

USULAN PENELITIAN

PENENTUAN RUTE TERPENDEK ANGKUTAN TERSIER DI KANTOR POS CABANG MAGETAN 63300 MENGGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION

**Usulan penelitian ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyusun
tugas akhir S1 Program Studi Manajemen Transportasi**



**Oleh :
Dimas Rizaldi
13119009**

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN TRANSPORTASI
FAKULTAS LOGISTIK TEKNOLOGI DAN BISNIS
UNIVERSITAS LOGISTIK DAN BISNIS INTERNASIONAL
BANDUNG
2024**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR Lampiran	vi
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1. Latar Belakang	2
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Batasan Masalah	6
1.5. Manfaat Penelitian	7
1.6. Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Manajemen Distribusi	9
2.2. Rute	10
2.3. Rute Optimal	10
2.4. Angkutan	11
2.5. Penentuan Rute Terpendek	13
2.6. Algoritma Rute Terpendek	14
2.7. <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO)	14
2.8. Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Kerangka penelitian	27
3.2. Langkah-langkah penelitian	28
3.3. Studi lapangan	30
3.4. Studi pustaka	30
3.5. Perumusan masalah	30
3.6. Tujuan penelitian	31
3.7. Pengumpulan data	31
3.8. Pengolahan data	34

3.9. Analisis data	37
3.10. Kesimpulan	37
Daftar Pustaka	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1: Perilaku semut untuk mencari jalan terpendek Sumber : Ameer Ali (2010)	15
Gambar II.2: Perilaku semut digambarkan dalam graf Sumber : Dorigo (2004) dalam <i>Ant Colony Optimization</i>	16
Gambar III.1 : Kerangka pemikiran	28
Gambar III.2 : Flowcart langkah-langkah penelitian	29
Gambar III.3: <i>Flowchart</i> pengumpulan data	32
Gambar III.4: <i>Flowchart</i> pengolahan data	35

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 : Data keterlambatan angkutan tersier trayek utara Kantor Pos Magetan bulan Januari tahun 2024	4
Tabel I.2 : Data keterlambatan angkutan tersier trayek selatan Kantor Pos Magetan bulan Januari tahun 2024	5
Tabel III.1 : Data primer	33
Tabel III.2 : Data sekunder	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transportasi pada dasarnya merupakan sarana yang digunakan dalam pemindahan manusia atau barang dari tempat asal menuju tempat tujuan (tempat lain yang menjadi tujuan). Kegiatan transportasi bertujuan untuk masyarakat luas agar dapat menjangkau tempat yang dikehendaki atau mengirimkan barang dari tempat asal menuju tempat tujuan. Prosesnya dapat dilakukan menggunakan sarana berupa kendaraan. (Haryanda dkk., 2023)

Transportasi dan distribusi merupakan dua komponen yang mempengaruhi keunggulan kompetitif suatu perusahaan karena penurunan biaya transportasi dapat meningkatkan keuntungan perusahaan secara tidak langsung. Salah satu cara untuk menurunkan biaya transportasi adalah dengan mengefisienkan sistem distribusi dan penggunaan jenis transportasi yang ada. (Rahmah & Ningrat, 2023)

Kegiatan transportasi dan logistik merupakan tulang punggung pertumbuhan perekonomian dan perkembangan teknologi di sebuah negara. Dengan adanya kegiatan perpindahan barang dari satu tempat ke tempat yang lain, akan memberikan keuntungan bagi pihak yang membutuhkan, mengantar dan menyediakan barang tersebut.

Setiap perusahaan dituntut untuk dapat melakukan pelayanan yang seoptimal mungkin dalam pemenuhan kebutuhan konsumen. Suatu perusahaan akan kehilangan kepercayaan konsumen, ketika pada suatu saat seseorang membutuhkan barang, tetapi barang tersebut tidak terdapat di toko/ grosir/ market/ outlet, atau bagaimana bisa mendapatkan barang yang diinginkan, tetapi dalam jumlah yang tidak mencukupi, atau mendapatkan barang dengan kualitas yang berbeda. Salah satu aspek yang harus diperhatikan agar dapat menghindari/ meminimalisir kejadian tersebut, yaitu aspek logistik. (Purnama & Nurhakim, 2019)

PT. Pos Indonesia (Persero) adalah salah satu perusahaan milik negara yang bergerak di bidang pengiriman barang. Saat ini, PT. Pos Indonesia (Persero)

memiliki cakupan wilayah pengiriman barang maupun dokumen terluas di Indonesia sendiri. Untuk mendukung kegiatan pengiriman barang yang dilaksanakan PT. Pos Indonesia (Persero), dibuat SOP atau peraturan yang diterapkan di seluruh kantor pos cabang dan regional agar proses awal saat pendistribusian barang konsumen tidak mengalami hambatan yang dapat timbul akibat pekerjaan yang dilakukan secara asal-asalan.

Salah satu perwakilan PT. Pos Indonesia (Persero) dalam mendukung kegiatan pengiriman barang adalah Kantor Pos Cabang Magetan 63300 Divisi Regional V Surabaya yang berada di Kabupaten Magetan, Jawa Timur. Kantor Pos Magetan 63300 membawahi 16 Kantor Pos Kecamatan.

Pada tahun 2023, Kantor Pos Magetan telah mengirim barang dan dokumen sejumlah 119.590 resi dengan total biaya Rp. 3.645.467.114 serta total berat 4.516.108 Kg. Sedangkan pada tahun 2024 sendiri (terhitung 1 Januari 2024 s/d 31 Mei 2024), Kantor Pos Magetan telah mengirim sebanyak 76.108 resi dengan total biaya sebanyak 2.061.338.820 dan total bobot mencapai 1.380.726 Kg. Salah satu proses yang mendukung pengiriman di Kantor Pos Magetan adalah penjemputan barang oleh 2 unit angkutan tersier di 13 Kantor Pos Kecamatan yang dalam prosesnya, dibagi menjadi 2 trayek, yaitu trayek utara dengan 8 Kantor Pos Kecamatan dan trayek selatan dengan 6 Kantor Pos Kecamatan.

Rute yang digunakan 2 unit angkutan tersier milik Kantor Pos Magetan sendiri sudah ditetapkan sejak tahun 2019 dan dinilai oleh perusahaan sudah optimal.

Angkutan tersier adalah angkutan yang diperuntukan untuk jaringan kantor pos dengan kantor cabang yang di bawahnya. (Purnomo dkk., 2022) Namun, dalam penetapan rute penjemputan oleh angkutan tersier, Kantor Pos Magetan masih berdasarkan saran karyawan dan sopir dari angkutan tersier tersebut. Sehingga Kantor Pos Magetan, tidak mengetahui apakah rute yang disarankan karyawan tersebut sudah optimal atau belum.

Dalam pelaksanaan penjemputan barang oleh angkutan tersier di Kantor Pos Magetan, sering terjadi keterlambatan angkutan tersier yang membawa kembali

barang dari Kantor Pos Kecamatan menuju Kantor Cabang sehingga mengakibatkan proses penyortiran serta pengiriman menuju Kantor Pos Cabang Utama Madiun 63100 terlambat. Kantor Pos Cabang Magetan sudah membuat peraturan terkait batas durasi penjemputan adalah 2 jam dengan jam berangkat pada pukul 11:00 WIB dan tiba pada pukul 13:00 WIB.

Berikut dipaparkan data keterlambatan angkutan tersier trayek utara dan trayek selatan Kantor Pos Cabang Magetan 63300 dalam kegiatan penjemputan barang di kantor pos kecamatan :

Tabel I.1 : Data keterlambatan angkutan tersier trayek utara Kantor Pos Magetan bulan Januari tahun 2024

TRAYEK UTARA				
No	Tanggal	Waktu berangkat	Waktu tiba	Terlambat
1	3	12:00	14:15	1 jam 15 menit
2	5	12:30	15:45	2 jam 45 menit
3	6	13:00	16:00	3 jam
4	18	12:00	15:00	2 jam

Sumber : *Supervisor* operasional KC Magetan 63300

Pada tabel 1.1 diatas, dipaparkan data keterlambatan angkutan tersier Kantor Pos Cabang Magetan 63300 di trayek utara saat menjemput barang dari kantor pos kecamatan dan kembali lagi menuju ke kantor cabang. Contoh pada tanggal 3 Januari 2024, angkutan tersier trayek utara berangkat dari kantor cabang pada pukul 12:00 WIB, yang mana ini sudah terlambat dalam keberangkatan. Kemudian angkutan tersier tersebut mulai mengambil barang di kantor kecamatan dan baru kembali ke kantor cabang pada pukul 14:15 WIB. Artinya, angkutan tersier trayek utara tersebut terlambat 1 jam 45 menit dalam kegiatan penjemputan barang di kantor pos kecamatan.

Tabel I.2 : Data keterlambatan angkutan tersier trayek selatan Kantor Pos
Magetan bulan Januari tahun 2024

TRAYEK SELATAN				
No	Tanggal	Waktu berangkat	Waktu tiba	Terlambat
1	1	12:30	16:30	3 jam 30 menit
2	6	12:00	16:00	3 jam
3	10	11:30	13:45	45 menit
4	12	12:15	15:20	2 jam 20 menit
5	22	13:00	16:00	3 jam
6	23	12:00	14:00	1 jam
7	30	12:14	14:30	1 jam 30 menit

Sumber : *Supervisor* operasional KC Magetan 63300

Pada tabel 1.2 diatas, dipaparkan data keterlambatan angkutan tersier Kantor Pos Cabang Magetan 63300 di trayek selatan saat menjemput barang di kantor pos kecamatan dan kembali lagi menuju kantor cabang. Contoh pada tanggal 1 Januari 2024, angkutan tersier berangkat pada pukul 12:30 menuju kantor pos kecamatan untuk menjemput barang dan baru kembali ke kantor cabang pada pukul 16:30 yang artinya angkutan tersier tersebut terlambat 3 jam 30 menit.

Menindaklanjuti kejadian tersebut, Kantor Pos Cabang Utama Madiun pernah memberikan surat teguran sekali kepada bagian operasional Kantor Pos Cabang Magetan akibat keterlambatan yang terjadi berulang tersebut, karena pengiriman dari KCU Madiun 63100 menuju Kantor Pos Regional V Surabaya juga ikut terlambat.

Berdasarkan hasil fenomena diatas, tentunya harus dicari solusi bagaimana cara mencari rute terpendek untuk kendaraan operasional yang ditugaskan sebagai

angkutan tersier di Kantor Pos Cabang Magetan 63300. Ketika rute terpendek dapat dibentuk, maka harus dicari berapa penghematan waktu tempuh angkutan tersier yang terjadi antara kondisi saat ini (*existing*) dengan hasil usulan rute terpendek.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan pada subbab sebelumnya, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menentukan rute terpendek yang dapat digunakan oleh angkutan tersier guna menghemat waktu?
2. Berapa penghematan waktu yang diperoleh setelah rute yang diusulkan diterapkan?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka, didapat tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mencari rute terpendek agar bisa digunakan oleh angkutan tersier guna memangkas waktu tempuh dan menghemat biaya.
2. Untuk mengetahui penghematan waktu yang diperoleh setelah menerapkan rute yang diusulkan.

1.4. Batasan Masalah

1. Data yang digunakan adalah data jarak antar Kantor Pos Kecamatan, data keberangkatan, dan data kedatangan angkutan tersier Kantor Pos Cabang Magetan 63300.
2. Data yang digunakan terbatas pada jangka waktu bulan Januari tahun 2023 hingga bulan Januari tahun 2024.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Bagi Perusahaan

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi dan masukan kepada perusahaan dalam penetapan rute kendaraan.

2. Bagi Pembaca

Para akademisi dapat menggunakan penelitian ini sebagai bahan rujukan maupun sekedar referensi untuk melakukan sebuah proyek atau penelitian selanjutnya.

3. Bagi Penulis

Penulis mendapat wawasan dan informasi baru berkat penelitian ini terkait pentingnya pemilihan rute agar dapat menghemat biaya operasional dan memangkas waktu tempuh kendaraan.

1.6. Sistematika Penulisan

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab I menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan penelitian.

2. BAB II LANDASAN TEORI

Bab II menguraikan studi literatur yang digunakan sebagai dalam memecahkan masalah yang diangkat di dalam penelitian.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini, dijelaskan terkait langkah-langkah metode yang digunakan dalam penelitian untuk memecahkan masalah yang diangkat.

4. BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengumpulan data dan bagaimana data tersebut diolah dalam memecahkan masalah guna menjawab tujuan penelitian.

5. BAB V ANALISIS

Bab V ini menguraikan hasil analisa berdasarkan pengolahan data yang sudah dilakukan untuk menjawab rumusan masalah.

6. BAB VI PENUTUP

Bab VI ini menjelaskan kesimpulan dari hasil penelitian dalam menjawab tujuan serta berisi saran bagi penelitian berikutnya.

7. DAFTAR PUSTAKA

Bagian daftar pustaka berisikan semua referensi yang digunakan dalam menyusun penelitian ini.

8. LAMPIRAN

Bagian ini menyajikan informasi tambahan yang sekiranya berguna untuk menambah atau memperjelas informasi terkait masalah yang diangkat dalam penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Manajemen Distribusi

Manajemen distribusi adalah bagian dari manajemen logistik yang mencakup aktivitas pergerakan dan penyimpanan barang. Aktivitas ini melibatkan transportasi, pergudangan, pengelolaan persediaan, serta perencanaan dan pengendalian aliran barang. Mereka menekankan pentingnya integrasi aktivitas ini untuk mengoptimalkan kinerja logistik dan meminimalkan biaya. (Bowersox dkk., 2024)

Coyle dalam buku *Supply Chain Management: A Logistics Perspective*, mendefinisikan manajemen distribusi sebagai proses perencanaan, implementasi, dan pengendalian aliran barang dari titik asal ke titik konsumsi. Mereka juga menekankan pentingnya penggunaan teknologi untuk meningkatkan efisiensi operasional dan memberikan layanan yang lebih baik kepada pelanggan. Selain itu, mereka mencatat bahwa faktor lingkungan dan regulasi juga memainkan peran penting dalam manajemen distribusi modern. (Coyle dkk., 2017)

Distribusi dapat diartikan sebagai bagian dari pemasaran yang berusaha memperlancar dan mempermudah penyampaian barang dan jasa dari produsen menuju ke konsumen, sehingga penggunaannya sesuai dengan yang diperlukan (jenis, jumlah, harga, tempat, dan waktu). (Agustina dkk., 2023)

Menurut Rushtor, Croucher dan Baker dalam buku *The Handbook of Logistics and Distribution Management*, manajemen distribusi melibatkan berbagai aktivitas seperti perencanaan rute, pengelolaan armada, pemilihan moda transportasi, dan pengelolaan gudang. Mereka juga menekankan pentingnya keberlanjutan dalam distribusi, termasuk pengurangan jejak karbon dan pengoptimalan penggunaan sumber daya. (Rushton dkk., 2022)

2.2. Rute

Dalam bidang transportasi, rute merupakan lintasan yang digunakan oleh kendaraan atau moda transportasi untuk memindahkan barang atau penumpang dari titik asal menuju titik tujuan. Rute dapat mempengaruhi proses transportasi yang dijalankan seperti jarak tempuh, waktu tempuh, biaya yang dikeluarkan, keamanan, dan efisiensi operasional.

Rute adalah jalan yang direncanakan dan diikuti oleh pengirim atau operator logistik untuk mengantarkan barang dengan tujuan meminimalkan waktu perjalanan dan biaya operasi. Untuk menekan biaya logistik dan meningkatkan pelayanan kepada pelanggan, mereka menekankan tentang pentingnya perencanaan rute yang efisien. (Bowersox dkk., 2024)

Rute adalah jarak tempuh atau arah tempuh dari satu tempat menuju tempat lain yang dilalui dalam kurun waktu tertentu. Rute angkutan akan ditempatkan di lokasi yang sudah diperkirakan ada calon pengguna jasa yang akan dilayani. Pada umumnya, trayek angkutan yang melayani masyarakat jumlahnya lebih dari satu, maka jika ditinjau secara keseluruhan akan ada sekumpulan rute yang bersama-sama melayani masyarakat luas. (Ilham, 2021)

2.3. Rute Optimal

Dalam aspek transportasi dan logistik, rute optimal merujuk pada rute yang dapat memaksimalkan efisiensi dengan meminimalkan biaya, waktu tempuh, emisi karbon, dan memaksimalkan kepuasan pelanggan. Dalam penelitian terbaru, rute yang optimal tidak hanya mempertimbangkan jarak dan waktu tempuh, tetapi juga mempertimbangkan ketidakpastian di dunia nyata seperti kemacetan, cuaca, dan ketersediaan transportasi. (Zhang dkk., 2024)

Dalam penentuan rute optimal, penggunaan algoritma dan kecerdasan buatan seperti algoritma genetika dan algoritma koloni semut, cukup efektif dalam mengoptimalkan rute distribusi logistik. Misalnya, model distribusi logistik berbasis algoritma genetika yang telah disempurnakan menunjukkan hasil yang

signifikan dalam mengurangi waktu pengiriman dan biaya operasional. (Gan, 2022)

Rute optimal juga ditekankan dalam kegiatan pengiriman barang segar (*perishable goods*). Studi tentang logistik makanan segar menekankan perlunya mempertimbangkan ketahanan dan efisiensi dalam rute distribusi. Algoritma yang memperhitungkan variabilitas permintaan dan kondisi jalan dapat mengurangi pemborosan makanan dan meningkatkan kualitas layanan. (Li, 2024)

2.4. Angkutan

Angkutan merupakan sebuah proses pemindahan barang atau penumpang dari satu tempat (asal) ke tempat lain (tujuan) dalam bidang transportasi dan logistik. Angkutan juga merupakan elemen krusial dalam manajemen logistik yang mencakup proses perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan arus barang dan informasi yang efektif dari produsen menuju konsumen untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. (Sumbal dkk., 2023)

Pemilihan moda transportasi untuk sebuah proses angkutan berperan penting dalam meminimalkan *total logistic cost* (TLC) yang terdiri dari biaya transportasi, biaya penyimpanan, dan biaya pemesanan. Pemilihan moda yang sesuai dengan kebutuhan pengiriman akan sangat mempengaruhi efisiensi biaya logistik secara keseluruhan, seperti memilih angkutan laut untuk pengirimal dalam jumlah besar atau angkutan udara untuk pengiriman dengan nilai barang yang tinggi. (Peters dkk., 2023)

Dalam kegiatan pengiriman, angkutan dapat dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan moda atau cara pengiriman tersebut dilakukan.

2.4.1. Angkutan Darat

Angkutan darat merujuk pada kegiatan perpindahan barang dan manusia melalui jalan raya yang menggunakan truk, bus, dan mobil sebagai sarannya. Dalam skala nasional dan internasional, angkutan darat memainkan peran penting dalam distribusi barang berkat fleksibilitas dan kemampuannya untuk menjangkau tempat yang tidak dapat dicapai moda transportasi lain. Sektor

angkutan darat bertanggung jawab atas sekitar 20% dari total aktivitas angkutan barang dan mengonsumsi 70% energi yang digunakan untuk kegiatan pemindahan barang. Hal ini menjadikan angkutan darat merujuk pada kegiatan perpindahan barang dan manusia melalui jalan raya yang menggunakan truk, bus, dan mobil sebagai sarannya. Dalam skala nasional dan internasional, angkutan darat memainkan peran penting dalam distribusi barang berkat fleksibilitas dan kemampuannya untuk menjangkau tempat yang tidak dapat dicapai moda transportasi lain. Sektor angkutan darat bertanggung jawab atas sekitar 20% dari total aktivitas angkutan barang dan mengonsumsi 70% energi yang digunakan untuk kegiatan pemindahan barang. Hal ini menjadikan angkutan darat sebagai pengguna utama bahan bakar fosil dan penyumbang terbesar emisi gas rumah kaca. (Furtado, 2021)

2.4.2. Angkutan Laut

Angkutan laut adalah suatu metode transportasi yang menggunakan kapal untuk memindahkan barang atau penumpang dari satu tempat ke tempat lain melalui perairan laut. Angkutan laut memiliki peran penting dalam perdagangan internasional karena mampu mengangkut muatan dalam jumlah besar dan biaya yang lebih efisien dibandingkan dengan transportasi udara. (Coyle dkk., 2017)

Beberapa kegiatan yang dicakup angkutan laut antara lain, operasi pelabuhan, manajemen kapal, konektivitas intermodal, dan layanan transportasi laut. Efisiensi pelabuhan dan ketersediaan infrastruktur yang baik sangat penting dalam meningkatkan kinerja logistik. Pelabuhan yang efisien akan berkontribusi pada peningkatan perdagangan laut dan pertumbuhan ekonomi nasional. (Lai & Yang, 2024)

Selain itu, aspek yang berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan operasi laut adalah penggunaan teknologi maritim, seperti teknologi hijau dan inovasi dalam manajemen rantai pasok. (Munim & Schramm, 2018)

2.4.3. Angkutan Udara

Angkutan udara juga dikenal sebagai transportasi udara adalah metode pengiriman barang atau produk dari lokasi asal menuju lokasi tujuan menggunakan pesawat. Dalam konteks logistik, angkutan udara biasanya digunakan untuk mengirim barang yang memiliki bobot relatif ringan, volume kecil dan bernilai tinggi karena angkutan udara menawarkan waktu pengiriman yang lebih cepat dan lebih andal dibanding moda transportasi lain. (Patil dkk., 2023)

PT. Pos Indonesia Persero melakukan kegiatan transportasi antar kantor regional, kantor cabang, dan kantor kecamatan menggunakan sarana transportasi yang sudah dibedakan berdasarkan tingkat kantor yang dilayani. PT. Pos Indonesia memiliki tiga jenis kendaraan operasional yang sudah dibedakan antara lain, angkutan primer, angkutan sekunder, dan angkutan tersier.

Kendaraan tersier merupakan angkutan yang diperuntukan untuk jaringan kantor pos dengan kantor cabang yang berada dibawahnya. Kendaraan sekunder merupakan kendaraan yang melewati jaringan antara Sentral Pengolahan Pos (SPP, dulu di kenal dengan nama Mail Processing Center/MPC) dengan kantor pos di setiap kabupaten dan kota. Sedangkan kendaraan primer merupakan kendaraan yang di gunakan hanya untuk melayani jaringan antar SPP seperti antara SPP Semarang dan Jakarta. (Purnomo dkk., 2022)

2.5. Penentuan Rute Terpendek

Pemilihan rute terpendek atau rute yang paling optimal berdasarkan kebutuhan merupakan proses menentukan jalur antara beberapa titik dengan tujuan paling efisien yang akan digunakan guna meminimalkan total jarak, waktu, dan biaya. Rute optimal dapat didefinisikan sebagai rute yang dapat mengoptimalkan biaya, memangkas waktu pengiriman, menjamin keamanan dan kepatuhan, serta memiliki kapasitas sumber daya yang memadai. Dalam konteks logistik, pemilihan rute terpendek berarti mengatur pengiriman barang dari titik asal ke titik tujuan dengan teknik paling hemat sumber daya. (Babae Tirkolaee dkk., 2023)

Rute optimal dalam konteks logistik meurujuk pada proses pengangkutan barang yang efisien antara beberapa titik. Tujuan utama rute optimal adalah untuk menghemat biaya operasional, jarak, dan waktu tempuh, sambil mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti pengurangan emisi CO2 dan efisiensi penggunaan sumber daya. Penentuan rute optimal dapat dibantu dengan teknologi seperti data *real-time* kondisi jalan menggunakan *google maps* dan penggunaan kecerdasan buatan yang didesain khusus untuk keperluan pengiriman barang agar lebih presisi. (Naganawa dkk., 2024)

Menentukan rute terpendek untuk kegiatan transportasi merupakan proses yang sangat penting agar kegiatan transportasi yang dilakukan dapat menjadi efisien dan efektif. Terdapat beberapa algoritma yang digunakan untuk menentukan rute terpendek.

2.6. Algoritma Rute Terpendek

Dalam kegiatan pengiriman barang, rute yang dilalui kendaraan pengangkut dapat ditentukan menggunakan algoritma.

Algoritma sendiri merupakan serangkaian instruksi atau langkah-langkah sistematis yang dilakukan secara beruntun untuk mencapai tujuan atau menyelesaikan masalah tertentu. Algoritma biasanya berbentuk kode program dan dapat dimanfaatkan di berbagai bidang. Penggunaan algoritma dalam penyelesaian masalah rute merujuk pada teknik untuk memilih rute atau jalur yang paling efisien antara dua atau lebih titik dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti jarak, biaya, dan waktu. (Rezig dkk., 2024)

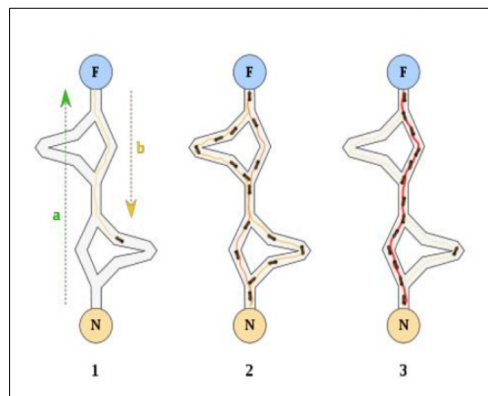
2.7. Ant Colony Optimization (ACO)

Ant Colony Optimization merupakan algoritma optimasi yang terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari jalan terbaik atau terpendek dalam mencari sumber makanan atau sarang baru.

Secara ilmiah koloni semut dalam mencari sumber makanan atau mencari sarang baru, dapat menemukan jalur atau jalan terbaik atau terpendek berdasarkan

jejak kaki semut yang telah melalui suatu jalur. Semakin banyak atau semakin sering semut yang melewati suatu jalur, maka jumlah semut yang melewati jalur tersebut akan semakin bertambah. Sebaliknya, jalur yang dilewati oleh sedikit semut, lama kelamaan akan dihindari oleh koloni semut, karena jejak semut yang telah melewati jalur tersebut akan menghilang. (Ilwaru dkk., 2017)

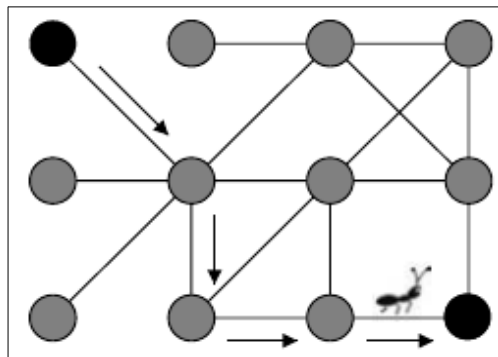
Semut memiliki kemampuan untuk mengenali lingkungan sekitar dan sesamanya dalam satu koloni dengan memanfaatkan zat feromon dalam tubuh mereka. Ketika koloni semut melakukan pergerakan untuk mencari makan atau mencari sarang baru, semut akan meninggalkan zat feromon melalui proses *stigmergy*. Proses *stigmergy* bertujuan untuk semut dalam menandai wilayah yang sudah mereka lalui dan berkomunikasi dengan sesamanya. Feromon yang dilepaskan semut akan menguap seiring waktu. Semakin sering dan cepat semut melalui suatu jalur, maka jumlah semut yang melewati jalur tersebut akan semakin banyak. Sebaliknya jika ada jalur yang jarang dilewati oleh semut, feromon di jalur tersebut akan menguap dan jalur tersebut berakhir tidak dilewati oleh semut. (Purnama & Nurhakim, 2019)



Gambar II.1: Perilaku semut untuk mencari jalan terpendek

Sumber : Ameer Ali (2010)

Pada gambar 2.1 diatas, diperlihatkan koloni semut yang berjalan dari sarang mereka (F) menuju sumber makanan (N). Gambar 2.1 (1) memperlihatkan jalan yang akan dilalui oleh koloni semut yang memiliki cabang. Gambar 2.1 (2) memperlihatkan pergerakan koloni semut yang membanjiri semua jalan yang dapat dilalui untuk menuju sumber makanan mereka (N). Gambar 2.1 (3) menunjukan koloni semut yang hanya menggunakan satu jalan yang menurut mereka merupakan jalan terpendek untuk mendapatkan sumber makanan (N) dan kemudian dibawa kembali menuju sarang (F). Gambar 2.1 memperlihatkan sebuah proses dari koloni semut yang berusaha mencari jalan terbaik untuk menuju ke sumber makanan (N) dan kembali menuju sarang mereka (F).



Gambar II.2: Perilaku semut digambarkan dalam graf

Sumber : Dorigo (2004) dalam *Ant Colony Optimization*

Gambar 2.2 diatas memperlihatkan sebuah jalan yang dilewati oleh semut dalam bentuk graf. Garis panah dalam gambar 2.2 diatas menandakan jalur tersebut dipilih oleh semut untuk menuju tujuannya dan tentu saja memiliki kadar feromon paling tinggi dibandingkan jalur lainnya.

Berikut dijelaskan prinsip dasar, persyaratan dan langkah-langkah dalam metode *Ant Colony Optimization* menurut Marco Dorigo dan Thomas Stutzle dalam buku *Ant Colony Optimization* :

2.7.1. Prinsip Dasar

ACO didasarkan pada beberapa prinsip dasar yang diambil dari perilaku alami semut:

1. ***Pheromone Trails*** : Semut meninggalkan jejak feromon di jalur yang mereka tempuh. Konsentrasi feromon ini digunakan oleh semut lain untuk memutuskan jalur mana yang akan diambil.
2. ***Stigmergy*** : Semut berkomunikasi secara tidak langsung melalui perubahan lingkungan, yaitu melalui jejak feromon.
3. ***Positive Feedback*** : Jalur yang lebih pendek dan lebih efisien mendapatkan lebih banyak feromon karena lebih sering dilalui oleh semut, sehingga menjadi lebih menarik bagi semut-semut berikutnya.
4. ***Probabilistic Decision-Making*** : Semut memilih jalur berdasarkan probabilitas yang dipengaruhi oleh konsentrasi feromon dan faktor heuristik lain (misalnya, jarak atau biaya).

2.7.2. Persyaratan

Beberapa persyaratan penting untuk penerapan ACO adalah:

1. **Representasi Masalah** : Masalah harus dapat direpresentasikan dalam bentuk graf, di mana simpul-simpul mewakili elemen-elemen masalah dan tepi-tepinya mewakili hubungan atau jalur antar elemen.
2. **Pheromone Model** : Harus ada mekanisme untuk menyimpan dan memperbarui informasi feromon pada jalur-jalur graf.
3. **Heuristik Lokal** : Informasi heuristik yang membantu semut dalam membuat keputusan lokal yang baik.

4. **Algoritma Pembaruan Feromon** : Harus ada aturan untuk memperbarui feromon berdasarkan pengalaman semut dalam menjelajahi graf.

2.7.3. Langkah-Langkah Metode ACO

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam algoritma ACO:

1. **Initialization** : Inisialisasi jumlah semut, parameter-parameter algoritma (seperti jumlah iterasi, laju evaporasi feromon), dan set awal jejak feromon pada semua tepi graf.

2. **Solution Construction** : Semut-semut membangun solusi secara iteratif dengan memilih langkah berikutnya berdasarkan probabilitas yang dihitung dari konsentrasi feromon dan informasi heuristik.

- **Probabilistic Transition Rule** : Probabilitas P_{ij} dari semut k untuk berpindah dari simpul i ke simpul j ditentukan oleh rumus:

$$P_k(i, j) = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in J_i^k} [\tau_{il}]^\alpha [\eta_{il}]^\beta} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

τ_{ij} adalah intensitas feromon pada tepi $i-j$.

η_{ij} adalah informasi heuristik (misalnya, jarak terbalik).

α dan β adalah parameter yang mengontrol pengaruh feromon dan heuristik.

J_i adalah himpunan simpul yang bisa dikunjungi oleh semut k dari simpul i .

3. **Pheromone Update** : Setelah semua semut membangun solusi, jejak feromon diperbarui. Pembaruan ini melibatkan dua proses:

- **Evaporation** : Pengurangan intensitas feromon untuk menghindari konsentrasi yang berlebihan dan memungkinkan eksplorasi solusi baru. Evaporasi dihitung dengan rumus :

$$T_{ij} = (1 - \rho) T_{ij} \dots\dots\dots(2)$$

di mana ρ adalah laju evaporasi feromon.

- **Deposit** : Penambahan feromon pada jalur-jalur yang dilalui semut, terutama pada solusi terbaik. Penambahan ini dapat dilakukan secara proporsional dengan kualitas solusi yang ditemukan :

$$T_{ij} = T_{ij} + \sum_{k=1}^m \Delta T_{ij}^k \dots\dots\dots(3)$$

di mana ΔT_{ijk} adalah jumlah feromon yang ditambahkan oleh semut k .

4. **Daemon Actions (Optional)** : Langkah opsional ini mencakup tindakan-tindakan global seperti pencarian solusi terbaik atau perbaikan solusi melalui metode optimasi lain.
5. **Iteration** : Langkah-langkah dari konstruksi solusi hingga pembaruan feromon diulang selama sejumlah iterasi atau sampai kriteria penghentian terpenuhi.

Dengan mengikuti langkah-langkah ini, metode *Ant Colony Optimization* memanfaatkan interaksi sederhana antara semut-semut individu untuk menemukan solusi optimal atau mendekati optimal untuk berbagai jenis masalah optimasi kombinatorial. (Dorigo & Stützle, 2004)

2.8. Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Metode	Hasil	Kesimpulan
1	V. Y. I. Ilwaru, T. Sumah, Y. A. Lenussa, Z. A. Leleury 2017	Perbandingan algoritma <i>Hill Climbing</i> dan algoritma <i>Ant Colony</i> dalam penentuan Rute optimum (studi kasus: penentuan rute optimum jalur pelayaran ferry di Pulau Ambon, Pulau Seram, dan Pulau- Pulau Lease)	Hill Climbing dan Ant Colony OPTimization	Pemilihan rute optimum dengan menggunakan algoritma Hill Climbing menghasilkan jarak tempuh sejauh 197 km. Dengan menggunakan data yang sama, pencarian rute optimum menggunakan algoritma <i>Hill Climbing</i> terbukti lebih akurat dibandingkan algoritma <i>Ant Colony</i> .	Algoritma <i>Ant Colony</i> menggunakan fungsi heuristic untuk mendapatkan hasil yang optimal sehingga kekurangan dari algoritma <i>Ant Colony</i> ini adalah waktu proses dalam mendapatkan hasil yang paling optimal sangat tergantung dari jumlah iterasi perhitungan yang digunakan.

2	Vera Apriliani Nawagusti 2018	Penerapan algoritma <i>Floyd Warshall</i> dalam aplikasi penentuan rute terpendek mencari lokasi BTS (<i>Base Tower Station</i>) pada PT.GCI Palembang	Floyd-Warshall	Tampilan desain pada aplikasi sudah sesuai dengan perancangan tampilan, baik pada tampilan menu input nama BTS maupun pada menu Floyd Warshall.	Proses penentuan rute terpendek pada aplikasi telah berhasil, karena menghasilkan indikator yang sama antara hasil penentuan rute terpendek yang dihasilkan aplikasi dengan hasil perhitungan secara manual yang dihasilkan teori Floyd Warshall. Dimana rute terpendek yang dihasilkan algoritma Floyd Warshall untuk menuju BTS 18, BTS 21 dan BTS 46 adalah 14-3-2 yaitu sebesar 10,9 km.
3	Syahbani Farhan, Septi Andryana, Nur	Implementasi <i>Bellman-Ford</i> dan <i>Floyd-Warshall</i> dalam	Bellman-Ford dan Floyd-	Dari hasil penelitian yang telah dibahas sebelumnya dapat disimpulkan bahwa algoritma	Total jarak yang dihasilkan dari kedua algoritma sama, namun memiliki perbedaan pada waktu

	Hayati 2020	menentukan jalur terpendek menuju Universitas Nasional berbasis Android.	Warshall	Bellman-Ford dan algoritma Floyd-Warshall bisa digunakan sebagai acuan dalam pembuatan aplikasi pencarian rute terpendek.	pencarian rute. Algoritma Floyd-Warshall lebih cepat memproses pencarian rute dibandingkan algoritma Bellman-Ford karena proses perhitungannya secara parallel (multiproses) sedangkan untuk perhitungan algoritma BellmanFord berdasarkan iterasi sebanyak node
4	Aji Satriyo 2020	Penerapan metode <i>Simple Hill Climbing</i> dalam menentukan rute terpendek pada pengiriman (studi kasus di supplier hotel)	Simple Hill Climbing	Perhitungan menggunakan metode <i>Simple Hill Climbing</i> diperoleh lintasanyang digunakan menjadi 45,9 Km. Dari kedua perhitungan jarak tersebut terlihat adanya perbedaan, dimana selisih	Perhitungan koordinat awal dengan lintasan L6,L1,L2,L3,L4,L5,L6 dengan jarak 44,5 km, dan kondisi koordinat perbaikan dengan lintasan L5,L1,L3,L2,L4,L6,L5 dengan jarak 44,3 km, sehingga selisih jarak 0,2 km.

				jaraknya yaitu 1,2 Km.	
5	Aswandi, Sugiarto Cokrowibowo, Amita Irianti 2021	Model penentuan rute terpendek penjemputan sampah menggunakan metode MTSP dan algoritma Genetika	Multiple Traveling Salesman Problem dan Genetika	Dengan melakukan pengujian terhadap perubahan parameter yang digunakan dapat dilihat bahwa penambahan parameter generasi dan populasi membuat peluang untuk mendapatkan individu nilai <i>fitness</i> terbaik dapat didapatkan. Untuk parameter yang paling optimal yang dapat digunakan dalam membuat penentuan rute untuk burma14 dengan 14 titik penjemputan yaitu jumlah generasi sebanyak 40, jumlah populasi sebanyak 30, jumlah	Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa algoritma genetika dapat menyelesaikan permasalahan <i>Multiple Traveling Salesman Problem</i> hal ini dapat dilihat pada sistem yang dapat membuat rute yang optimal.

				individu terseleksi sebanyak 10, dan jumlah titik crossover sebanyak 2.	
6	Wildan Faried Anshoriy, Juhari, Ach. Nashichuddin 2023	Penentuan rute terpendek di Kantor Pos Kabupaten Blitar dalam pendistribusian paket menggunakan algoritma <i>Clarke And Wright Savings</i>	Clarke and Wright Savings.	Berdasarkan hasil penelitian diatas dengan metode clarke and wright savings. Rute yang mendekati jumlah kapasitas kendaraan adalah rute kedua dengan jarak 116,7 km dalam waktu 4 jam 10 menit. Sedangkan rute yang jauh dari kapasitas kendaraan adalah rute ke lima dengan jarak 54,3 km dalam waktu 2 jam 2 menit.	Jarak tempuh dari dua rute Kantor Pos Pemeriksa Blitar menuju Kantor Pos Kecamatan yang berjumlah tujuh belas kantor awalnya 189.7 km. Setelah penentuan rute menggunakan metode <i>Clarke and Wright Savings</i> , rute satu berjarak 116,7 km dan rute 2 berjarak 54,3 km dengan total jarak tempuh dari kedua rute sejauh 171 km. Dengan pengematan jarak tempuh sebesar 9,85%.

7	Ahmad Tohari, Yuliani Puji Astuti 2023	Penerapan algoritma Genetika dalam menentukan rute terpendek PT. Pos Cabang Lamongan	Algoritma Genetika	<p>Berdasarkan hasil pencarian solusi rute terpendek dalam pengiriman barang dari kantor cabang menuju drop point dengan 12 populasi menghasilkan 1 solusi yang paling baik dibandingkan dengan yang lain.</p> <p>Keunggulan algoritma genetika adalah waktu komputasi yang dibutuhkan untuk penyelesaian permasalahan cenderung stabil dan memberikan hasil rute terpendek meskipun dengan jumlah kantor yang besar.</p> <p>Sedangkan kelemahan</p>	<p>Hasil penerapan Algoritma genetika pada rute pengiriman PT. Pos Cabang Lamongan dilakukan 2 siklus. Solusi rute terpendek pada 12 titik adalah A-L-K-J-I-H-G-F-E-DC-B-A dengan total jarak tempuh sebesar 158km.</p> <p>Perhitungan cost yang dilakukan setelah menemukan rute terpendek mendapatkan hasil Rp. 158.000 dalam 1 kali perjalanan.</p>
---	---	--	-----------------------	--	--

				<p>algoritma genetika adalah bergantung pada ukuran populasi, besar generasi, ukuran peluang crossover dan mutasi.</p>	
8	Muhammad Aqil Siraj 2024	Optimasi jalur distribusi pada umkm mitra telur dengan menggunakan metode <i>Saving Matrix</i> dan <i>Nearest Neighbor</i>	Saving Matrix dan Nearest Neighbour	<p>Rute distribusi, Pola distribusi pertama dari UMKM Mitra Telur memiliki empat jalur pengiriman telur dengan menggunakan dua kendaraan operasional dengan total jarak tempuh 114,9 kilometer.</p> <p>Pola distribusi akhir menggunakan metode <i>saving matriks</i> dan metode <i>nearest neighbour</i> dengan membuat</p>	<p>Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan yaitu bahwa diketahui bahwa di UMKM mitra telur terdapat potensi untuk menghemat biaya distribusi dengan cara mencari rute distribusi yang dilakukan dengan metode saving matrix dan nearest neighbor.</p>

				tiga rute pengiriman dengan menggunakan dua kendaraan yang menempuh total jarak 95,5 kilometer. sehingga didapatkan hasil dari penghematan jarak tempuh sebesar 16,9% dengan penurunan 19,4 kilometer.	
--	--	--	--	--	--

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Kerangka Penelitian

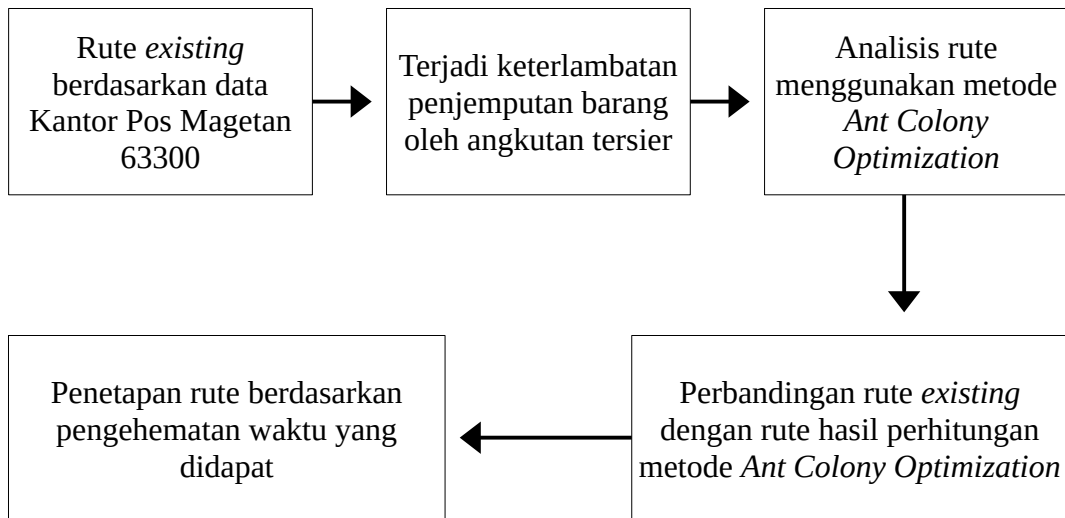
Kerangka penelitian membahas rencana penelitian pada masalah keterlambatan angkutan tersier milik Kantor Pos Cabang Magetan 63300. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mencari rute terpendek yang dapat digunakan oleh angkutan tersier Kantor Pos Magetan guna menghemat waktu tempuh saat kegiatan penjemputan barang di kantor pos kecamatan.

Dari beberapa penelitian sebelumnya yang telah dipaparkan di bab sebelumnya, permasalahan jarak rute dan waktu tempuh diselesaikan dengan menggunakan metode *simple hill climbing* dan *nearest neighbour*. Penelitian ini mengusulkan pemecahan masalah jarak rute dan waktu tempuh yang menyebabkan keterlambatan angkutan tersier dalam penjemputan barang di Kantor Pos Cabang Magetan menggunakan metode *Ant Colony Optimization*.

Metode *ant colony optimization* merupakan algoritma optimasi yang dapat digunakan untuk mencari rute optimal atau terpendek dalam kasus pemecahan panjang rute. Metode *ant colony optimization* memiliki kelebihan sebagai berikut :

1. *Ant colony optimization* unggul dalam segi pencarian yang lebih menyeluruh berkat sifat probabilistik dan mekanisme pembaruan feromonnya. Hal ini sangat membantu untuk mengatasi permasalahan dalam skala besar dan kompleks. (Misra & Chakraborty, 2024)
2. *Ant colony optimization* sangat efektif dalam lingkungan yang dinamis dan tidak pasti. Dimana metode *ant colony* dapat memperbarui solusi secara adaptif berdasarkan informasi waktu, sehingga cocok untuk aplikasi seperti penetapan rute dan perancangan jalur robot. (Wu dkk., 2023)
3. Metode *ant colony* dapat beradaptasi dan dimodifikasi sesuai dengan batasan dan persyaratan masalah, seperti lingkungan dinamis dan masalah multi objektif. (Wu dkk., 2023)

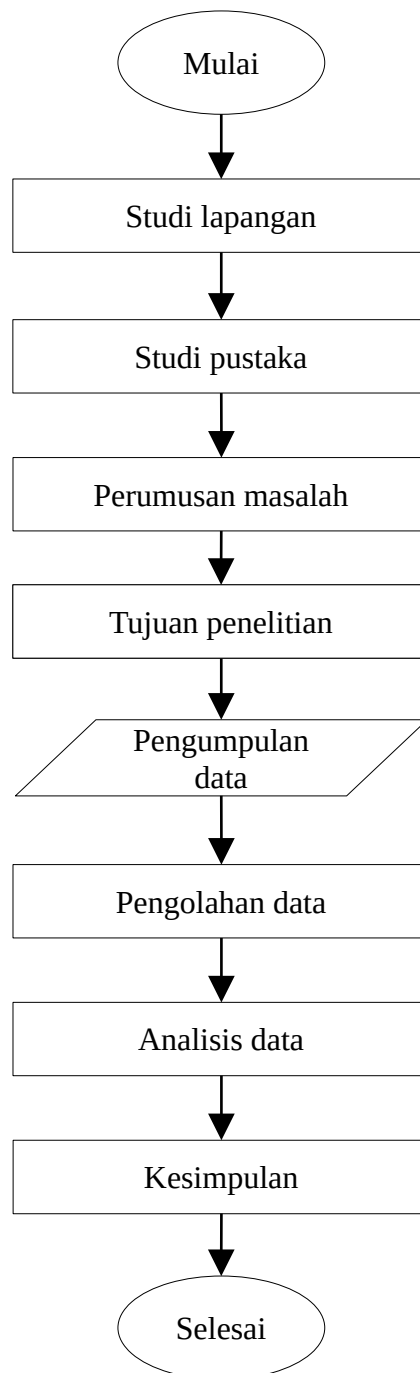
Secara garis besar, kerangka pemikiran yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut :



Gambar III.1 : Kerangka pemikiran

3.2. Langkah-langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sistematis dan terstruktur agar permasalahan yang sudah dirumuskan dapat dibahas sesuai tujuan penelitian. Secara garis besar langkah-langkah penelitian dilakukan secara terstruktur untuk menyelesaikan masalah digambarkan melalui *flowchart* berikut :



Gambar III.2 : Flowcart langkah-langkah penelitian

3.3. Studi Lapangan

Studi lapangan merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan melalui observasi langsung di lokasi penelitian untuk mendapatkan data yang relevan dan akurat mengenai fenomena yang diteliti. Dalam bukunya "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D," Sugiyono menjelaskan bahwa observasi lapangan memungkinkan peneliti untuk mengamati perilaku subjek secara langsung dalam konteks alamiah tanpa intervensi yang signifikan. (Sugiyono, 2023)

Dalam penelitian ini, studi lapangan langsung dilakukan di Kantor Pos Cabang Magetan 63300 untuk mendapatkan sejumlah data dan informasi tentang jarak rute yang digunakan oleh kendaraan yang ditugaskan sebagai angkutan tersier, data jam keberangkatan dan tiba angkutan tersier serta waktu tempuh sebagai dasar penelitian yang akan dilakukan.

3.4. Studi Pustaka

Referensi yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari informasi langsung dari data operasional Kantor Pos Cabang Magetan 63300 yang didapat dari *supervisor* operasional, jurnal, dan buku tentang rute optimal dan tentang metode *Ant Colony Optimization*.

3.5. Perumusan Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk menetapkan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini. Penulis menemukan keterlambatan waktu tiba dari angkutan tersier Kantor Pos Cabang Magetan pada saat pengambilan barang dari kantor pos kecamatan. Keterlambatan ini menyebabkan keterlambatan pengiriman barang dari Kantor Pos Cabang Magetan 63300 menuju ke Kantor Pos Cabang Utama Madiun 63100 dan Kantor Pos Regional V Surabaya. Menurut informasi dari *supervisor* operasional Kantor Pos Cabang Magetan, rute yang digunakan angkutan tersier ditetapkan sesuai saran dan intuisi dari sopir dan karyawan di

kantor pos tersebut, sehingga tidak dapat diketahui rute tersebut apakah sudah optimal atau belum.

Maka dari itu, rumusan masalah yang didapat adalah bagaimana cara menentukan rute terpendek untuk angkutan tersier agar durasi kegiatan penjemputan barang di kantor pos kecamatan dapat dipangkas.

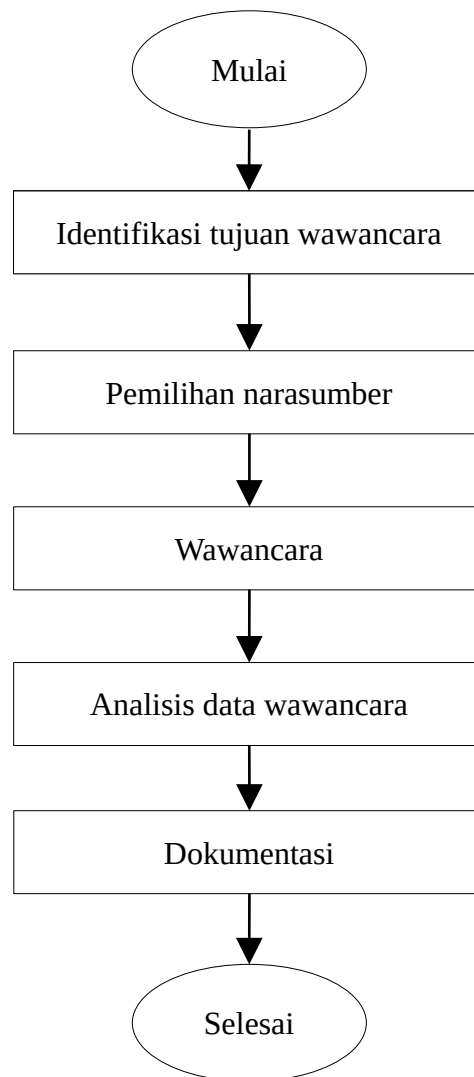
3.6. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditetapkan untuk menjelaskan apa yang ingin dicapai dalam penelitian ini dan untuk apa hasil penelitian ini dipergunakan nantinya. Dalam penelitian ini, tujuannya adalah untuk mendapatkan rute terpendek untuk angkutan tersier Kantor Pos Cabang Magetan 63300 serta mendapatkan penghematan waktu setelah rute yang baru dari penelitian ini ditetapkan.

3.7. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di Kantor Pos Cabang Magetan 63300 dengan melakukan wawancara kepada *supervisor* operasional dan staf sumber daya manusia untuk mendapatkan data yang dibutuhkan. Wawancara dilakukan pada jam operasional angkutan tersier untuk melihat ketepatan waktu angkutan tersier Kantor Pos Magetan dengan melihat waktu berangkat, durasi perjalanan, dan waktu tiba angkutan tersier.

Secara garis besar proses pengumpulan data dipaparkan melalui *flowchart* berikut :



Gambar III.3: *Flowchart* pengumpulan data

3.7.1. Data Primer

Menurut Sugiyono data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber pertama oleh peneliti melalui berbagai teknik pengumpulan data seperti wawancara, observasi, dan kuesioner. Sugiyono menekankan bahwa data primer sangat penting karena memberikan informasi yang spesifik dan relevan sesuai dengan kebutuhan penelitian. (Sugiyono, 2023)

Sumber data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara langsung dengan *supervisor* operasional dan staf sumber daya manusia Kantor Pos Cabang Magetan 63300 untuk mendapatkan data jarak tempuh angkutan tersier, waktu tempuh, waktu keberangkatan dan tiba, serta struktur perusahaan. Data yang dihimpun disajikan melalui tabel berikut :

Tabel III.1 : Data primer

No	Jenis Data	Teknik	Narasumber
1	Jarak tempuh angkutan tersier	Wawancara	Abdul Latif Zulkarnaen (SPV Operasional)
2	Waktu tempuh angkutan tersier	Wawancara	Abdul Latif Zulkarnaen (SPV Operasional)
3	Waktu berangkat dan tiba angkutan tersier	Wawancara	Abdul Latif Zulkarnaen (SPV Operasional)
3	Struktur perusahaan Kantor Pos Cabang Magetan 63300	Wawancara	Supriyadi (Staf bagian SDM)

Sumber : supervisor operasional KC Magetan 63300

3.7.2. Data Sekunder

Data sekunder yaitu sumber data yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data, misalnya lewat orang lain atau lewat dokumen. (Sugiyono, 2023)

Pada penelitian ini, peneliti mendapatkan data sekunder yang berasal dari laman profil PT. Pos Indonesia, laman Wikipedia, dan data internal Kantor Pos Magetan.

Tabel III.2 : Data sekunder

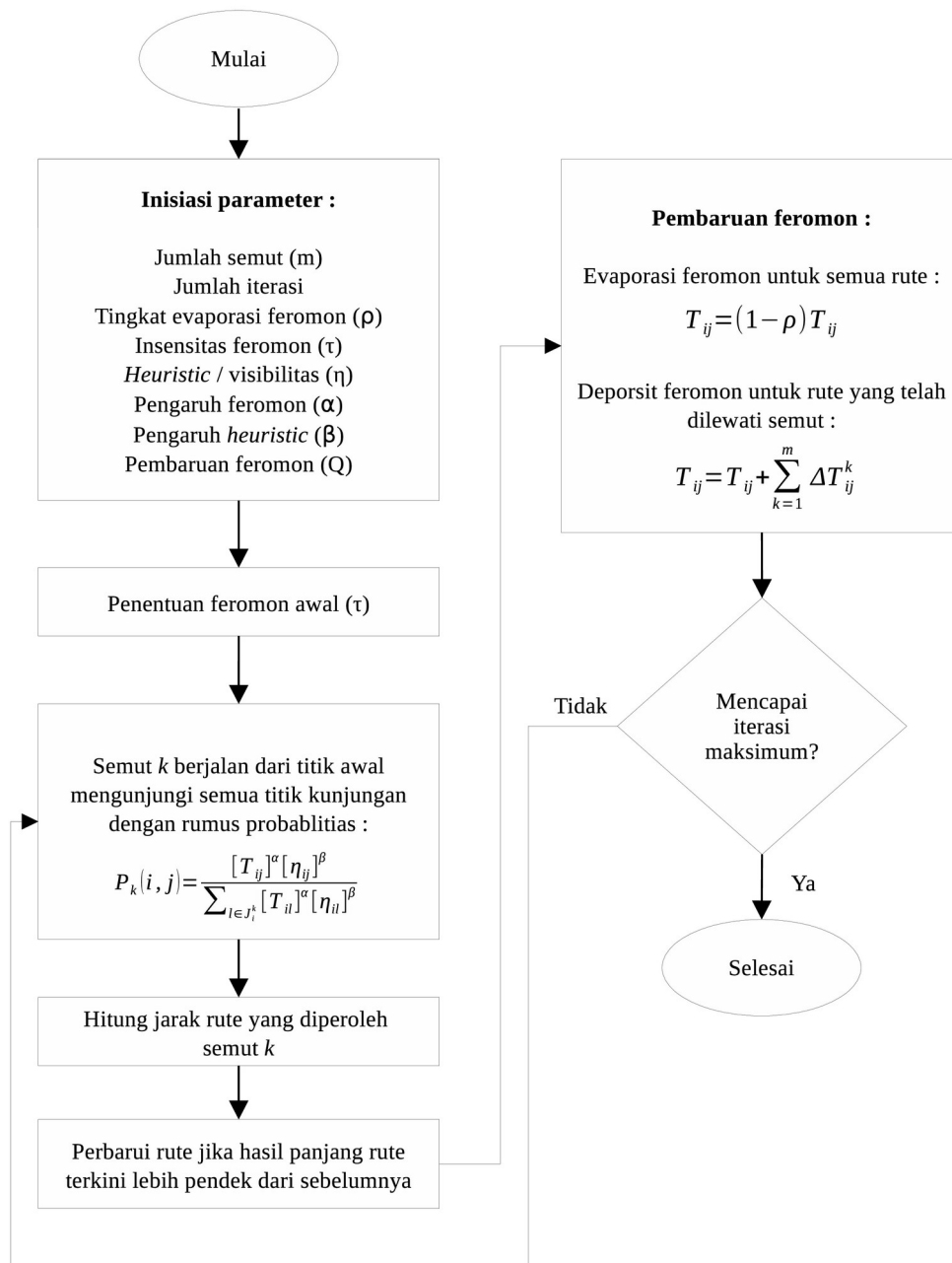
No	Jenis Data	Sumber
1	Profil PT. Pos Indonesia	Laman Wikipedia
2	Visi dan Misi PT. Pos Indonesia	Laman profil PT. Pos Indonesia

Sumber : supervisor operasional KC Magetan 63300

3.8. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah data yang dibutuhkan terkumpul dari kegiatan studi lapangan. Data disajikan dengan lebih sederhana agar mudah dipahami oleh peneliti dan pembaca. Data calon rute angkutan tersier akan diolah menggunakan metode *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menemukan rute terpendek berdasarkan parameter yang digunakan dalam perhitungan.

Secara garis besar, langkah-langkah pengolahan data menggunakan metode *Ant Colony Optimization* dipaparkan melalui *flowchart* berikut :



Gambar III.4: Flowchart pengolahan data

Berdasarkan gambar 3.4 diatas, langkah-langkah pengolahan dengan menggunakan metode *Ant Colony Optimization* dapat dijelaskan berikut ini :

3.8.1. Menentukan Nilai Variabel Yang Diperlukan

1. Menentukan jumlah kantor pos kecamatan.
2. Menentukan jarak antar kantor pos kecamatan.
3. Menentukan jumlah pengulangan iterasi.
4. Menentukan jumlah semut (k).
5. Menentukan jejak awal feromon (τ).
6. Menentukan besaran evaporasi feromon (ρ).
7. Menentukan nilai visibilitas (h).
8. Menentukan nilai deposit feromon ($\Delta\tau$).
9. Menentukan nilai α dan β yang mempengaruhi feromon (τ) dan visibilitas (h).

3.8.2. Tahap Menghitung Probabilitas

Pada awalnya, semua semut ditempatkan di satu titik yang sama, yaitu Kantor Pos Cabang Magetan. Pada tahap ini, peluang semut dalam menentukan titik kunjungan berikutnya dijelaskan dengan perhitungan berikut :

1. Buat jarak antar kantor pos kecamatan dalam bentuk matriks.
2. Masukkan jarak antar kantor pos kecamatan ke dalam variabel “d”.
3. Inisiasi nilai feromon (τ).
4. Hitung nilai visibilitas (h) dengan membagi 1 dengan variabel d ($h=1/d$)
5. Ubang nilai visibilitas di titik pertama (Kantor Pos Cabang) dengan 0. Karena semut tidak akan memilih titik ini lagi.
6. Hitung probabilitas semut memilih titik (kantor pos kecamatan) berikutnya dengan persamaan berikut :

$$P_k(i, j) = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in J_i^k} [\tau_{il}]^\alpha [\eta_{il}]^\beta} \dots\dots\dots(4)$$

7. Jika titik berikutnya sudah terpilih, ubah nilai visibilitas (0) titik yang dikunjungi menjadi 0 agar semut tidak memilih titik yang telah dikunjungi.
8. Mengulang langkah nomor 6 sampai semua titik dikunjungi oleh semut.

3.8.3. Tahap Pembaruan Feromon

Setelah semua titik dikunjungi dan semut k mendapat rute baru, feromon perlu diperbarui karena mengalami penguapan. Semua nilai feromon awal dikurangi nilai ρ (evaporasi) dan untuk rute yang baru dilalui oleh semut, ditambah nilai $\Delta\tau$ sebagai deposit feromon menggunakan persamaan berikut :

1. Pembaruan feromon jalur yang tidak dilewati semut k .

$$T_{ij} = (1 - \rho) T_{ij} \dots\dots\dots(5)$$

2. Pembaruan feromon jalur yang dilewati semut k .

$$T_{ij} = T_{ij} + \sum_{k=1}^m \Delta T_{ij}^k \dots\dots\dots(6)$$

Tahap menghitung probabilitas dan pembaruan feromon merupakan satu iterasi untuk satu semut. Tergantung berapa jumlah iterasi dan jumlah semut yang ditetapkan akan mempengaruhi hasil akhir nanti.

Untuk membantu tahap pengolahan data, penulis menggunakan *software* GNU Octave untuk melakukan penghitungan tahap probabilitas dan pembaruan feromon sampai rute terbaik didapat.

3.9. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui hasil dari penelitian ini sehingga diperoleh kesimpulan. Analisis data menggunakan teknik kuantitatif yang menggunakan hasil perhitungan dari metode *Ant Colony Optimization* (ACO).

Data hasil perhitungan tersebut akan dibandingkan dengan data yang saat ini digunakan oleh Kantor Pos Cabang Magetan dalam bentuk tabel agar diketahui bahwa masalah dapat diselesaikan dan mudah dipahami.

3.10. Kesimpulan

Penarikan kesimpulan dan pemberian saran merupakan tahap akhir dari permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini. Penarikan kesimpulan akan menjawab permasalahan yang telah ditentukan dan saran diberikan kepada pihak Kantor Pos Cabang Magetan 63300 dan pada masyarakat umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, E., Sonani, N., Awaluddin, & Monica, C. (2023). *Manajemen Distribusi* (Cetakan pertama). Yayasan Cendekia Mulia Mandiri.
- Babaei Tirkolaee, E. B., Goli, A., & Malmir, B. (2023). Recent Advances of Solutions Algorithms for Logistics Routing Problems. *Logistics*, 7(3), 51. <https://doi.org/10.3390/logistics7030051>
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., Cooper, M. B., & Bowersox, J. C. (2024). *Supply chain logistics management* (Sixth edition). McGraw Hill.
- Coyle, J. J. (John J., Bardi, E., & Novack, R. (2017). *Supply chain management: A logistics perspective* (10e ed.). Cengage Learning.
- Dorigo, M., & Stützle, T. (2004). *Ant colony optimization*. MIT Press.
- Furtado, F. (2021). Sustainable Road Freight: Role of Policy, Technology, and Logistics. Dalam W. Leal Filho, A. M. Azul, L. Brandli, A. Lange Salvia, & T. Wall (Ed.), *Industry, Innovation and Infrastructure* (hlm. 1113–1122). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95873-6_1
- Gan, Q. (2022). A logistics distribution route optimization model based on hybrid intelligent algorithm and its application. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04854-6>
- Haryanda, H., Nasution, M. F., Hutabarat, D., Razzaq, A., & Syahputra, A. (2023). Implementasi Metode Bubble Sort pada Aplikasi Pencarian Rute Berdasarkan Jarak Tempuh Transportasi Umum. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 1(3), 213–219. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v1i3.183>
- Ilham, C. (2021). *Teknik Pemilihan Rute dan Moda Angkutan Perairan Daratan (Teori dan Implementasi)* (Terbitan pertama). Penerbit Adab.

- Ilwaru, V. Y. I., Sumah, T., Lesnussa, Y. A., & Leleury, Z. A. (2017). PERBANDINGAN ALGORITMA HILL CLIMBING DAN ALGORITMA ANT COLONY DALAM PENENTUAN RUTE OPTIMUM. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 11(2), 139–150. <https://doi.org/10.30598/barekengvol11iss2pp139-150>
- Lai, K., & Yang, D. (2024). Maritime Logistics. Dalam J. Sarkis (Ed.), *The Palgrave Handbook of Supply Chain Management* (hlm. 797–808). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-19884-7_83
- Li, J. (2024). Optimization of Logistics Distribution Route Based on Improved Genetic Algorithm. Dalam P. Pichappan, R. Rodriguez Jorge, & Y.-L. Chung (Ed.), *Advances in Real-Time Intelligent Systems* (Vol. 950, hlm. 84–91). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-55848-1_10
- Misra, B., & Chakraborty, S. (2024). Ant Colony Optimization—Recent Variants, Application and Perspectives. Dalam N. Dey (Ed.), *Applications of Ant Colony Optimization and its Variants* (hlm. 1–17). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7227-2_1
- Munim, Z. H., & Schramm, H.-J. (2018). The impacts of port infrastructure and logistics performance on economic growth: The mediating role of seaborne trade. *Journal of Shipping and Trade*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s41072-018-0027-0>
- Naganawa, H., Hirata, E., Firdausiyah, N., & Thompson, R. G. (2024). Logistics Hub and Route Optimization in the Physical Internet Paradigm. *Logistics*, 8(2), 37. <https://doi.org/10.3390/logistics8020037>

- Patil, R. A., Patange, A. D., & Pardeshi, S. S. (2023). International Transportation Mode Selection through Total Logistics Cost-Based Intelligent Approach. *Logistics*, 7(3), 60. <https://doi.org/10.3390/logistics7030060>
- Peters, L. J. B., Chattopadhyay, G., & Tuck, M. A. (2023). Studies on the impact of road freight transport and alternative modes in Australia: A literature study. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 14(S4), 954–960. <https://doi.org/10.1007/s13198-022-01693-3>
- Purnama, A. W., & Nurhakim, M. L. (2019). PERANCANGAN RUTE DISTRIBUSI BUAH DAN SAYUR DI PT. PT. BIMANDIRI AGRO SEDAYA MENGGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION. *Jurnal Manajemen Logistik dan Transportasi*, 5(2), 155–174.
- Purnomo, Y., Wahyono, D., & Suhendra, A. (2022). *PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI DAN BIAYA TRANSPORTASI KANTOR POS UNGARAN DALAM RANGKA EFISIENSI DENGAN METODE SAVING MATRIX, NEAREST INSERTION DAN NEAREST NEIGHBOUR*. 16.
- Rahmah, A., & Ningrat, N. (2023). PENENTUAN MODA TRANSPORTASI UNTUK EFISIENSI BIAYA KIRIM DENGAN METODE AHP PADA IKM KERUPUK IDAMAN CIAMIS. *Jurnal Industrial Galuh*, 2(2), 71–79. <https://doi.org/10.25157/jig.v2i2.2969>
- Rezig, S., Turki, S., Chakroun, A., & Rezg, N. (2024). Optimal Strategy of Unreliable Flexible Production System Using Information System. *Logistics*, 8(2), 62. <https://doi.org/10.3390/logistics8020062>

- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2022). *The handbook of logistics and distribution management: Understanding the supply chain* (Seventh edition). Kogan Page.
- Sugiyono, S. (2023). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (5 ed.). Alfabeta.
- Sumbal, M. S., Ahmed, W., Shahzeb, H., & Chan, F. (2023). Sustainable Technology Strategies for Transportation and Logistics Challenges: An Implementation Feasibility Study. *Sustainability*, 15(21), 15224. <https://doi.org/10.3390/su152115224>
- Wu, S., Li, Q., & Wei, W. (2023). Application of Ant Colony Optimization Algorithm Based on Triangle Inequality Principle and Partition Method Strategy in Robot Path Planning. *Axioms*, 12(6), 525. <https://doi.org/10.3390/axioms12060525>
- Zhang, T., Cheng, J., & Zou, Y. (2024). Multimodal transportation routing optimization based on multi-objective Q-learning under time uncertainty. *Complex & Intelligent Systems*, 10(2), 3133–3152. <https://doi.org/10.1007/s40747-023-01308-9>