, usia darah, permintaan rumah sakit).
 - e. Rute distribusi (waktu tempuh, kondisi jalan, kendaraan, cuaca). Parameter sustainability (efisiensi bahan bakar, emisi karbon, biaya operasional).
 - f. Permintaan darah dari rumah sakit (frekuensi, golongan darah, lokasi, urgensi).
 - g. Jadwal dan jalur distribusi saat ini (kendaraan, rute, biaya, keterlambatan).
 - h. Data lingkungan terkait *sustainability* (konsumsi bahan bakar, emisi karbon, efisiensi distribusi).
9. Pihak PMI memenuhi kebutuhan data yang diminta oleh peneliti yang berfokus pada distribusi dan pemusnahan darah. Pihak PMI juga memberikan keterbukaan untuk berdiskusi terkait data.

10. Mendiskusikan fokus penelitian dengan permasalahan yang terjadi di objek penelitian
 - a. Perbaikan sistem distribusi.
 - b. Rekomendasi perancangan bagi PMI terkait efisiensi distribusi dan *sustainability*.
11. Pihak PMI secara terbuka menerima hasil diskusi terutama distribusi.
12. Peneliti menambahkan fokus penelitian yaitu *waste blood* karena GAP penelitian, *novelty* dan hasil diskusi dengan pembimbing.
13. Peneliti mendiskusikan dengan pihak PMI terkait penambahan scop penelitian yaitu *waste blood* dan menerimanya.
14. Peneliti juga menerima data serta surat izin dilakukan penelitian di PMI Kab. Malang.

III.2.3 Deskripsi Tahapan Pengelolaan Data

Tahap pengolahan data dari berikut ini

1. Pengumpulan Data yang terdiri dari:
 - a. Data lokasi Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) dan Unit Transfusi Darah (UTD).
 - b. Data permintaan darah per periode.
 - c. Data armada transportasi (kapasitas & jumlah).
 - d. Data jarak antar lokasi & estimasi waktu tempuh.
 - e. Data biaya operasional (bahan bakar, perawatan kendaraan).
 - f. Data emisi karbon (konsumsi bahan bakar, CO₂).
 - g. Data historis keterlambatan distribusi.
2. *Preprocessing* Data
 - a. Pembersihan Data: Menghilangkan data duplikat, data tidak lengkap, dan *outlier*.
 - b. Normalisasi Data: Menstandarisasi skala variabel untuk algoritma optimasi.
 - c. Transformasi Data: Konversi format data agar sesuai dengan model AI.
3. Optimasi Rute dengan Algoritma Genetika (GA)
 - a. *Inisialisasi* Populasi: Membuat kandidat solusi awal berupa rute distribusi.

- b. Evaluasi *Fitness Function*: Mengukur performa setiap rute berdasarkan waktu dan biaya.
 - c. Seleksi & Crossover: Memilih solusi terbaik dan mengkombinasikan rute untuk hasil optimal.
 - d. Mutasi & Iterasi: Menghasilkan variasi rute hingga solusi optimal ditemukan.
 - e. *Output Rute Optimal*: Menentukan rute dengan keterlambatan minimal.
4. Prediksi Keterlambatan dengan *Deep Learning* (DL)
- a. Pemilihan Model: CNN, LSTM, atau *Hybrid Neural Network*.
 - b. Pelatihan Model: Menggunakan data historis keterlambatan untuk memprediksi rute optimal.
 - c. Validasi Model: Mengevaluasi akurasi prediksi menggunakan data uji.
 - d. Optimasi Hiperparameter: Meningkatkan performa model dengan tuning parameter.
5. Perbandingan *Genetic Algorithm* (GA) dan Deep Learning
- a. Evaluasi Akurasi: Mengukur efektivitas dalam mengurangi keterlambatan.
 - b. Analisis Efisiensi Biaya: Menghitung penghematan operasional dari kedua metode.
 - c. Dampak *Green Distribution*: Menilai penurunan emisi karbon dari model optimasi.
6. Hasil & Implementasi
- a. Rute distribusi optimal dengan keterlambatan minima.
 - b. Metode terbaik berdasarkan akurasi, efisiensi, dan keberlanjutan.
 - c. Rekomendasi implementasi untuk PMI Kabupaten Malang.

Keseluruhan proses tersebut merupakan suatu pendekatan yang sistematis dimana setiap tahapan saling terkait dan harus dilakukan secara berurutan. Keberhasilan proses ini sangat bergantung pada ketelitian dan ketepatan dalam menjalankan setiap tahapan, mulai dari pembuatan matriks hingga penyelesaian akhir.

III.2.4 Deskripsi Analisis

Tahapan analisis ini meliputi verifikasi dari model matematika untuk memastikan bahwa model bekerja sesuai dengan prinsip matematis serta memastikan bahwa

model mencerminkan keadaan yang sebenarnya. Tahap analisis terdiri dari dua komponen utama:

1. Analisis hasil penyelesaian masalah dengan melakukan evaluasi mendalam terhadap hasil yang diperoleh dari tahap pengolahan data sebelumnya. Tahap ini mencakup interpretasi hasil, mengidentifikasi pola atau tren, dan menilai efektivitas solusi yang dihasilkan.
2. Analisis sensitivitas untuk mengkaji bagaimana perubahan dalam berbagai variabel atau parameter dapat mempengaruhi hasil akhir. Analisis ini penting untuk memahami ketangguhan model dan mengidentifikasi variabel-variabel kritis yang memiliki dampak signifikan pada hasil.

III.2.5 Deskripsi Kesimpulan dan Saran

Setelah analisis selesai serta melihat apakah terdapat sensitivitas didalamnya, kemudian dapat ditarik kesimpulan yang merepresentasikan keseluruhan aktivitas mulai dari latar belakang hingga analisis yang telah dilakukan serta dapat memberikan saran dari penelitian yang telah dilakukan untuk menjadi penelitian lanjutan maupun sebagai rujukan penelitian selanjutnya.

III.3 Formulasi Rancangan Model Matematika

Penelitian ini untuk mengurangi keterlambatan yang terjadi pada aktivitas distribusi yang dilakukan oleh PMI Kab. Malang dengan produk darah yang bersifat *perishable* dan sejumlah komponen darah memiliki masa umur penyimpanan yang berbeda-beda. Tujuannya adalah untuk mengusulkan solusi yang mempersingkat waktu pengiriman produk darah sambil mematuhi kendala operasional. Rumusan model dari sebagai berikut: Fungsi objektif dari masalah perutean darah dalam skenario ini adalah untuk meminimalkan jarak dan waktu pengiriman, di mana kendaraan (k) melakukan perjalanan dari UTD (i) ke BRDS atau UTD (j) dalam jangka waktu tertentu (l). Secara matematis, fungsi objektif dapat direpresentasikan sebagai berikut (Belhadj & Ben-Romdhane, 2025b):

Minimasi

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k=1}^C \sum_{l=1}^C d_{ij} x_{ijk} + \sum_{i \in V} \sum_{k=1}^C t_{ik} y_{ik} \quad (1)$$

Indeks

- i : Indeks lokasi pengiriman (nilai dari 1 hingga n , di mana n adalah jumlah total lokasi pengiriman).
- j : Indeks lokasi pengiriman (nilai dari 1 hingga n , sama seperti i).
- k : Indeks kendaraan (nilai dari 1 hingga C , dimana C adalah jumlah total kendaraan yang tersedia).
- l : Indeks langkah waktu (nilai dari 1 hingga T di mana T adalah jumlah total langkah waktu dalam perencanaan).
- H : Indeks Rumah Sakit (UTD) dan BDRS
- B : Indeks UTD Kab. Malng

Set (Himpunan)

- N : Himpunan semua node, termasuk rumah sakit, bank darah, dan lokasi pengiriman.
- V : Himpunan semua lokasi pengiriman.
- C : Himpunan jumlah total kendaraan yang tersedia.
- A : Himpunan semua jalur (arc) yang menghubungkan node dalam N .

Parameter

- q_i : Permintaan pada node i , dimana $q_1 = 0$ untuk bank darah.
- d_{ij} : Jarak antar node i dan j .
- S_i : Waktu pelayanan di node i .
- T_i : Jendela waktu di node i .
- Q : Kapasitas maksimum setiap kendaraan

Variable Keputusan

- x_{ij}^k : Variable biner yang menunjukkan apakah kendaraan k melakukan perjalanan dari node i ke node j dalam rute.
- y_{ik} : Variable biner yang bernilai 1 jika kendaraan k digunakan untuk melayani lokasi pengiriman i , dan 0 jika tidak.
- u_i : Variable No.-negatif yang mewakili waktu kedatangan kendaraan l di

node i .

Kendala 1: Setiap rute dimulai dan berakhir di UTD Kab. Malang

$$\sum_{i \in N \setminus H, B} x_{iHl} = \sum_{i \in N \setminus H, B} x_{iBl} = 1 \quad \forall l \in 1, \dots, C \quad (1)$$

Setiap kendaraan harus memulai dan mengakhiri rutenya di UTD Kab. Malang. Kendala ini memastikan bahwa kendaraan tidak berhenti di lokasi lain sebagai titik awal atau akhir.

Kendala 2: Setiap BDRS atau UTD harus dikunjungi tepat satu kali

$$\sum_{i \in N \setminus i \neq j} x_{ijl} = 1 \quad \forall j \in N \setminus H, B, l \in 1, \dots, C \quad (2)$$

Setiap BDRS atau UTD lain (atau lokasi pengiriman darah) hanya boleh dikunjungi sekali dalam satu perjalanan kendaraan. Ini memastikan tidak ada duplikasi pengiriman atau pengabaian rumah sakit.

Kendala 3: Permintaan total yang dilayani oleh setiap kendaraan tidak boleh melebihi kapasitasnya

$$\sum_{i \in N} q_i x_{ijl} \leq Q \quad \forall j \in N, l \in 1, \dots, C \quad (3)$$

Jumlah darah yang dikirimkan oleh kendaraan dalam satu rute tidak boleh melebihi kapasitas maksimal kendaraan Q .

Kendala 4: Jumlah kendaraan yang meninggalkan dan tiba di setiap node harus sama

$$\sum_{j \in N} x_{ijil} = \sum_{j \in N} x_{jil} \quad \forall i \in N, l \in 1, \dots, C \quad (4)$$

Jumlah kendaraan yang tiba di suatu lokasi harus sama dengan jumlah kendaraan yang meninggalkan lokasi tersebut, memastikan kontinuitas dalam rute kendaraan.

Kendala 5: Kendaraan harus tiba di BDRS atau UTD lain setelah meninggalkan lokasi sebelumnya

$$u_{il} + q_i \leq u_{jl} + Q(1 - x_{ijl}) \quad \forall i \in N, j \in N \setminus i, H, B, l \in 1, \dots, C \quad (5)$$

Waktu kedatangan kendaraan di rumah sakit harus lebih besar atau sama dengan waktu keberangkatannya dari lokasi sebelumnya ditambah waktu tempuh antar node. Jika kendaraan tidak melewati jalur tersebut ($x_{ijl} = 0$), kendala ini tetap berlaku karena $Q(1 - x_{ijl})$ membuatnya tidak relevan.

Kendala 6: Kendaraan harus tiba sebelum jendela waktu layanan dimulai

$$u_{il} + S_i \leq t_{il} \quad \forall i \in N, l \in 1, \dots, C \quad (6)$$

Kendaraan tidak boleh tiba di suatu lokasi setelah jendela waktu layanan ditutup. Artinya, waktu kedatangan kendaraan ditambah waktu pelayanan di lokasi tersebut harus lebih kecil atau sama dengan batas waktu yang diperbolehkan.

Kendala 7: Variabel keputusan adalah bilangan bulat

$$x_{ijl} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N, l \in 1, \dots, C \quad (7)$$

$$y_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in V, k \in 1, \dots, C$$

x_{ijl} adalah variabel biner yang menunjukkan apakah kendaraan l melewati jalur dari i ke j .

y_{ik} adalah variabel biner yang menunjukkan apakah kendaraan k melayani lokasi i .

Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa metode eksak saat ini tidak memadai untuk mengatasi kompleksitas masalah rute darah, sebaliknya metode perkiraan seperti heuristik, metaheuristik, dan hiperheuristik secara khusus dirancang untuk mengatasi masalah NP-hard ini. Dalam penelitian ini, untuk meningkatkan efisiensi metode penyelesaian dalam meminimalkan waktu tunda dan jarak tempuh. *Genetic Algorithm* (GA) menggunakan prinsip seleksi alam untuk mengoptimalkan rute pengiriman, secara sistematis mengeksplorasi berbagai konfigurasi dan mengevaluasi efektivitasnya berdasarkan metrik utama seperti waktu tempuh dan jarak. Metodologi terpadu ini mengembangkan strategi rute yang optimal, yang pada akhirnya meningkatkan respons keseluruhan operasi pengiriman darah terhadap kebutuhan fasilitas perawatan kesehatan. Algoritma merinci bagaimana kluster dan rute yang dioptimalkan ini disempurnakan secara

berulang, yang pada akhirnya bertujuan untuk meningkatkan efisiensi distribusi darah dan memastikan pengiriman tepat waktu kepada mereka yang membutuhkan (Belhadj & Ben-Romdhane, 2025b) yaitu sebagai berikut:

Genetic Algorithm of optimized blood delivery

```

1   : Input: Delivery locations, parameters Eps, MinPts for DBSCAN
2   : Output: Optimal delivery route
3   : Step 1: Perform DBSCAN clustering
4   :     Apply DBSCAN on delivery locations with parameters Eps and MinPts
5   :     K ←— Identified clusters representing demand areas
6   : Step 2: Initialize Population
7   : repeat
8   : //Generate a new individual I
9   :   For each Cluster c ∈ K
10  :     r ←—Generate an initial route for delivering hospitals in c
11  :     I ←— I ∪ r
12  :   end For
13  :   P ←— P ∪ I
14  : until |P|=population size
15  : Step 3: Evaluate fitness of routes
16  : while not converged do
17  :   For each individual I in P:
18  :     Calculate total travel time and distance
19  :     Assign a fitness score based on efficiency metrics
20  : Step 4: Selection and reproduction
21  :   Select parent routes based on fitness scores
22  :   Apply crossover to create offspring routes
23  :   Apply mutation to introduce variability in routes
24  : Step 5: Update population
25  :   Replace less fit routes with new offspring
26  : end while
27  : Step 6: Output optimal delivery routes
28  : Return the best route based on fitness evaluation = 0

```

BAB VI USULAN PERANCANGAN MODEL

VI.1 Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif *eksplanatori* yang bertujuan untuk mengumpulkan data secara sistematis dengan menggunakan metode kuantitatif untuk menganalisis dan menyelesaikan permasalahan distribusi darah di PMI Kabupaten Malang. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan studi kasus yang berfokus pada sistem distribusi darah di PMI Kabupaten Malang dengan mempertimbangkan variabel-variabel seperti waktu pengiriman, rute optimal selama pendistribusian, jenis komponen darah serta waktu simpan produk dan waktu ketahanan produk diluar lemari *ice*.

Pendekatan studi kasus dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi dan memahami konteks operasional darah yang didistribusikan secara komprehensif, mengidentifikasi masalah spesifik dalam hal keterlambatan pengiriman, dan merancang solusi yang tepat

VI.2 Usulan Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif *eksplanatori* yang bertujuan untuk mengumpulkan data secara sistematis dengan menggunakan metode kuantitatif untuk menganalisis dan menyelesaikan permasalahan distribusi darah di PMI Kabupaten Malang. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan studi kasus yang berfokus pada sistem distribusi darah di PMI Kabupaten Malang dengan mempertimbangkan variabel-variabel seperti waktu pengiriman, rute optimal selama pendistribusian, jenis komponen darah serta waktu simpan produk dan waktu ketahanan produk diluar lemari *ice*.

Pendekatan studi kasus dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi dan memahami konteks operasional darah yang didistribusikan secara komprehensif, mengidentifikasi masalah spesifik dalam hal keterlambatan pengiriman, dan merancang solusi yang tepat

V.3 Pengumpulan Data

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif *eksplanatori* yang bertujuan untuk mengumpulkan data secara sistematis dengan menggunakan metode kuantitatif untuk menganalisis dan menyelesaikan permasalahan distribusi darah di PMI Kabupaten Malang. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan studi kasus yang berfokus pada sistem distribusi darah di PMI Kabupaten Malang dengan mempertimbangkan variabel-variabel seperti waktu pengiriman, rute optimal selama pendistribusian, jenis komponen darah serta waktu simpan produk dan waktu ketahanan produk diluar lemari *ice*.

Pendekatan studi kasus dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi dan memahami konteks operasional darah yang didistribusikan secara komprehensif, mengidentifikasi masalah spesifik dalam hal keterlambatan pengiriman, dan merancang solusi yang tepat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Penelitian ini

V.2 Saran

Penelitian ini

III.4 Rencana Jadwal Penelitian

Berikut merupakan jadwal penelitian yang dijabarkan dalam per semester selama masa study.

Tabel II. 3 Rencana jadwal penelitian

Aktivitas	Semester 3	Semester 4
Draft Proposal Tesis (Bab 1-3) <ul style="list-style-type: none"> - <i>Symptom</i> - <i>Rootcauses</i> - <i>Fishbone</i> - <i>Related Study</i> - <i>Thinking Framework</i> - <i>Research Position</i> - <i>Systematic Problem Solving</i> - Belajar Algoritma: Exact, Heuristics, Metaheuristics - Belajar Metaheuristics: Karakteristik Spesifik 		
Siap DE (Fix Bab 1-3)		
Sidang Proposal		
Bab 4 (Data Collection & Mapping to Model)		
Bab 4 (Model Evaluation --> convert to influence)		
Bab 4 (Model Development; Mathematical Model)		
Bab 4 (Model Development; Metaheuristics)		
Bab 4 (Model Testing)		
Bab 4 (Model Solving)		
Bab 4 (Model Evaluation)		
Bab 5 (Model Analysis)		
Persiapan Sidang (Evaluasi Seluruh Rancangan)		

Aktivitas	Semester 3	Semester 4
Sidang		
Yudisium & Wisuda		
Cari Publisher		
Submit Paper 1 SLR		
Paper 1 SRL		
Final Review Paper 1 SLR		
Paper 2 (Paper Tesis <i>Blood Supply Chain</i>)		
Final Review Paper 2 (Paper Tesis <i>Blood Supply Chain</i>)		
Cari Publisher		
Submit Paper 1 (Paper Tesis <i>Blood Supply Chain</i>)		
Paper 2 (Paper <i>Blood Supply Chain Green VRP</i>)		
Final Review Paper 2 (Paper <i>Blood Supply Chain Green VRP</i>)		
Cari Publisher		
Submit Paper 2 (Paper <i>Blood Supply Chain Green VRP</i>)		
Paper 3 (Paper Output Tesis)		
Final Review Paper 3 (Paper Output Tesis)		
Cari Publisher		
Submit Paper 3 (Paper Output Tesis)		

Keterangan Warna Tabel

Warna

Keterangan

 Aktivitas sedang dilakukan



Aktivitas yang akan dilakukan pada semester 4

DAFTAR PUSTAKA

- Arani, M., Chan, Y., Liu, X., & Momenitabar, M. (2021). A lateral resupply blood supply chain network design under uncertainties. *Applied Mathematical Modelling*, 93, 165–187.
- Basuki, A. (2003). Strategi menggunakan algoritma genetika. *Politeknik Elektronika Negeri Surabaya PENSITS*.
- Belhadj, A., & Ben-Romdhane, H. (2025a). Combining Unsupervised Learning with the Genetic Algorithm for the Blood Delivery Problem. *International Conference on Decision Aid and Artificial Intelligence (ICODAI 2024)*, 186–199.
- Belhadj, A., & Ben-Romdhane, H. (2025b). Combining Unsupervised Learning with the Genetic Algorithm for the Blood Delivery Problem. *International Conference on Decision Aid and Artificial Intelligence (ICODAI 2024)*, 186–199.
- Beliën, J., & Forcé, H. (2012). Supply chain management of blood products: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 217(1), 1–16.
- Ben Elmir, W., Hemmak, A., & Senouci, B. (2023). Smart platform for data blood bank management: forecasting demand in blood supply chain using machine learning. *Information*, 14(1), 31.
- Biuki, M., Kazemi, A., & Alinezhad, A. (2020). An integrated location-routing-inventory model for sustainable design of a perishable products supply chain network. *Journal of Cleaner Production*, 260, 120842.
- Chen, J. C., Chiang, C. S., Chen, B. B., & Chen, C. W. (2007). Solving vehicle routing problem with time window constraints. *2007 International Conference on Service Systems and Service Management*, 1–5.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply chain management. Strategy, planning & operation*. Springer.

- El Midaoui, M., Qbadou, M., & Mansouri, K. (2022). A fuzzy-based prediction approach for blood delivery using machine learning and genetic algorithm. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 12(1), 1056.
- Eshghi, F. (2024a). Multi-objective Design of a Blood Supply Chain Based on Sustainability Approach and Demand Prediction Using Deep Learning Algorithm. *International Journal of Industrial Engineering and Operational Research*, 6(4), 39–71.
- Eshghi, F. (2024b). Multi-objective Design of a Blood Supply Chain Based on Sustainability Approach and Demand Prediction Using Deep Learning Algorithm. *International Journal of Industrial Engineering and Operational Research*, 6(4), 39–71.
- Farzin, M., Ebrahimian, A., & Jalilzadeh, M. (2025). A multi-objective optimization modeling approach using goal programming for designing a multi-period blood supply chain network under supply and demand uncertainty, incorporating social considerations. *Journal of Future Digital Optimization*, 1(1), 45–61.
- Fatahayu, N. R., Waluya, F. N., Atthoriq, M. F., & Sukarno, I. (2022). Optimization of Blood Bag Distribution Routes Using AMPL Software and Nearest Neighbor Algorithm (Case Study Of The Indonesian Red Cross Jakarta). *Jurnal Logistik Indonesia*, 6(1), 1–12.
- Fauzi, M., & Bahagia, N. (2019). Pengambilan keputusan komponen darah dalam pengendalian persediaan dengan menggunakan metode ahp di pmi kota bandung. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 5(2), 13–20.
- Ganesh, K., Narendran, T. T., & Anbuudayasankar, S. P. (2014). Evolving cost-effective routing of vehicles for blood bank logistics. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 17(4), 381–415.
- Ghahremani-Nahr, J., Nozari, H., & Bathaee, M. (2021). Robust box Approach for blood supply chain network design under uncertainty: hybrid moth-flame optimization and genetic algorithm. *International Journal of Innovation in Engineering*, 1(2), 40–62.

- Ghorashi, S. B., Hamedi, M., & Sadeghian, R. (2020). Modeling and optimization of a reliable blood supply chain network in crisis considering blood compatibility using MOGWO. *Neural Computing and Applications*, 32(16), 12173–12200.
- Imamoglu, G., Topcu, Y. I., & Aydin, N. (2023). A systematic literature review of the blood supply chain through bibliometric analysis and taxonomy. *Systems*, 11(3), 124.
- Khedr, A. M. (2024). Enhancing supply chain management with deep learning and machine learning techniques: A review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 100379.
- Kumar, M., & Kumar, D. (2018a). Green logistics decision support system for blood distribution in time window. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 31(3), 420–447.
- Kumar, M., & Kumar, D. (2018b). Green logistics decision support system for blood distribution in time window. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 31(3), 420–447.
- Mansur, A., Handayani, D. I., Wangsa, I. D., Utama, D. M., & Jauhari, W. A. (2023). A mixed-integer linear programming model for sustainable blood supply chain problems with shelf-life time and multiple blood types. *Decision Analytics Journal*, 8, 100279.
- Mansur, A., Wangsa, I. D., Rizky, N., & Vanany, I. (2025). An efficient blood supply chain network model with multiple echelons for managing outdated products. *Healthcare Analytics*, 7, 100377.
- Meneses, M., Santos, D., & Barbosa-Póvoa, A. (2023). Modelling the blood supply chain. *European Journal of Operational Research*, 307(2), 499–518.
- Meng, Z., Yu, K., & Qiu, R. (2024). Location-routing optimization of UAV collaborative blood delivery vehicle distribution on complex roads. *Complex & Intelligent Systems*, 10(6), 8127–8141.

NHS Blood and Transplant. (2024). *Functions of blood: transport around the body*.

<Https://Www.Blood.Co.Uk/News-and-Campaigns/the-Donor/Latest-Stories/Functions-of-Blood-Transport-around-the-Body/>.

Niakan, P. B., Keramatpour, M., Afshar-Nadjafi, B., & Komijan, A. R. (2024). An Integrated Supply Chain Model for Predicting Demand and Supply and Optimizing Blood Distribution. *Logistics*, 8(4), 134.

Nurprihatin, F., Elnathan, R., Rumawan, R. E., & Regina, T. (2019). A distribution strategy using a two-step optimization to maximize blood services considering stochastic travel times. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 650(1), 012043.

Osorio, A. F., Brailsford, S. C., & Smith, H. K. (2015). A structured review of quantitative models in the blood supply chain: a taxonomic framework for decision-making. *International Journal of Production Research*, 53(24), 7191–7212.

PMI. (2024). *Palang Merah Indonesia*. <Https://Www.Pmi.or.Id/>.

Puranam, K., Novak, D. C., Lucas, M. T., & Fung, M. (2017). Managing blood inventory with multiple independent sources of supply. *European Journal of Operational Research*, 259(2), 500–511.

Ramezanian, R., & Behboodi, Z. (2017). Blood supply chain network design under uncertainties in supply and demand considering social aspects. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 104, 69–82.

Razavi, N., Gholizadeh, H., Nayeri, S., & Ashrafi, T. A. (2021). A robust optimization model of the field hospitals in the sustainable blood supply chain in crisis logistics. *Journal of the Operational Research Society*, 72(12), 2804–2828.

Republik Indonesia. (2018). *Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor Istafl; INDONESIA dan PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA*.

- Samani, M. R. G., Torabi, S. A., & Hosseini-Motlagh, S.-M. (2018). Integrated blood supply chain planning for disaster relief. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 168–188.
- Santosa, B., & Willy, P. (2011). Metoda Metaheuristik konsep dan implementasi. *Surabaya: Guna Widya*.
- Sekretariat Nasional SDGs. (2024). *SDGs Metadata*. <Https://Sdgs.Bappenas.Go.Id/Metadata-Indikator-Sdgs/>.
- Shinde, P. P., & Shah, S. (2018). A review of machine learning and deep learning applications. *2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA)*, 1–6.
- Singh, T., & Sinjana, D. Y. (2024). Optimizing Healthcare Logistics with Hybridngs for Blood Bag Delivery Using Drones: Hybridngs Algorithm [Hybrid Nearest Neighbour, Genetic Algorithm, Simulated Annealing] for Drone Routing”. *Available at SSRN 4840048*.
- Sivadevuni, S. S. (2025). Deep Learning Based Multi Constraint Hybrid Optimization Algorithm for Transshipment-Based Inventory Routing with Dynamic Demands. *International Journal of Networked and Distributed Computing*, 13(1), 1–13.
- Suprayogi, D. A., & Mahmudy, W. F. (2015). Penerapan algoritma genetika traveling salesman problem with time window: Studi kasus rute antar jemput laundry. *Jurnal Buana Informatika*, 6(2).
- Thomas, B., Anania, K., DeCicco, A., & Hamm, J. A. (2018a). *Toward resiliency in the joint blood supply chain*. RAND.
- Thomas, B., Anania, K., DeCicco, A., & Hamm, J. A. (2018b). *Toward resiliency in the joint blood supply chain*. RAND.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The vehicle routing problem*. SIAM.
- Yousefi Nejad Attari, M., Pasandideh, S. H. R., & Akhavan Niaki, S. T. (2019). A hybrid robust stochastic programming for a bi-objective blood collection

- facilities problem (Case study: Iranian blood transfusion network). *Journal of Industrial and Production Engineering*, 36(3), 154–167.
- Zhang, L., Wang, S., & Liu, B. (2018). Deep learning for sentiment analysis: A survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(4), e1253.

LAMPIRAN A

- Surat Izin Pengajuan Penelitian, Surat Diterima Penelitian, SOTA (*State of The Art*), Skema Perumusan Masalah -

A. Surat Izin Penelitian PMI Kabupaten Malang



Nomor : 985/AKD09/RI-WD1/2024

Lampiran : -

Perihal : Permohonan Penelitian Master Thesis

Kepada Yth,
Kepala Bidang Organisasi Dan SDM
PMI Kabupaten Malang
Jl. Panji Kepanjen, Penarukan, Kec. Kepanjen, Kabupaten Malang, Jawa Timur 65163

Dengan Hormat,

Kami informasikan bahwa mahasiswa kami atas nama:

NO	NIM	NAMA	PRODI	FAKULTAS
1	202012320005	Risma Nurizza Saputri	S2 Teknik Industri	Fakultas Rekayasa Industri

Dengan topik:

Perancangan Distribusi dan Penjadwalan Darah

Bermaksud melakukan pengambilan data untuk **Master Thesis** di perusahaan/lembaga yang bapak/ibu pimpin terkait dengan **penelitian** sesuai topik yang sedang dilakukan.

Oleh karena itu, kami mohon bapak/ibu berkenan memberikan izin kepada yang bersangkutan.

Demikian surat permohonan yang kami sampaikan. Atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapan terima kasih.

Bandung, 20 Juni 2024

Wakil Dekan I Bidang Akademik dan Dukungan Penelitian



Dr. Tien Fabrianti Kusumasari, S.T., M.T.
NIP. 14790008-1

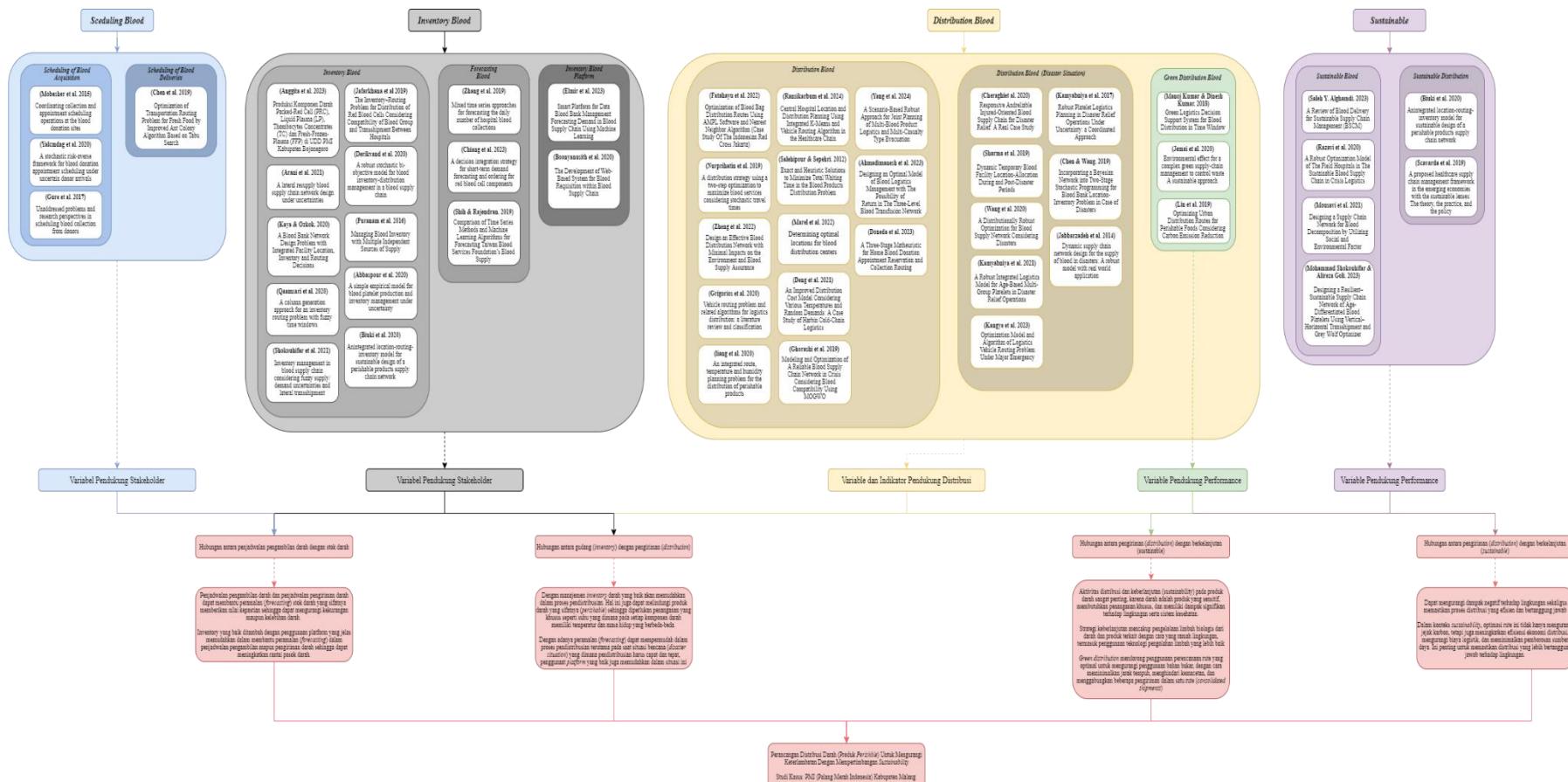
Telkom University Learning Center Building - Bandung Technoplex | Jl. Telekomunikasi, Terusan Buah Batu, Bandung 40257, West Java, Indonesia
t: 62-22-756 4108 f: 62-22 756 5200 e: info@telkomuniversity.ac.id

www.telkomuniversity.ac.id

B. Surat Diterima Penelitian

		 Palang Merah Indonesia
Nomor	:	1106 /02.06.28/UDD/ADM.KEU/XII/2024
Lampiran	:	--
Perihal	:	Ijin Penelitian Master Thesis
		Malang, 23 Desember 2024
<p>Kepada Yth. Wakil Dekan I Bidang Akademik dan Dukungan Penelitian Telkom University Learning Center Building Di - BANDUNG - JAWA BARAT</p>		
<p>Dengan hormat,</p>		
<p>Menindaklanjuti Surat Wakil Dekan I Bidang Akademik dan Dukungan Penelitian tanggal 20 Juni 2024 nomor : 985/AKD09/RI-WD1/2024, perihal : Permohonan Penelitian Master Thesis Mahasiswa Prodi S2 Teknik Industri Telkom University Bandung atas nama : RISMA NURIZZA SAPUTRI Nim : 202012320005.</p>		
<p>Setelah mempelajari dan menimbang dengan seksama, dengan ini kami selaku Kepala UTD PMI Kabupaten Malang memberikan ijin kepada Mahasiswa sebagaimana dimaksud untuk melaksanakan Penelitian di UTD PMI Kabupaten Malang, sesuai surat tersebut di atas dengan syarat dikenakan biaya penelitian sebesar Rp.100.000; (Seratus Ribu Rupiah)</p>		
<p>Demikian surat balasan kami atas perhatian, kepercayaan dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.</p>		
<p>Unit Transfusi Darah PALANG MERAH INDONESIA Kabupaten Malang  Kepala PMI DR. BIMA ARIOTEJO</p>		
<p>Unit Transfusi Darah Palang Merah Indonesia Kabupaten Malang Jl. Panji Kepanjen Telp, 0341-395350, Fax. 0341-397393, email : utdpmi_kabmalang@yahoo.co.id</p>		

C. State of The Art



LAMPIRAN B

- Dokumentasi ke Objek
Penelitian -

B. Dokumentasi

