

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap berbagai bencana alam, seperti gempa bumi, gunung meletus, banjir dan tanah longsor. Salah satu alasanannya dikarenakan Indonesia merupakan negara kepulauan dengan kondisi geografis dan iklim yang sangat beragam, sehingga memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap berbagai jenis bencana alam. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), banjir menempati urutan tertinggi sebagai bencana yang paling sering terjadi di Indonesia. Hampir setiap tahun, berbagai daerah di Indonesia terdampak banjir, baik yang disebabkan oleh curah hujan tinggi, meluapnya sungai, maupun sistem *drainase* yang tidak berfungsi secara optimal. Banjir tidak hanya menimbulkan kerugian material dan kerusakan infrastruktur, tetapi juga menimbulkan dampak serius terhadap kesehatan, lingkungan, dan kondisi sosial ekonomi masyarakat.

Sulawesi Selatan merupakan salah satu Provinsi yang sering mengalami kejadian bencana banjir dan Kota Makassar salah satu daerah yang sering terkena banjir. Menurut data dari BPBD pada tahun 2025, menyebutkan wilayah terdampak berada di lima Kecamatan, terdiri dari Kecamatan Manggala, Kecamatan Biringkaraya, Kecamatan Tamalanrea, Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Panakukang. Akibat banjir tersebut sebanyak lebih dari 3500 jiwa mengungsi dan sebagian besar dievakuasi di 35 titik pengungsian, serta terdapat kerugian material akibat banjir menyebabkan 554 unit rumah terendam. Selain itu luapan air menyebabkan genangan antara 50 cm hingga 100 cm, sehingga akses dan aktivitas warga menjadi terganggu karena kendaraan tak bisa melintas.

Secara umum, rantai pasok bantuan kemanusiaan memiliki tujuan utama untuk memastikan bahwa kebutuhan darurat masyarakat yang terdampak bencana dapat segera terpenuhi. Hal ini dilakukan melalui penyaluran berbagai bentuk pasokan darurat, seperti makanan, air bersih, obat-obatan, pakaian, hingga tempat tinggal sementara, yang ditujukan untuk meminimalkan penderitaan fisik maupun psikologis serta menekan angka kematian yang berpotensi meningkat pasca-bencana (Tofighi et al., 2016).

Distribusi logistik merupakan salah satu aspek penting dalam memastikan ketersediaan barang dan layanan dapat menjangkau masyarakat tepat waktu khususnya dalam situasi darurat. Namun, dalam praktiknya terdapat berbagai hambatan yang memengaruhi efektivitas distribusi, antara lain keterbatasan waktu



mada. Keterbatasan waktu menjadi kendala utama karena harus segera dikirimkan agar tidak menimbulkan gangguan atau keterlambatan penanganan korban bencana yang bisa saja beruntun. Dan persediaan armada sangat berpengaruh k bencana alam, sehingga diperlukan perencanaan rute yang an yang tersedia dapat digunakan secara efisien untuk titik distribusi. Oleh karena itu, diperlukan strategi optimasi rute

distribusi yang mempertimbangkan keterbatasan waktu dan ketersediaan armada untuk meningkatkan kecepatan, efisiensi, dan pemerataan distribusi logistik pada saat darurat bencana.

Dari permasalahan di atas penentuan rute optimal termasuk ke dalam masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang merupakan permasalahan yang berkaitan dengan proses distribusi barang dari depot atau gudang menuju para konsumen. Permasalahan ini mencakup bagaimana mengatur pengiriman barang dalam periode waktu tertentu kepada sejumlah konsumen dengan memanfaatkan armada kendaraan yang tersedia serta memperhitungkan kapasitas kendaraan, sekaligus memastikan pelayanan yang optimal. Penyelesaian CVRP diwujudkan dalam bentuk penentuan rute bagi kendaraan untuk memenuhi seluruh permintaan konsumen. Setiap kendaraan akan menempuh satu rute yang dimulai dan diakhiri di gudang (Prasetyo & Tamyiz, 2017).

Efisiensi distribusi dapat dicapai melalui pemilihan jalur terbaik, pengalokasian sumber daya secara tepat sasaran, serta pemanfaatan teknologi informasi modern dalam pemetaan dan pemantauan logistik. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan pemahaman dan menawarkan solusi praktis bagi perbaikan sistem distribusi bantuan kesehatan di tengah situasi bencana alam.

Ant Colony Optimization (ACO) adalah metode algoritmik yang terinspirasi dari perilaku mencari makanan pada koloni semut, dan telah menjadi teknik yang efektif dalam menyelesaikan berbagai masalah optimisasi, terutama dalam konteks perencanaan rute transportasi. Metode *Ant Colony Optimization* (ACO) telah digunakan untuk menemukan rute distribusi yang optimal dan efisien, yang dapat memperpendek waktu perjalanan dan mengurangi biaya operasional (Ferrer et al., 2020). Dengan menggunakan metode *Ant Colony Optimization* (ACO), penelitian ini dapat memberikan rekomendasi pendistribusian logistik dalam kondisi bencana, di mana efektivitas dan kecepatan distribusi bantuan menjadi prioritas utama dalam situasi siaga bencana.

Berdasarkan uraian di atas, penulis merasa tertarik untuk mengadakan penelitian tugas akhir dengan judul “**OPTIMASI PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI LOGISTIK BENCANA ALAM DENGAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION**” dengan studi kasus kota Makassar.

1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana kondisi distribusi logistik bencana di Kota Makassar saat ini?
- Bagaimana penerapan algoritma *Ant Colony Optimization* dalam menentukan rute distribusi optimal?



hasil rute dengan *Ant Colony Optimization* dibandingkan

rumusan masalah di atas, Adapun tujuan penelitian berikut ini :

1. Mengetahui kondisi distribusi logistik bencana di Kota Makassar.

2. Mengetahui penerapan metode *Ant Colony Optimization* untuk menentukan rute distribusi

logistik optimal.

- c. Membandingkan hasil optimasi dengan metode aktual untuk menilai efisiensi jarak, waktu dan Biaya serta ketepatan distribusi.

1.4 Manfaat

- a. Bagi Mahasiswa
 - 1) Mahasiswa dapat menerapkan ilmu yang selama ini diperoleh secara praktik melalui penelitian ini
 - 2) Mahasiswa dapat memperluas wawasan melalui penelitian yang diambil
- b. Bagi Perguruan Tinggi
 - kontribusi pada penelitian CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*) dalam konteks bencana.
- c. Bagi Pemerintah
 - rekomendasi bagi pemerintah/relawan dalam distribusi logistik darurat.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Studi kasus difokuskan pada distribusi logistik bencana di wilayah Kota Makassar.
- b. Jenis bencana yang dijadikan objek penelitian adalah bencana alam banjir, dengan fokus pada penyaluran logistik darurat.
- c. Data yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada Februari 2025.
- d. Pengantaran logistik yang diperhitungkan dalam penelitian ini hanya logistik dalam bentuk kantong kresek (paket) dan tidak memperhitungkan kebutuhan lain yang bervolume besar seperti air galon, perlengkapan tidur, perlengkapan kebersihan umum, kebutuhan bayi, dan pakaian dan sejenisnya.
- e. Faktor eksternal seperti kondisi cuaca, keterlambatan distribusi akibat non-teknis, dan kerusakan infrastruktur yang ekstrem tidak dibahas secara mendalam.

1.6 Landasan Teori

1.6.1 Logistik Bencana

Logistik bencana adalah rangkaian aktivitas yang mencakup alokasi sumber daya, penentuan rute kendaraan yang efektif untuk memudahkan dan mempercepat proses penyaluran bantuan, serta perencanaan distribusi untuk ikut berkontribusi dalam upaya penanggulangan bencana alam. Aktivitas ini tidak hanya sekadar proses memindahkan barang dari satu titik ke titik yang lain, tapi juga melibatkan proses pengambilan keputusan yang sangat teliti dalam kondisi genting, dimana semua serba terbatas dari waktu pengantaran, informasi dan sumber daya yang terbatas

jumlah armada. Dengan pengertian tersebut, logistik bencana menjadi fondasi dari seluruh rangkaian manajemen bencana, karena mampu menyalurkan bantuan secara efektif dan efisien (Yang *et al.*,



1.6.2 Distribusi

Distribusi dapat dipahami sebagai proses perpindahan barang dari pemasok ke penerima yang melalui jaringan transportasi yang terstruktur secara efisien. Distribusi tidak hanya dilihat dari segi kecepatan pengiriman, tapi juga dari segi efisiensi operasional seperti bahan bakar. Dengan adanya sistem distribusi yang baik, pasokan barang tetap stabil sehingga tidak terjadi kelangkaan yang dapat merugikan konsumen maupun produsen. Fungsi distribusi juga mencakup aspek komunikasi, yaitu menyampaikan informasi pasar dari konsumen kepada produsen sekaligus memastikan produk yang disalurkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan konsumen (Ziółkowski *et al.*, 2022).

Distribusi dapat dijelaskan sebagai fungsi utama dalam sistem logistik. Adapun tujuan dari distribusi yang mempunyai tujuan untuk mengantarkan produk maupun jasa ke konsumen secara efektif dan efisien. Distribusi tidak sepenuhnya berarti pemindahan barang secara fisik, tetapi juga mencakup beberapa aspek yang perlu diperhatikan, dari perencanaan, pengendalian aliran produk, informasi dan layanan pendukung yang memastikan barang sampai ke tempat yang sesuai, waktu yang tepat, kondisi barang baik serta dengan biaya serendah mungkin (Zunder, 2021).

Adapun tujuan dari distribusi salah satunya adalah efisiensi operasional yang dimana untuk meningkatkan efisiensi dalam jaringan logistik, yaitu mengoptimalkan rute, mempersingkat waktu pengiriman, memaksimalkan penggunaan armada, dan menghemat penggunaan bahan bakar untuk mengurangi biaya operasional (Shi *et al.*, 2024).

Adapun konsep utama dalam distribusi yang penting untuk diperhatikan dalam prosesnya, yaitu (Kmieciak, 2022):

- a. Distribusi tidak berdiri sendiri, melainkan merupakan jaringan aktivitas yang melibatkan banyak titik (seperti pabrik, gudang, dan konsumen) dan perlu kesinambungan agar tidak ada masalah pengiriman.
- b. Koordinasi logistik adalah proses penyelarasan kegiatan logistik agar tidak terjadi keterlambatan pengiriman, penumpukan stok dan kenaikan biaya logistik

1.6.3 Optimasi

Optimasi adalah proses matematis dan komputasi yang sistematis yang bertujuan untuk menemukan masalah yang terjadi serta mencari solusi yang paling optimal dari sekumpulan alternatif keputusan dengan mempertimbangkan kendala (*constrain*) yang ada serta fungsi tujuan yang ingin dicapai. Optimasi pada dasarnya digunakan untuk meningkatkan keefisienan suatu sistem, baik dengan cara



waktu, jarak atau energi yang digunakan (Biró *et al.*, 2024). dari optimasi merupakan cara atau usaha untuk meningkatkan i antara lain yaitu meminimalkan biaya operasi yang berlebihan, nsi sistem untuk mendapatkan hasil maksimum dengan minimal. Memaksimalkan keuntungan atau kinerja, dalam untuk mempercepat pendistribusian barang. Selain itu, optimasi eimbangkan berbagai tujuan yang saling bertentangan dan

mendukung pengambilan keputusan rasional berbasis data (Mirsaeidi *et al.*, 2023). Adapun komponen-komponen yang digunakan dalam optimasi untuk menemukan solusi optimal yaitu sebagai berikut (Jayarathna *et al.*, 2021):

Tabel 1. Komponen Optimasi

Komponen	Fungsi Utama
Variabel keputusan	Menentukan faktor yang bisa diubah untuk mencapai hasil yang optimal
Fungsi tujuan	Menentukan arah optimasi (minimisasi/maksimisasi)
Kendala (<i>constrain</i>)	Menetapkan batasan agar solusi yang didapatkan realistis
Parameter	Memberikan data masukan tetap
Metode optimasi	Menentukan cara mencari solusi terbaik

1.6.4 Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah suatu permasalahan optimasi rute kendaraan yang digunakan untuk mendukung distribusi bantuan logistik bantuan bencana alam. Tujuan utama VRP adalah menemukan rute distribusi yang paling efisien sehingga dapat meminimalkan waktu tempuh, atau jarak perjalanan, sambil tetap memenuhi berbagai batasan seperti kapasitas kendaraan, waktu pengantaran, maupun jumlah armada yang tersedia (Nodoust *et al.*, 2023).

Karakteristik *Vehicle Routing Problem* (VRP) yaitu (Penna *et al.*, 2018):

- Setiap kendaraan atau armada tidak semuanya seragam, seperti jenis, kapasitas dan kemampuan tiap armada berbeda
- Setiap kendaraan bisa melakukan lebih dari satu perjalanan distribusi dalam satu kali periode operasi.
- Lebih dari satu titik gudang logistik yang digunakan sebagai basis kendaraan dan penyimpanan barang.

1.6.5 Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) adalah salah satu bentuk dari *Vehicle Routing Problem* (VRP), yaitu masalah optimasi yang bertujuan menentukan rute terbaik bagi sejumlah kendaraan untuk mendistribusikan barang atau layanan ke titik konsumen dengan kapasitas kendaraan yang terbatas. *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) memiliki ciri-ciri yaitu, adanya batas kapasitas kendaraan yang artinya kendaraan yang mendistribusikan barang hanya dapat membawa muatan atau memenuhi permintaan pelanggan hingga batas tertentu (Hameed, *et al.*, 2025). Tujuan utama dari CVRP adalah meminimalkan total biaya atau jarak tempuh seluruh



tiap memastikan bahwa (Fang *et al.*, 2024):
 erpendek dari depot / gudang ke konsumen.
 da memiliki kapasitas yang terbatas dan tidak boleh *overload*.
 dilayani sekali, dalam artian kendaraan tidak boleh kembali ke
 dah dilalui sebelumnya.

Adapun komponen utama dalam model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) sebagai berikut (Sitek & Wikarek, 2019):

1. Depot atau tempat distribusi sebagai titik awal dan akhir semua kendaraan
2. Memperhitungkan kapasitas kendaraan
3. Konsumen harus dilayani satu kali
4. Fungsi objektif untuk meminimalkan biaya total perjalanan

1.6.6 *Ant Colony Optimization*

Ant Colony Optimization (ACO) merupakan algoritma *metaheuristic* yang terinspirasi dari kawanan semut Ketika mencari makanan. Semut-semut tersebut melepaskan zat kimia yang disebut feromon pada jalur yang mereka lewati sebelumnya adar banyak semut melewati jalur tersebut. Dengan mekanisme sederhana ini pada akhirnya semut dapat menemukan jalur terpendek dari saran menuju sumber makanan. Dalam optimasi, prinsip tersebut dimodelkan dalam bentuk algoritma ACO guna menyelesaikan berbagai masalah optimasi, salah satunya adalah *Vehicle Routing Problem* (VRP) (Kamarudin dan Jamainan 2023).

Adapun terdapat tujuan metode ACO yang menjadi dasar dari metode ini, yaitu (Ratanavilisagul, 2022):

- a. Dapat digunakan dalam mengoptimalkan jarak distribusi
 - b. Menentukan urutan kunjungan pelanggan yang paling optimal
 - c. Untuk mengatasi keterbatasan distribusi yang masih menggunakan metode konvensional.
 - d. Meningkatkan kualitas layanan melalui kecepatan dan ketepatan pendistribusian
- Dalam Metode ACO, yang menjadi prinsip utama dari *Ant Colony Optimization* (ACO), yaitu dalam pencarian rute yang terinspirasi dari semut yang cenderung menempuh jalur terpendek dengan cara meninggalkan jejak (feromon). Semut tidak memilih rute atau jalur secara acak, tetapi semut selalu meninggalkan feromon pada jalur yang dilewatinya yang biasanya ditinggalkann oleh semut dalam mencari makanan. Proses dibiarkan berlangsung dalam beberapa iterasi. Seiring waktu, koloni semut (atau algoritma) cenderung “sepakat” pada jalur paling efisien, yang mewakili solusi optimal (Skinderowicz, 2022).

Dalam melakukan pemrograman ACO, memerlukan beberapa parameter dan langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut (Sandhya & Goel, 2019):

1. Parameter

Parameter utama yang perlu diperhatikan dalam metode ACO, sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter *Ant Colony Optimization*

Parameter	Nama	Keterangan
	n_ants	Jumlah semut
	<i>Initial Pheromon</i>	Nilai awal feromon
	α	Pengaruh feromon
	β	Pengaruh visibilitas
	ρ	Laju penguapan feromon
	Q	Tetapan siklus semut
	$n_iteration$	Banyak siklus

2. Langkah- Langkah Algoritma *Ant Colony Optimization*

Adapun langkah-langkah pencarian rute dari metode *Ant Colony Optimization*, sebagai berikut (Phuc & Nguyen Le Phuong Thao, 2021):

a. Inisialisasi parameter

- Menentukan parameter algoritma m , α , β , ρ , Q dan jumlah iterasi.
- Inisialisasi tingkat feromon $\tau_{ij} = \tau_0$ untuk semua tepi.
- Menentukan informasi heuristik sebagai:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \quad (1)$$

Dimana d_{ij} adalah jarak antara i dan j .

b. Konstruksi solusi oleh semut

Setiap semut membangun solusi yang layak dengan menghasilkan kumpulan rute kendaraan yang dimulai dan diakhiri di depot sambil memenuhi batasan kapasitas kendaraan (CVRP). Probabilitas bahwa semut k berpindah dari simpul i ke simpul j pada waktu t diberikan oleh:

$$P_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in N_i^k} [\tau_{il}(t)]^\alpha [\eta_{il}]^\beta} \quad (2)$$

Dimana N_i^k adalah himpunan simpul yang layak untuk semut k .

c. Evaluasi Solusi

Setiap solusi yang dibangun dievaluasi berdasarkan:

- Total jarak
- Total waktu
- Batas kapasitas kendaraan

d. Pembaharuan feromon

- Evaporasi

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho)\tau_{ij}(t)$$

- Penguapan feromon

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, & \text{if ant } k \text{ uses edge } (i, j) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Total pembaruan feromon:

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho)\tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k$$

adalah total jarak yang ditempuh oleh semut k .

tergensi

ulangi hingga jumlah iterasi maksimum tercapai atau tidak ada signifikan teramati. Solusi terbaik dengan jarak total minimum ai rute optimal.



f. *Constrain*

Berisi tentang Batasan batasan yang diberikan dalam menjalankan suatu algoritma optimasi dalam metode *ant colony optimization*.

g. *Input*

- Kode posko bencana $V = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ di mana simpul 0 adalah depot
- Matriks jarak d_{ij}
- Permintaan setiap pelanggan q_i
- Kapasitas kendaraan Q_v
- Jumlah semut m
- Parameter ACO α, β, ρ, Q
- Jumlah iterasi maksimum $Iter_{max}$

h. *Output*

Solusi rute terbaik dengan jarak yang paling minimal

1.6.7 Python

Python dijelaskan sebagai salah satu bahasa pemrograman yang penting bagi berbagai penelitian di dunia modern. Bahasa ini bisa digunakan untuk memvisualisasikan, memanipulasi dan menginterpretasikan data yang dihasilkan dari berbagai sumber, seperti platform, satelit dan sebagainya. Adapun fungsi *Python* dalam rute distribusi, yaitu sebagai berikut (Campbell *et al.*, 2025):

- a. Untuk membuat jarak antar titik
- b. Untuk probabilitas pemilihan jalur
- c. *Update* feromon

Adapun komponen komponen dalam penggunaan *Python code* sebagai berikut (Chen & Liu, 2022):

- a. Komponen inti yang menjelaskan bahwa *python* ini merupakan bahasa interpreted atau dapat dijalankan langsung tanpa proses kompilasi dan cocok untuk eksperimen ilmiah.
- b. Struktur bahasa
- c. *Python* memiliki Struktur bahasa yang sederhana dan mudah dibaca
- d. Komponen data yang mampu memvisualisasikan data dengan cepat dan membandingkan hasil eksperimen yang dilakukan

1.7 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini, dilakukan penelusuran terkait dengan penelitian-penelitian yang terdahulu yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Jurnal yang diteliti oleh (Ferrer *et al.*, 2020) yang berjudul "**A New Ant Colony- for Disaster Relief** oleh José" memaparkan pengembangan Ant Colony Optimization (ACO) untuk mengoptimalkan distribusi ap akhir (last mile distribution) dalam kondisi yang tidak aman stian. Metode ini memperkenalkan penggunaan "semut" khusus ikan kendaraan dan paket bantuan, serta feromon yang menyeimbangkan elemen-elemen solusi yang dibangun. pertimbangan berbagai kriteria penting seperti biaya, waktu,



keadilan, keandalan, keamanan, dan prioritas, yang sering kali diabaikan dalam penelitian sebelumnya. Penerapan metodologi ini pada studi kasus gempa bumi Haiti 2010 dan kelaparan di Niger 2005 menunjukkan efektivitasnya dalam meningkatkan efisiensi distribusi bantuan.

Kedua adalah jurnal yang berjudul **"Implementasi Ant Colony Optimization Algorithm (ACO) untuk Pemilihan Jalur Tercepat Evakuasi Bencana Tsunami oleh Tim SAR di Kota Padang"** yang ditulis oleh (Fitriyani & Ahmad, 2024). Penelitian ini menggunakan *metode Ant Colony Optimization (ACO)* untuk menentukan jalur tercepat evakuasi bencana tsunami, dengan data jarak dan waktu tempuh antar shelter yang diperoleh dari Google Maps. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jalur tercepat evakuasi dimulai dari Kantor Pencarian dan Pertolongan Padang melalui beberapa titik shelter dan kembali ke kantor tersebut dengan total jarak 47,35 km dan waktu tempuh sekitar 1 jam 37 menit. Kesimpulannya, penggunaan ACO mampu memberikan jalur evakuasi yang efisien bagi Tim SAR, sehingga dapat meningkatkan efektivitas evakuasi di Kota Padang. Penelitian ini juga menyarankan pengembangan lebih lanjut dengan mempertimbangkan faktor-faktor tambahan seperti kondisi jalan dan skenario alternatif untuk meningkatkan ketepatan perencanaan evakuasi.

Berikutnya adalah jurnal yang berjudul **"Optimasi Rute Distribusi Bantuan Logistik Kesehatan ke Daerah Rawan Bencana Banjir di Kota Yogyakarta"** yang ditulis oleh (Adhitama *et al.*, 2023). Penelitian ini menggunakan algoritma Simulated Annealing (SA) untuk mengoptimalkan rute distribusi bantuan logistik kesehatan ke daerah rawan bencana banjir, dengan membandingkan rute distribusi tanpa kluster dan dengan kluster berdasarkan kecamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan kluster dalam distribusi mampu meminimalkan jarak dan waktu tempuh, sehingga meningkatkan efisiensi pengiriman bantuan dalam situasi darurat. Kesimpulannya, penggunaan algoritma SA bersama pembagian kluster dapat menjadi dasar perencanaan tanggap darurat yang lebih efektif, memberikan manfaat signifikan bagi manajemen distribusi logistik kesehatan di wilayah rawan banjir Kota Yogyakarta.

Selanjutnya yaitu jurnal yang berjudul **"Ant Colony Optimization for Disaster Relief Operations"** ditulis oleh (Yi & Kumar, 2007). dan diterbitkan di *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* pada tahun 2007. Penelitian ini menggunakan *algoritma Ant Colony Optimization (ACO)* untuk menyelesaikan masalah logistik dalam operasi bantuan bencana, dengan fokus pada pengiriman barang ke pusat distribusi dan evakuasi korban ke pusat medis. Pendekatan yang diterapkan membagi masalah menjadi dua fase:



Salah satunya menggunakan jejak feromon secara stokastik, dan yang kedua menggunakan metode aliran jaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ACO efektif dalam menghasilkan rute logistik yang optimal dengan biaya rendah dan waktu komputasi efisien. Kesimpulannya, algoritma ACO merupakan metode yang handal untuk perencanaan logistik darurat, dan dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem logistik bencana yang lebih canggih.

Terakhir adalah jurnal yang berjudul **"Fuzzy Multi-Objective, Multi-Period Integrated Routing–Scheduling Problem to Distribute Relief to Disaster Areas: A Hybrid Ant Colony Optimization Approach"** yang ditulis oleh (Niksirat *et al.*, 2024). Penelitian ini menggunakan model pemrograman *integer multi-objektif fuzzy* untuk menyelesaikan masalah rute dan penjadwalan terintegrasi multi-periode dalam distribusi bantuan bencana, dengan mempertimbangkan ketidakpastian dalam permintaan dan waktu transportasi. Untuk menyelesaikan model ini, dikembangkan algoritma hibrida yang menggabungkan multi-objektif Ant Colony Optimization (ACO) dan simulated annealing (SA), di mana dua koloni semut digunakan untuk memperoleh himpunan solusi Pareto nondominated. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma hibrida ini efektif dalam menemukan solusi dengan nilai fungsi objektif yang lebih rendah dan waktu komputasi yang relatif singkat dibandingkan algoritma lain seperti multi-objektif cat swarm optimization. Kesimpulannya, model dan algoritma yang diusulkan dapat menjadi pendekatan efektif untuk perencanaan logistik bencana yang kompleks dan tidak pasti, membantu mengoptimalkan distribusi bantuan dengan mempertimbangkan berbagai tujuan dan kondisi dunia nyata.



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini berfokus pada studi kasus bencana alam banjir di Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Dan waktu penelitian dilaksanakan pada bulan September-November 2025. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Makassar yang terletak di Jl. Kerung-Kerung, Bara-Baraya Utara, Kecamatan Makassar, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.

2.2 Sumber Data

a. Data Primer

data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari hasil wawancara dan dokumentasi. Data primer dikumpulkan secara khusus oleh peneliti untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang ada. Dalam penelitian ini, data primer dalam penelitian ini adalah rute distribusi awal dan jenis logistik yang disalurkan.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber lain sebagai data pendukung seperti titik posko pengungsian. Data sekunder diperoleh dari data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Makassar dan *Google Maps*.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Metode yang dapat dilakukan dalam pengumpulan data adalah :

a. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan informasi berupa landasan teoritis dalam menganalisis data sebagai perbandingan dalam penulisan tugas akhir ini. Informasi bisa didapatkan dengan mencari informasi dari internet, buku serta penelitian terdahulu mengenai analisis dan perencanaan persediaan.

b. Wawancara

Wawancara merupakan metode mendapatkan informasi dengan bertanya langsung kepada sumber informasi dengan memberikan pertanyaan secara langsung. Wawancara dilakukan pada pihak-pihak yang terkait untuk memperoleh informasi tentang transportasi, distribusi, data permintaan, serta titik dan jarak antar lokasi yang akan ditempuh.



an

g dilakukan pada penelitian ini dapat diurutkan sebagai

1

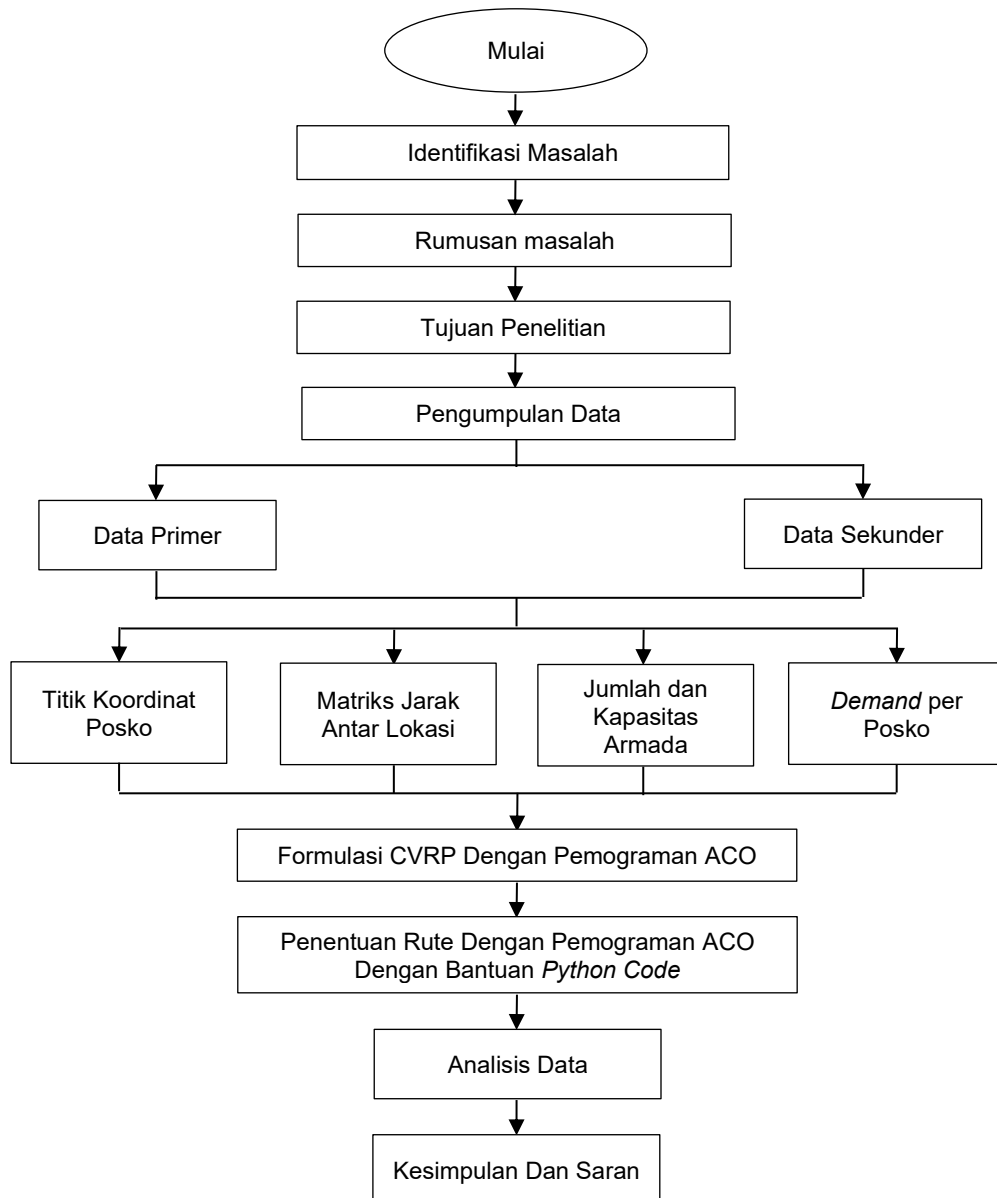
k penelitian yang akan dilakukan

umusan masalah

- 3) Menentu kan tujuan penelitian
 - 4) Menentukan manfaat penelitian
 - 5) Menentukan studi literatur terhadap landasan teori yang digunakan
- b. Tahap pengambilan dan pengumpulan data, tahap menyangkut pengambilan dan pengumpulan data di lapangan. Pada tahap ini pengambilan data dilakukan secara langsung melalui wawancara dengan beberapa petugas Badan Penanggulangan Bencana (BPBD) Kota Makassar.
 - c. Tahap pengolahan data. Pada tahap ini berupa pengolahan data dan analisis, yaitu tahap dimana data-data yang telah terkumpul diolah dan dianalisis.
 - d. Tahap Akhir, yaitu penarikan kesimpulan serta menentukan tindakan yang akan rute distribusi bencana banjir di Kota Makassar.



2.5 Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

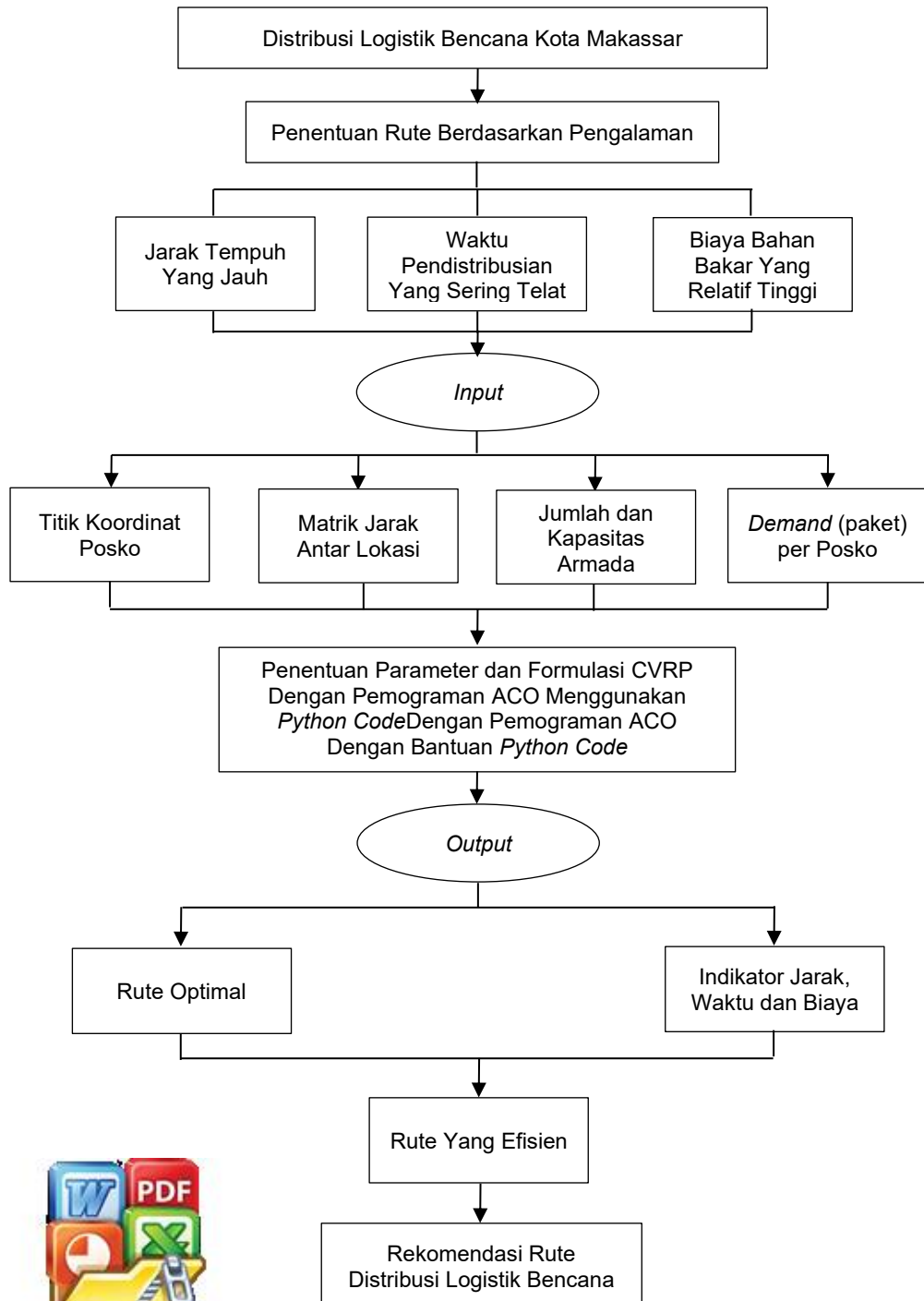
Berdasarkan gambar 1, flowchart penelitian memberikan penjelasan mengenai bagaimana sebuah penelitian dari awal mulai hingga penelitian selesai. Flowchart menggambarkan alur penelitian mulai dari tahap awal hingga hasil akhir. Tahap awal penelitian dimulai dari identifikasi masalah, kemudian dilanjutkan dengan penentuan tujuan penelitian, dan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan terbagi menjadi data primer dan sekunder. Dari kedua jenis data tersebut, data primer digunakan untuk menentukan titik koordinat posko, matriks jarak antar lokasi, jumlah dan kapasitas armada, dan demand per posko.



jumlah dan kapasitas armada, serta demand tiap posko. Selanjutnya data digunakan untuk memformulasikan CVRP dengan pendekatan *Ant Colony Optimization*, kemudian dilakukan penentuan rute menggunakan pemrograman *Ant Colony Optimization* dengan *python code*. Setelah rute optimal diperoleh, dilakukan analisis hasil, dan penelitian ditutup dengan kesimpulan serta saran.



2.6 Kerangka Berpikir



Gambar 2. Kerangka Berpikir



Pada gambar 2 di atas kerangka penelitian menunjukkan permasalahan yang terjadi pada proses pendistribusian logistik bencana alam di Kota Makassar yang dimana Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Makassar adalah salah satu yang bertanggung jawab atas bencana yang terjadi di kota Makassar. Penyebab utama dari Pendistribusian Logistik Bencana adalah penentuan rute yang kurang optimal yang menyebabkan jarak yang ditempuh, durasi perjalanan dan biaya yang dikeluarkan kurang efektif, sehingga perlu dilakukannya penentuan rute yang lebih optimal dengan menggunakan metode *Ant Colony Optimization*. *Ant Colony Optimization* (ACO), yaitu pencarian rute yang terinspirasi dari semut yang cenderung menempuh jalur terpendek dengan cara meninggalkan jejak (feromon). Dengan menggunakan Metode ACO, proses pendistribusian logistik bencana alam di Kota Makassar menjadi lebih optimal.

