

*IMPLEMENTASI ALGORITMA SA (SIMULATED ANNEALING)  
DALAM OPTIMASI WAKTU TEMPUH PADA SISTEM  
PENGANTARAN J&T EXPRESS DI KECAMATAN MARISO*

Proposal

Di Ajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyusun Skripsi

Program Studi Informatika



ANDIKA SAPUTRA  
105841100521

PROGRAM STUDI INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2025



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK



PENGESAHAN

Skripsi atas nama Andika Saputra dengan nomor induk Mahasiswa 105 84 1100521, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0004/SK-Y/55202/091004/2025, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Informatika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 30 Agustus 2025.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, S.T., M.T., IPU

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Istian Ramli, S.T., M.T., ASEAN, Eng

6 Rabi'ul Awa 1447 H

30 Agustus 2025 M

2. Pengaji

a. Ketua : Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

b. Sekertaris : Rizki Yusliana Bakti, S.T., M.T

3. Anggota

1. Muhyiddin A.M Hayat, S.Kom., M.T

2. Lukman, S.Kom., M.T

3. Runal Rezkiawan B, S.Kom., M.T

Mengetahui :

Fahrin Irhamna Rachman, S.Kom., M.T.

Chyquitha Danuputri, S.Kom., M.Kom.

Dekan



In Muhsyafat S. Kuba, S.T., M.T.  
NIM : 795 288

Gedung Menara Iqra Lantai 3  
Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221  
Web: <https://teknik.unismuh.ac.id/>, e-mail: teknik@unismuh.ac.id





## Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Implementasi algoritma SA(Simulated Annaling Dalam Optimasi Waktu Tempuh Pada Sistem Pengantaran J&T Express Di Kecamatan Mariso”** Shalawat dan salam kepada Rasulullah Shalallahu ‘Alaihi Wasallam yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk umat manusia.

Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini, khususnya kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Muh. Ilham dan Ibu Hj. Erni, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, materiil, dan spiritual, serta menjadi sumber inspirasi dan semangat dalam setiap langkah hidup penulis. Tanpa kasih sayang, pengorbanan, dan restu dari beliau berdua, penulis tidak akan mampu mencapai titik ini.

1. Bapak **Dr. Ir. H.Abd. Rakhim Nanda, S.T., M.T., IPU**, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar, yang telah memberikan kesempatan, fasilitas, serta dukungan dalam proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak **Ir.Muh. Syafaat S.Kuba, S.T., M.T., IPM**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, yang telah memberikan dukungan dan fasilitas dalam kelancaran proses studi.
3. Ibu **Rizki Yusliana Bakti, S.T., M.T.**, selaku Ketua Program Studi Informatika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak **Facrim Irhamna Rachman, S.Kom., M.T.**, selaku Dosen Pembimbing I, atas segala bimbingan, masukan, dan motivasi yang telah diberikan dengan penuh kesabaran dan perhatian selama penyusunan skripsi ini.

5. Ibu **Chyquitha Danuputri, S.Kom., M.Kom.**, selaku Dosen Pembimbing II, atas segala bimbingan, masukan, dan motivasi yang telah diberikan dengan penuh kesabaran dan perhatian selama penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Informatika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, atas ilmu dan pengetahuan yang telah diberikan selama masa perkuliahan, serta dorongan yang turut membantu dalam penyusunan skripsi ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa angkatan 2021 dan terkhususnya Kelas A Program Studi Informatika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik penulis.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan dan dukungannya dalam bentuk apa pun. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak demi perkembangan dan kemajuan akademik.

Makassar, 13 Juni 2025

Penulis,

Andika Saputra

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	2
Daftar Gambar.....	8
Daftar Tabel.....	9
BAB I .....	10
PENDAHULUAN.....	10
A. LATAR BELAKANG .....	10
B. Rumusan Masalah.....	11
C. Tujuan Penelitian.....	11
D. Manfaat Penelitian .....	12
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	12
F. Sistematika Penulisan.....	14
BAB II.....	15
TINJAUAN PUSTAKA.....	15
A. Landasan Teori .....	15
B. Penelitian Terkait.....	28
C. Kerangka Berfikir.....	33
BAB III.....	34
METODE PENELITIAN .....	34
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	34
B. Alat dan Bahan.....	35
C. Perancangan Sistem .....	35
D. <i>Flowchart Algoritma SA (Simulated Annealing)</i> .....	39
E. Pengumpulan Data .....	42
F. Analisis Data .....	43
G. Teknik Pengujian Sisem.....	45
BAB IV .....	48

HASIL DAN PEMBAHASAN .....	48
A. Pengumpulan Data .....	48
B. Penggambaran Peta Wilayah.....	49
C. Penentuan Titik Graf .....	50
D. Penamaan Titik dalam Struktur Graf.....	52
E. Pengukuran jalan.....	53
F. Simulasi dan Hasil Optimasi Rute Algoritma Simulated Annealing	
Pada Sitem Pengantar J&T Express di kecamatan Mariso .....	55
G. Hasil dan Kesimpulan .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	65



## Daftar Gambar

Gambar 2 1 Tingkat kepuasan pelayanan kurir .....	17
Gambar 2 2 Peta Kecamatan Mariso.....	22
Gambar 3 1 perancangan sistem .....	36
Gambar 3 2 algoritma simulated annealing .....	39
Gambar 4. 1 Titik-Titik Kemacetan .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Penggambaran Peta .....	50
Gambar 4. 3 Penempatan titik di belokan dan perempatan.....	51
Gambar 4. 4 Penamaan titik graf.....	53





Daftar Tabel

<b>Tabel 2 1 Tabel Kerangka Berfikir .....</b>	33
<b>Tabel 2 2 Waktu Penelitian.....</b>	34
Tabel 4. 1 Invoice Barang Jl.Nuri Lama .....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Rute Optimal Hasil Simulated Annealing .....	61
Tabel 4. 3 Ringkasan Perjalanan per Tujuan .....	62

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. LATAR BELAKANG

Distribusi merupakan salah satu elemen vital dalam rantai logistik, khususnya dalam kegiatan pengantaran barang dari perusahaan ke konsumen. Dalam praktiknya, proses distribusi menuntut efisiensi tinggi untuk menghindari keterlambatan yang dapat memengaruhi kepuasan pelanggan. Salah satu faktor penting dalam perencanaan distribusi adalah waktu tempuh, yang dipengaruhi oleh berbagai kondisi di lapangan seperti kemacetan, jumlah titik pengantaran, kondisi jalan, serta keberadaan lampu lalu lintas.(Rowan, 2025)

Di wilayah padat seperti Kecamatan Mariso, Kota Makassar, kurir pengiriman seperti J&T Express menghadapi tantangan kompleks dalam menentukan urutan titik pengantaran. Penentuan rute secara manual sering kali menyebabkan ketidakefisienan waktu tempuh dan rute yang tidak optimal, yang pada akhirnya berdampak pada keterlambatan, peningkatan beban kerja, dan menurunnya efektivitas layanan.

Permasalahan seperti ketidakstabilitan rute, tekanan waktu, dan beban kerja berlebih dapat meningkatkan risiko kesalahan operasional, baik dari sisi keterlambatan maupun ketidakefisienan pelayanan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistematis berbasis teknologi untuk mengoptimalkan urutan pengantaran berdasarkan faktor-faktor real-time dan terukur, bukan sekadar berdasarkan intuisi atau kebiasaan kurir.

Salah satu pendekatan yang relevan dan efektif untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah penerapan algoritma optimasi *Simulated Annealing* (SA). Algoritma ini dikenal mampu menyelesaikan persoalan kombinatorial seperti *Travelling Salesman Problem* (TSP), yang juga merupakan permasalahan utama dalam sistem distribusi pengantaran barang. Dengan mengimplementasikan SA, perusahaan pengiriman dapat menentukan rute paling efisien berdasarkan estimasi waktu tempuh, jumlah titik pengantaran, dan faktor eksternal lainnya.

Melalui optimasi rute yang tepat, tidak hanya waktu tempuh yang dapat dikurangi, tetapi juga beban kerja kurir menjadi lebih terkendali, risiko kesalahan menurun, dan kualitas layanan pengiriman meningkat secara keseluruhan. Penerapan teknologi seperti ini tidak hanya memberikan nilai tambah dari sisi operasional, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan ketepatan layanan dan efisiensi sistem logistik secara menyeluruh.

## B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh faktor eksternal seperti kemacetan terhadap total waktu tempuh pengantaran pada rute yang dihasilkan oleh algoritma?
2. Bagaimana kinerja algoritma *Simulated Annealing* dalam menentukan rute pengiriman dengan waktu tempuh minimum

## C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh faktor-faktor dinamis seperti jadwal kemacetan dan terhadap efektivitas rute pengantaran yang dihasilkan algoritma.

## **D. Manfaat Penelitian**

### **1. Bagi Peneliti**

Penelitian ini memberikan manfaat dalam pengembangan pengetahuan dan keterampilan di bidang algoritma optimasi, khususnya *Simulated Annealing*, serta penerapannya dalam permasalahan nyata seperti distribusi logistik. Selain itu, peneliti memperoleh pengalaman langsung dalam pemodelan permasalahan rute menggunakan data dinamis dan pemrograman *Python*, serta dapat mengevaluasi kinerja algoritma berdasarkan parameter waktu tempuh dan efisiensi rute.

### **2. Bagi J&T**

Penelitian ini dapat memberikan solusi strategis untuk meningkatkan efisiensi operasional pengantaran barang di wilayah padat seperti Kecamatan Mariso. Dengan adanya rute yang dioptimalkan berdasarkan kondisi lalu lintas yang dinamis, J&T dapat mengurangi waktu pengantaran, menghemat bahan bakar, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Hasil dari penelitian ini juga dapat menjadi dasar dalam pengembangan sistem logistik berbasis teknologi cerdas untuk pengambilan keputusan rute secara otomatis.

## **E. Ruang Lingkup Penelitian**

Agar penelitian ini lebih terfokus dan tidak melebar, maka ruang lingkup penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

### **1. Fokus Penelitian**

Penelitian ini berfokus pada optimasi waktu pada sistem pengantaran paket oleh layanan *J&T* di wilayah Kecamatan Mariso, Kota Makassar. Pemilihan Kecamatan Mariso didasarkan pada kompleksitas rute yang tinggi, termasuk kepadatan lalu lintas dan variasi titik pengantaran, sehingga relevan untuk penerapan algoritma *Simulated Annealing* sebagai pendekatan dalam penyelesaian permasalahan *Travelling Salesman Problem* (TSP).

## 2. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah sistem pengantaran paket yang dilakukan oleh *J&T* di Kecamatan Mariso. Studi ini mengkaji efisiensi waktu pengiriman paket berdasarkan hasil optimasi menggunakan algoritma *Simulated Annealing*, dengan mempertimbangkan estimasi waktu tempuh berdasarkan kondisi lalu lintas.

## 3. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi hanya pada perhitungan rute optimal dalam lingkup wilayah Kecamatan Mariso. Data yang digunakan mencakup titik-titik pengantaran aktual, peta jalan utama (jalan raya dan jalan poros besar), serta estimasi lalu lintas yang diperoleh dari observasi dan simulasi penulis. Beberapa batasan yang diterapkan dalam penelitian ini antara lain:

- a) Tidak mempertimbangkan jalan kecil atau lorong sempit yang bersifat dinamis atau berpotensi mengalami gangguan, seperti acara warga atau penutupan jalan mendadak.
- b) Tidak memperhitungkan kondisi cuaca.
- c) Perkiraan kemacetan dan waktu tempuh tidak bersifat *real-time*, melainkan berdasarkan data historis yang dikumpulkan oleh penulis.
- d) Tidak Memperhitungkan pelayanan berbasis *Cash on delivery (COD)*

Dengan adanya batasan ruang lingkup ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan analisis yang lebih terfokus dan mendalam dalam merancang rute pengiriman yang

optimal. Implementasi algoritma *Simulated Annealing* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional pengantaran di wilayah tersebut.

## F. Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun dalam beberapa bab dengan uraian sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian,

ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan sebagai dasar pengantar penelitian.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas landasan teori yang relevan, kajian penelitian terdahulu, serta kerangka berpikir yang digunakan untuk merumuskan arah dan dasar konseptual dari penelitian.

### BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode yang digunakan dalam penelitian, mencakup pendekatan penelitian, teknik pengumpulan data, serta tahapan analisis yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian.

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil dari pengumpulan data, analisis, serta implementasi algoritma *Simulated Annealing* dalam sistem pengantaran J&T Express di Kecamatan Mariso. Di dalamnya dijelaskan tahapan pemetaan wilayah, penentuan titik graf, pengukuran jarak, serta simulasi rute pengiriman berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Bab ini juga membandingkan antara rute manual yang biasa dilalui kurir

dengan rute hasil optimasi, serta mengevaluasi efektivitas algoritma dalam meminimalkan waktu tempuh dan meningkatkan efisiensi distribusi.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang dapat dijadikan acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya. Kesimpulan dirumuskan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, sedangkan saran ditujukan baik untuk pihak J&T Express sebagai pengguna sistem, maupun bagi peneliti lain yang ingin melanjutkan penelitian dalam bidang optimasi rute pengiriman.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Landasan Teori

#### 1. J&T Express

Perkembangan industri jasa pengiriman saat ini sedang berkembang pesat di Indonesia. Peran dari jasa pengiriman sangat di butuhkan karena banyak masyarakat

yang melakukan pengiriman barang atau pun berbelanja melalui *online* atau *E-commerce*. Konsumen di Indonesia kini memiliki lebih banyak pilihan untuk pengiriman barang seiring dengan bertambahnya jumlah penyedia jasa pengiriman barang. Keberadaan jasa pengiriman barang sangat membantu masyarakat umum dan tentunya juga sangat membantu para pebisnis.(Aliftian Nantigiri et al., 2021)

J&T Express merupakan salah satu perusahaan jasa pengiriman barang yang didirikan pada tahun 2015 oleh Jet Lee dengan nama resmi PT. Global Jet Express dan mulai beroperasi pada awal September 2015. Mereka mendirikan J&T Express dengan melihat peluang dunia pendistribusian barang di Indonesia belum cukup maju dan penerima barang sering mengalami keterlambatan dalam menerima paketnya dan tidak sesuai dengan jadwal yang ditentukan.(Fatikawati et al., 2023)

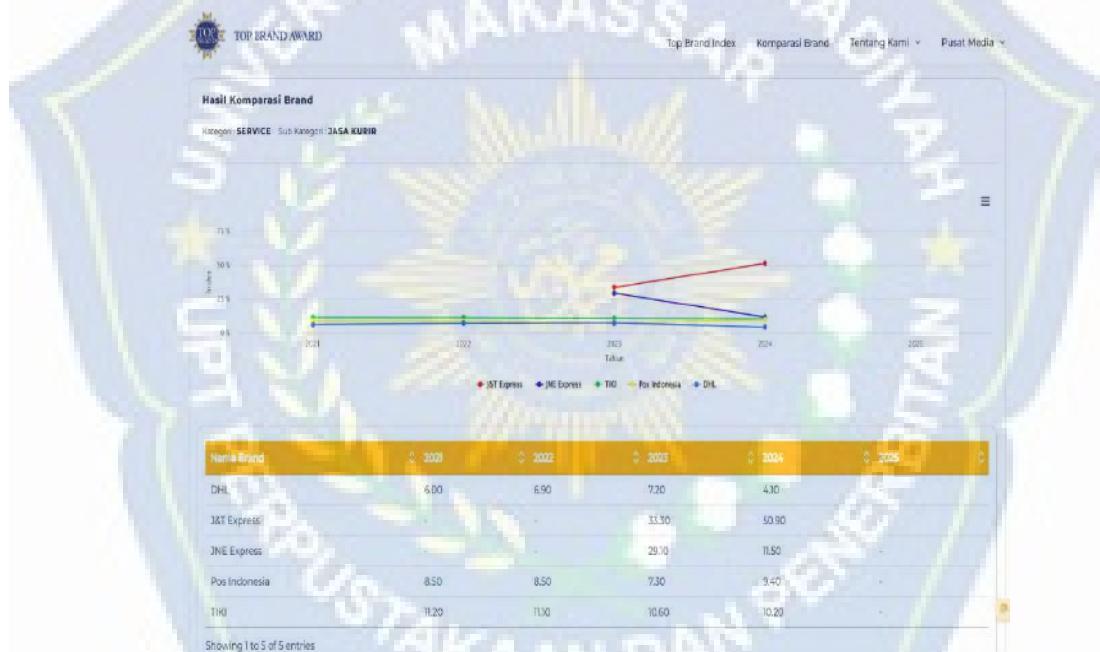
Pada era modern ini, kita dapat menemui pengaruh teknologi pada setiap lini kehidupan. Salah satu bentuk bentuk teknologi yang sering kita jumpai adalah *ecommerce*. *E-commerce* muncul sebagai bentuk kemajuan dari tempat jual beli yang biasanya kita panggil sebagai pasar. *E-commerce* ini memiliki banyak keunggulan yang tidak dapat kita temui saat kita berada di pasar konvensional. Oleh karena itu, sebagian besar orang yang bertindak sebagai konsumen memilih *e-commerce* dibandingkan mengunjungi pasar konvensional. Namun, dengan munculnya *E-commerce* akan berdampak pada UMKM. UMKM yang berdiri sebagai usaha kecil masyarakat dapat mengalami fluktuasi perubahan yang dinamis pada pertumbuhan ekonomi.(Sadrakh Zefanya Putra et al., 2023)

Menurut Moenir, pelayanan dalam jasa pengiriman barang melibatkan serangkaian aktivitas yang dilakukan oleh individu maupun kelompok. Aktivitas ini berlandaskan pada prinsip yang berkaitan dengan aspek material, seperti barang atau paket yang dikirim, serta menggunakan sistem, prosedur, dan metode yang terorganisir. Tujuan utama dari pelayanan ini adalah untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen dengan memastikan bahwa barang yang dikirimkan tiba tepat waktu, aman, dan dalam kondisi baik.(ARIADI, n.d.)

Dalam menyelesaikan masalah TSP dalam skenario nyata seperti pengantaran barang oleh J&T Express di wilayah padat seperti Kecamatan Mariso, dibutuhkan algoritma yang mampu menghadapi kompleksitas tinggi dan variabel dinamis seperti jadwal kemacetan, lampu lalu lintas, untuk mengoptimalkan pengantaran paket.

Keterlambatan ini berpotensi menurunkan tingkat kepuasan pelanggan dan kepercayaan terhadap layanan pengiriman, khususnya terhadap citra *J&T Express*. Meskipun J&T menawarkan tarif pengiriman yang kompetitif, jika kondisi ini terus terjadi, maka loyalitas pelanggan dan reputasi merek J&T dapat terancam.

## 2. Kepuasan Pengguna Terhadap Layanan J&T Express Berdasarkan Data Top Brand



Gambar 2 1 Tingkat kepuasan pelayanan kurir

Sumber : Top Brand Indeks

Berdasarkan data Top Brand di atas, terlihat bahwa *J&T Express* mengalami peningkatan penggunaan jasa pengiriman antara tahun 2023 dan 2024. Pada tahun 2023, *J&T Express* berhasil menduduki peringkat No.1 dan menjadi perusahaan jasa pengiriman Indonesia terpopuler dengan 33,30% pengguna. Selanjutnya, dalam data

Top Brand tahun 2024, tingkat penggunaan layanan *J&T Express* meningkat tajam menjadi 50,90%, mengungguli layanan kurir lainnya seperti *JNE Express* yang hanya memperoleh 11,50%. Kenaikan ini menunjukkan meningkatnya kepercayaan konsumen terhadap layanan *J&T Express*. Sebaliknya, penurunan yang dialami *JNE Express* dapat mengindikasikan adanya tantangan dalam menjaga kualitas layanan dan kepuasan pelanggan.

### 1. Algoritma SA (*Simulated Annealing*)

Algoritma *Simulated Annealing* (SA) adalah suatu teknik yang tangguh untuk menyelesaikan masalah optimisasi kombinatorial yang berat tanpa struktur yang khusus. Metode ini memungkinkan pergerakan bebas dan minimal melepaskan diri lokal. Keunggulan utama algoritma SA adalah bahwa mereka tidak membutuhkan banyak memori komputer. Metode iteratif yang diperkenalkan oleh Metropolis pada tahun 1953, yang meniru pergerakan atom pada titik keseimbangan yang diberikan oleh suhu, adalah dasar Algoritma SA. Kelemahan utama metode ini adalah waktu yang sangat lama untuk proses komputasi dan jumlah iterasi yang sangat besar untuk menemukan jawaban yang tepat.(Anshari et al., 2024)

*Simulated Annealing* pada *TSP* digunakan untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan rute dan menemukan rute dengan jarak tempuh paling pendek. Model *Simulated Annealing* dalam penyelesaian *TSP* merupakan model *state*, di mana setiap *state* merepresentasikan sebuah kemungkinan rute, sedangkan energi didefinisikan sebagai total jarak yang harus ditempuh .

Dalam algoritma *Simulated Annealing*, suatu state (kombinasi solusi) dapat diterima dengan probabilitas berikut:

$$P = e^{-\frac{\Delta E}{kT}} \quad (1)$$

Di mana :

- a.  $\Delta E$  adalah selisih energi antara solusi saat ini dan sebelumnya.
- b. K adalah konstanta *Boltzmann* (sering diabaikan dalam implementasi praktis), dan T adalah temperatur yang mengontrol probabilitas penerimaan solusi yang lebih buruk.(Tani et al., 2022)

Beberapa aspek yang perlu diperhatikan saat menerapkan *simulated annealing* adalah:

- a. Keadaan ditentukan sebagai kombinasi dari nilai-nilai penyelesaian kemungkinan rute yang dilalui untuk mengunjungi semua Kota sebelum kembali ke Kota awal dengan syarat bahwa setiap Kota harus dikunjungi satu kali. Keadaan dapat dinyatakan dengan  $S = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ , contohnya pada permasalahan *Traveling Salesman Problem (TSP)* dengan 5 Kota (Kota 1, 2, 3, 4, dan 5), keadaan dinyatakan sebagai urutan nomor Kota yang dikunjungi, seperti 3-5-2-4-1.
- b. Energi: didefinisikan sebagai nilai minimal dari fungsi tujuan untuk suatu kombinasi keadaan. Dalam konteks TSP, energi didefinisikan sebagai jarak yang harus dilalui pada rute yang dinyatakan dalam urutan nomor Kota yang dilalui. Energi dapat dihitung dengan rumus:

$$E = \sum ni = 1 d \quad (2)$$

Di mana E merupakan energi dan d adalah jarak antara Kota  $s(i)$  dan  $s(i+s)$ . Jarak (d) dinyatakan dengan:

$$d = \sqrt{(sx(i) - sx(i + 1))^2 + (sy(i) - sy(i + 1))^2} \quad (3)$$

Temperatur didefinisikan sebagai nilai pengendali yang menentukan apakah suatu keadaan acak dapat bergerak naik atau tidak. Pada analogi dengan fenomena thermal, ion akan bergerak bebas pada suhu tinggi, dan gerakannya semakin terbatas ketika suhu menurun. (Tani et al., 2022)

Proses pembaruan keadaan; dalam tahap ini, keadaan akan diterima oleh *simulated annealing* ini dengan probabilitas berdasarkan prinsip distribusi Boltzmann. Algoritma *simulated annealing* umumnya untuk menyelesaikan masalah optimasi ialah:

- a. Hasilkan keadaan awal  $S_0$  yang diperoleh dengan menghasilkan angka acak pada komputer dan pastikan tidak ada angka yang sama.
- b. Hitung energi  $E_0$  untuk keadaan awal  $S_0$ .
- c. Perbarui keadaan  $S$  sesuai dengan aturan pembaruan yang berlaku menjadi  $S_1$ .
- d. Hitung energi  $E_1$ .
- e. Janjikan angka acak  $P=[0, 1]$ .
- f. Jika  $P < \exp(-\Delta E/T)$ , maka keadaan diterima; jika tidak, keadaan ditolak.
- g. Ulangi langkah ketiga sampai memenuhi kriteria untuk berhenti. (Tani et al., 2022)

Jika dibandingkan dengan metode lain, keunggulan *Simulated Annealing* adalah kemampuannya mengidentifikasi solusi lokal terbaik. Algoritma ini merupakan algoritma pencarian acak, namun tidak hanya memberikan hasil objektif yang konstan. *Simulated Annealing* juga terkadang menerima nilai objektif yang lebih tinggi, sehingga memungkinkan eksplorasi ruang solusi yang lebih menyeluruh. (Tani et al., 2022)

*Traveling Salesman Problem* (TSP) merupakan salah satu contoh masalah optimasi kombinatorial. Masalah ini pertama kali diidentifikasi pada tahun 1800-an oleh dua orang matematikawan, *Thomas Penyngton Kirkman* dari Inggris dan *William Rowan Hamilton* dari Irlandia. TSP menggambarkan jumlah kota dan biaya perjalanan (jarak) untuk setiap penduduk kota. Tujuannya adalah untuk menetapkan rute perjalanan terbaik yang memungkinkan ke semua kota, dimulai dan berakhir di kota yang sama, sambil meminimalkan biaya perjalanan secara keseluruhan. (Tani et al., 2022)

*Simulated Annealing* bekerja dengan membentuk serangkaian rantai Metropolis pada setiap tingkat suhu yang berbeda. Tujuan dari rantai Metropolis ini adalah untuk membantu sistem mencapai kesetimbangan termal. Proses penurunan suhu secara bertahap dalam algoritma ini disebut sebagai *annealing schedule*.

Terdapat empat komponen utama dalam *annealing schedule*, yaitu:

- a. Suhu awal (*initial temperature*).
- b. Suhu akhir (*final temperature*).
- c. Aturan penurunan suhu (*cooling schedule*).
- d. Jumlah iterasi pada setiap suhu tertentu.

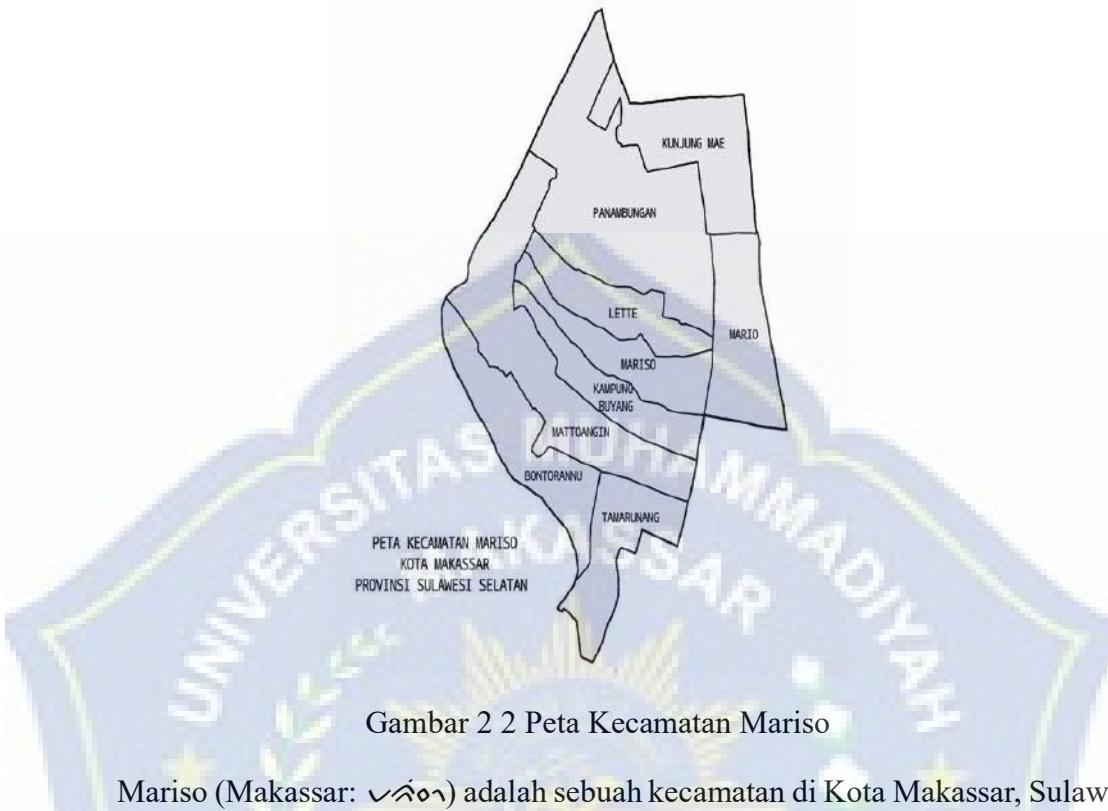
*Temperature schedule* merupakan salah satu komponen paling penting dalam algoritma *Simulated Annealing*. Jadwal suhu yang baik harus bersifat efisien, yaitu mampu menghasilkan solusi akhir yang optimal dan bersifat *general* (umum) sehingga dapat diterapkan pada berbagai jenis masalah.

Salah satu contoh *annealing schedule* yang sering digunakan adalah:

$$T = T_0 \left( \frac{T_N}{T_0} \right)^{\frac{1}{N}} \quad (4)$$

Di mana:

- a.  $T_0$  adalah suhu awal.
  - b.  $T_N$  adalah suhu akhir.
  - c.  $N$  adalah jumlah total iterasi atau tahapan pendinginan.(Tani et al., 2022)
3. Kecamatan Mariso



Gambar 2 2 Peta Kecamatan Mariso

Mariso (Makassar: Մաସ) adalah sebuah kecamatan di Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia. Wilayah Kecamatan Mariso pada awalnya merupakan sebuah kampung di wilayah Kesultanan Tallo yang berubah menjadi distrik pada masa Pemerintah Hindia Belanda lalu menjadi kecamatan pada masa Pemerintah Indonesia. Kecamatan Mariso terletak di kawasan pesisir Kota Makassar, Kecamatan Mariso merupakan salah satu kecamatan dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi di Kota Makassar.

Kecamatan Mariso merupakan salah satu kecamatan yang terletak di bagian barat Kota Makassar. Wilayah ini termasuk dalam kawasan pesisir, dan menjadi satu dari tujuh kecamatan di Kota Makassar yang berbatasan langsung dengan laut. Luas wilayah Kecamatan Mariso tercatat sebesar 1,82 km<sup>2</sup>, yang setara dengan 1,04% dari total luas wilayah Kota Makassar.

Pada tahun 2005, Pemerintah Kota Makassar mengelompokkan Kecamatan Mariso sebagai bagian dari kawasan pusat atau zona inti Kota Makassar.

Pengelompokan ini menunjukkan peran strategis Kecamatan Mariso dalam konteks pembangunan dan pengelolaan wilayah perkotaan. Secara administratif, Kecamatan Mariso terdiri atas sembilan kelurahan, yaitu:

- a. *Bontorannu.*
- b. *Tamarunang*
- c. *Mattoangan.*
- d. *Kampung Buyang*
- e. *Mariso.*
- f. *Lette.*
- g. *Mario.*
- h. *Panambungan.*
- i. *Kunjung Mae.*

Pada tahun 2000, jumlah penduduk di Kecamatan Mariso sebanyak 51.003 jiwa. Lalu pada tahun 2004, jumlah penduduk di Kecamatan Mariso sebanyak 52.278 jiwa. Persentase laju pertumbuhan penduduknya pada periode 2000–2004 sebesar 0,62%. Kemudian pada tahun 2005, jumlah penduduk di Kecamatan Mariso bertambah sebesar 1% sehingga menjadi sebanyak 52.802 jiwa. Kemudian Pada tahun 2006, kepadatan penduduk di Kecamatan Mariso menempati posisi kedua di Kota Makassar setelah Kecamatan Makassar. Badan Pusat Statistik mencatat jumlah penduduk di Kecamatan Mariso pada tahun 2006 sebanyak 28.013 jiwa/km<sup>2</sup>.

Pada tahun 2019, Kecamatan Mariso menjadi kecamatan dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi di Kota Makassar. Jumlah penduduknya sebanyak 33.038 jiwa. Sementara itu, jumlah rumah tangga di Kecamatan Mariso pada tahun 2000 mencapai 10.905 rumah tangga, dengan rata-rata anggota keluarga sebanyak 4,72 jiwa per rumah tangga. Pada tahun 2004, jumlah rumah tangga mengalami penurunan menjadi 10.221, meskipun rata-rata anggota rumah tangga meningkat menjadi 5,12 jiwa. Namun, pada tahun 2005, jumlah rumah tangga meningkat signifikan menjadi 13.022, sementara rata-rata anggota rumah tangga menurun menjadi 4,05 jiwa.

Kemudian Pada tahun 2023, jumlah penduduk di Kecamatan Mariso tercatat sebanyak 58.730 jiwa, terdiri dari 29.246 jiwa laki-laki dan 29.484 jiwa perempuan. Dengan luas wilayah 1,82 km<sup>2</sup>, kepadatan penduduk mencapai 32.269 jiwa per kilometer persegi. Rasio jenis kelamin sebesar 99,19, menunjukkan bahwa untuk setiap 100 penduduk perempuan terdapat sekitar 99 laki-laki.

Kelurahan dengan jumlah penduduk terbanyak adalah Panambungan dengan 11.749 jiwa, sedangkan yang paling sedikit adalah Mattoangin, yaitu 3.767 jiwa. Sementara itu, kelurahan dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi adalah Lette sebesar 66.093 jiwa/km<sup>2</sup>, dan terendah adalah Mario sebesar 14.546 jiwa/km<sup>2</sup>. Jumlah rumah tangga pada tahun 2023 mencapai 15.052 rumah tangga, dan berdasarkan jumlah penduduk, rata-rata anggota rumah tangga diperkirakan sekitar 3,9 jiwa per rumah tangga.(BPS Makassar, 2022)

#### 4. *Traveling Salesman Problem (TSP)*

*Traveling Salesman Problem (TSP)* merupakan salah satu masalah optimasi kombinatorial yang paling dikenal dan sering dipelajari dalam ilmu komputer dan riset operasi. TSP berusaha mencari rute terpendek untuk mencapai suatu node, di mana seorang salesman harus mengunjungi setiap node sekali saja dan kembali ke node asal dengan jarak tempuh total yang paling pendek. Tujuannya adalah untuk menemukan rute perjalanan dengan total jarak tempuh minimal.(Saputra et al., 2025)

Sebagian besar permasalahan dalam *Traveling Salesman Problem (TSP)* tidak hanya berfokus pada pencarian rute terpendek atau jarak minimum, tetapi juga mempertimbangkan optimasi waktu dan efisiensi jalur perjalanan. Selain itu, sebagian besar masalah TSP bersifat simetris, artinya jarak antara dua kota—misalnya antara kota A dan kota B—adalah sama, baik dari A ke B maupun dari B ke A. Dengan demikian, rute perjalanan yang mengelilingi seluruh kota akan menghasilkan jarak total yang identik jika urutan kunjungan dibalik. Masalah TSP ini umumnya dimodelkan dalam bentuk graf berbobot, di mana simpul merepresentasikan kota dan sisi menggambarkan jarak antar kota.

Dalam menyelesaikan TSP, digunakan konsep teori graf yang merupakan salah satu cabang ilmu matematika. Graf TSP mempresentasikan jaringan berbobot, di mana setiap titik dalam graf mewakili sebuah kota, setiap sisi mewakili jalan yang menghubungkan kota-kota tersebut, dan bobot pada setiap sisi mewakili jarak antara kota-kota tersebut yang perlu ditempuh.(Rizki Putra Sinaga & Faridawaty Marpaung, 2023 dalam Efendi, 2010).

##### 5. Ketepatan Waktu Pengiriman dalam Islam

Setiap aktifitas manusia selalu terikat dengan aturan, salah satunya waktu. Waktu secara umum dibagi menjadi tiga, yaitu: masa lalu, sekarang, dan masa yang akan datang. Sedangkan ketepatan waktu berarti pelaksanaan pelayanan di masyarakat yang diselesaikan dalam kurun waktu yang telah ditentukan. Ketepatan waktu memiliki pengaruh yang penting pada keberhasilan suatu perusahaan. Ada beberapa rintangan dan hambatan cukup banyak sehingga mengakibatkan “Muslim menyia-nyiakan waktu yaitu kelalaian dan berandai-andai. Sebagaimana halnya allah berfirman dalam Q.S. Al-Ashr ayat 1-3 yaitu:

وَالْعَصْرِ ۝ إِنَّ الْإِنْسَانَ لَفِي خُسْرٍ ۝ إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَاصَوْا بِالْحَقِّ وَتَوَاصَوْا بِالصَّبَرِ

(1) Demi masa, (2) Sesungguhnya manusia benar-benar dalam kerugian, (3) Kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal shaleh serta saling menasehati perkara kebenaran dan saling menasehati agar menetapi kesabaran. (Q.S. Al-Ashr 1-3). Isi kandungan ayat diatas adalah peringatan bagi manusia mengenai meruginya manusia terhadap waktu. Al-Ashr berisi tentang setiap manusia senantiasa merugi, baik kaya ataupun miskin, orang dewasa hingga anak muda. Merugi dalam surat AlAshr adalah terhadap waktu, sebagaimana banyak manusia yang berbuat negatif dibandingkan hal positif disela waktu yang dimilikinya.(Rachman, 2023)

##### 7. Jalur Tercepat (Fastest Path)

Pencarian jalur tercepat adalah sebuah problem fundamental dalam ilmu komputer dan teori graf yang berfokus pada minimalisasi waktu tempuh total untuk

berpindah dari sebuah titik awal ke titik tujuan dalam suatu jaringan. Konsep ini membedakan dirinya dari pencarian jalur terpendek dengan menjadikan "waktu" sebagai bobot utama pada setiap ruas graf, bukan "jarak". Relevansi pendekatan ini sangat tinggi dalam konteks optimasi rute modern, di mana efisiensi waktu sering kali lebih kritis daripada efisiensi jarak. Aplikasinya meluas dari sistem navigasi kendaraan real-time hingga distribusi logistik, termasuk dalam kerangka penelitian ini yang berupaya meningkatkan efektivitas waktu pada sistem pengiriman barang.(Puja Kekal et al., 2021)

Kompleksitas dalam penentuan jalur tercepat muncul karena durasi perjalanan dipengaruhi oleh berbagai faktor dinamis. Variabel seperti tingkat kemacetan pada jam-jam tertentu, durasi lampu lalu lintas di persimpangan, dan batas kecepatan yang bervariasi antar ruas jalan menjadi pertimbangan utama. Oleh karena itu, sebuah rute yang secara geografis lebih panjang dapat menjadi pilihan tercepat. Penting juga untuk membedakan masalah ini dari tantangan optimasi kombinatorial lain seperti masalah rute kendaraan, yang bertujuan mengoptimalkan kunjungan ke sekumpulan titik tujuan secara kolektif, sementara jalur tercepat secara khusus mengoptimalkan perjalanan untuk satu pasangan asal-tujuan.

1. Optimasi Waktu Tempuh Berdasarkan Pemilihan Rute dan Efisiensi Lampu Lalu Lintas

Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan yang sering terjadi di berbagai kota besar di Indonesia. Salah satu penyebab utama kemacetan adalah pengaturan lalu lintas yang kurang optimal, terutama pada persimpangan jalan. Lampu lalu lintas sebagai alat pengendali arus kendaraan di persimpangan seringkali tidak berfungsi secara efisien karena pengaturannya bersifat statis dan tidak mempertimbangkan kondisi lalu lintas secara real-time.

Durasi lampu merah yang terlalu lama dan lampu hijau yang terlalu singkat dapat menyebabkan antrean panjang kendaraan, yang pada akhirnya memperburuk kemacetan. Padahal, pengaturan waktu lampu lalu lintas yang disesuaikan dengan

situasi aktual dapat membantu memperlancar arus lalu lintas. Oleh karena itu, diperlukan upaya optimasi baik dari segi pemilihan rute yang lebih efisien maupun pengaturan waktu lampu lalu lintas agar dapat mengurangi waktu tempuh dan kepadatan kendaraan secara keseluruhan.

Lampu lalu lintas pada persimpangan diharapkan dapat mengendalikan kemacetan dan kepadatan kendaraan yang menunggu. Namun pada kenyataannya fungsi lampu lalu lintas masih kurang efektif dikarenakan kapasitas dari kegunaannya hanya berdasarkan waktu yang sudah ditetapkan tanpa melihat situasi dan kondisi di hari-hari yang berbeda.(Chairani et al., 2021)

Dalam konteks ini, evaluasi terhadap kinerja lampu lalu lintas dan pengaruhnya terhadap waktu tempuh menjadi hal penting untuk mendukung pengambilan keputusan rute terbaik. Dengan melakukan optimasi terhadap kedua aspek tersebut, diharapkan sistem transportasi perkotaan dapat berjalan lebih efektif dan efisien.

## 2. Penerapan Teori *Graph* Pada Lampu Lalu Lintas

Teori graf adalah cabang matematika yang mempelajari grafik, yang terdiri dari simpul (*vertex*) dan sisi (*edge*) yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Dalam konteks optimasi sistem lampu lalu lintas, teori graf digunakan untuk memodelkan aliran kendaraan dan hubungan antara berbagai rute yang ada di persimpangan. Setiap simpul dalam graf dapat mewakili persimpangan, sedangkan sisi menggambarkan jalan-jalan yang menghubungkan simpul tersebut.(Putera et al., 2025)

Pada perempatan jalan, sangat diperlukan pengaturan lampu lalu lintas agar kendaraan dapat melewati dengan aman dan nyaman. Nyala lampu lalu lintas diatur semaksimal mungkin agar kendaraan yang melalui bisa berjalan dengan tertatur. Ada banyak solusi untuk mengatur lampu lalu lintas di perempatan jalan.(Yaqin et al., 2023) Pengoptimalan sistem lampu lalu lintas berfokus pada pengaturan waktu sinyal untuk mencapai distribusi aliran kendaraan yang merata dan efisien. Pengaturan waktu lampu yang tidak tepat dapat menyebabkan kemacetan dan waktu tunggu yang tinggi,

sedangkan pengaturan yang lebih efisien dapat memperbaiki aliran lalu lintas dan mengurangi kemacetan. Beberapa pendekatan untuk optimasi ini antara lain:

- a. Pengaturan Berdasarkan Volume Lalu Lintas: Sistem lampu lalu lintas dapat disesuaikan dengan volume kendaraan yang melewati persimpangan untuk menghindari waktu tunggu yang lama bagi kendaraan yang sedikit.
- b. Optimasi Dinamis: Sistem lampu lalu lintas yang dapat menyesuaikan waktu lampu secara dinamis berdasarkan data lalu lintas yang dikumpulkan secara *real-time*, menggunakan perangkat sensor atau teknologi *IoT*.
- c. Penggunaan Teori Graf: Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, teori graf dapat digunakan untuk merancang model aliran lalu lintas yang optimal, dengan tujuan untuk memperkecil waktu tunggu dan meningkatkan kecepatan kendaraan di persimpangan.(Putera et al., 2025)

Persimpangan jalan adalah suatu daerah umum di mana dua atau lebih ruas jalan (*link*) saling bertemu atau berpotongan yang mencakup fasilitas jalur jalan (*roadway*) dan tepi jalan (*road side*), di mana lalu lintas dapat bergerak di dalamnya.

Pergerakan lalu lintas ini dikendalikan berbagai cara, bergantung pada jenis persimpangannya. Dilihat dari bentuknya ada beberapa macam jenis persimpangan sebidang, sebagai berikut:

- a. Pertemuan atau persimpangan bercabang dua.
- b. atau persimpangan bercabang tiga.
- c. Pertemuan atau persimpangan bercabang empat.

## B. Penelitian Terkait

1. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Putera dengan judul "Analisis Antrean Lalu Lintas Pada Persimpangan Buah Batu – Soekarno Hatta Bandung," ditemukan bahwa kemacetan di persimpangan tersebut disebabkan oleh ketidakseimbangan antara pola kedatangan kendaraan dan durasi layanan lampu lalu lintas. Penelitian ini menerapkan model antrean M/M/1 untuk menganalisis waktu tunggu kendaraan di

setiap ruas jalan, dengan temuan bahwa ruas B memiliki waktu tunggu tertinggi mencapai 26,64 menit. Hasil dari studi ini menjadi dasar empiris yang kuat untuk pengembangan metode optimasi sinyal lampu lalu lintas guna mengurangi kemacetan pada persimpangan tersebut. Mengingat keterbatasan dalam penelitian ini yang hanya menganalisis kondisi antrean tanpa memberikan solusi optimasi, disarankan untuk mengembangkan model optimasi yang dapat menyeimbangkan distribusi waktu hijau pada setiap ruas jalan.(Putera et al., 2025)

2. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Fermina Tani'i, Warsito, dan Lapono dengan judul "Kajian Optimasi Rute Terpendek Menggunakan Metode *Simulated Annealing* untuk Distribusi Obat pada Jaringan Apotek Kimia Farma di Kota Kupang," ditemukan bahwa metode *Simulated Annealing* efektif untuk mencari rute terpendek dalam distribusi obat. Penelitian ini berhasil memodelkan 9 titik apotek Kimia Farma di Kota Kupang dan menemukan rute optimal dengan energi minimum sebesar 1.641460608 satuan dengan rute 1-5-7-4-2-6-3-8-9-1. Metode *Simulated Annealing* terbukti mampu mengatasi permasalahan optimasi rute dengan menerapkan konsep penurunan temperatur yang menghasilkan pencarian rute yang semakin terfokus dan nilai energi yang semakin optimal.(Tani et al., 2022)
3. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nabil Anshari, Subairi, Muhammad Abdullah Hafizh, Endin Rahmada Putri, dan Andreas Nugroho Sihananto dengan judul "Metode *Simulated Annealing* untuk Optimasi Biaya Operasional Penerbangan," ditemukan bahwa pengoptimalan biaya operasional penerbangan dapat dicapai dengan menggunakan *algoritma Simulated Annealing*, yang terinspirasi dari proses *annealing* dalam metalurgi. Jadwal penerbangan optimal dibuat dengan menghitung matriks biaya, waktu, dan operasional berdasarkan dataset "*hflights*" yang kemudian secara otomatis mencari solusi terbaik menggunakan probabilitas penerimaan yang ditentukan oleh perbedaan biaya dan suhu saat ini. Hasil penelitian menunjukkan konfigurasi terbaik diperoleh dengan suhu awal 15000, iterasi 2000, dan waktu komputasi 24 detik,

menghasilkan biaya perjalanan terendah sebesar 9909.0 (999,090 USD). (Anshari et al., 2024)

4. Penelitian yang dilakukan oleh Indah Fatikawati, Syaripuddin, dan Moh. Nurul Huda berjudul "*Implementasi Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek Pendistribusian Barang PT. J&T Samarinda*" memberikan kontribusi penting dalam penerapan algoritma genetika untuk menyelesaikan permasalahan optimasi rute distribusi. Studi ini secara khusus memfokuskan pada penentuan rute terpendek dalam pendistribusian barang oleh PT. J&T Express di wilayah Samarinda dengan memanfaatkan data jarak dari Google Maps yang kemudian dimodelkan ke dalam bentuk graf.

Algoritma genetika digunakan untuk mencari solusi optimal melalui proses evolusi seperti seleksi, *crossover*, dan mutasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari beberapa iterasi yang dilakukan, rute terbaik yang diperoleh adalah dengan jarak tempuh 9,4 km, yang merupakan hasil dari 79 iterasi dengan kemunculan berulang pada jarak minimum tersebut sebanyak 19 kali. Pendekatan ini membuktikan bahwa algoritma genetika efektif dalam menemukan rute optimal untuk distribusi logistik, terutama dalam konteks geografis yang kompleks dan keterbatasan waktu pengiriman.

Dengan demikian, penerapan algoritma genetika tidak hanya memberikan efisiensi dalam hal jarak tempuh, tetapi juga dapat menjadi solusi alternatif yang layak untuk perusahaan logistik dalam meningkatkan kualitas pelayanan distribusi barang. Penelitian ini menjadi dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang optimasi rute menggunakan pendekatan algoritma evolusioner. (Fatikawati et al., 2023)

5. Penelitian yang dilakukan oleh Khurrohman (2023) berjudul "Pengaruh Harga, Ketepatan Waktu Pengiriman dan Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Pelanggan Pada Jasa Pengiriman J&T Express Cabang Tanon Kabupaten Sragen" memberikan pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kepuasan

pelanggan dalam layanan ekspedisi. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis regresi linier berganda terhadap 100 responden di wilayah Tanon, Sragen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel harga, ketepatan waktu pengiriman, dan kualitas pelayanan memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap kepuasan pelanggan. Temuan ini memperkuat teori bahwa kepercayaan dan loyalitas pelanggan terhadap layanan pengiriman sangat dipengaruhi oleh persepsi nilai dan pelayanan yang diterima. Secara khusus, penelitian ini menyoroti pentingnya konsistensi dalam waktu pengiriman serta sikap profesional dari petugas layanan sebagai penentu utama dalam menciptakan pengalaman pelanggan yang memuaskan.

Oleh karena itu, penelitian ini relevan untuk dijadikan referensi dalam mengembangkan strategi peningkatan layanan berbasis kepuasan pelanggan, khususnya di industri logistik dan ekspedisi yang kompetitif dan sangat tergantung pada kecepatan serta kualitas interaksi layanan.(KHURROHMAN, 2023)

6. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Reski Jaya dengan judul "Penerapan Algoritma A\* dengan *Manhattan Distance* untuk Optimasi Rute Pengantaran Pos di Kecamatan Mariso," ditemukan bahwa penggunaan algoritma A\* yang dipadukan dengan heuristik *Manhattan Distance* efektif dalam menentukan jalur terpendek pada jaringan jalan perkotaan. Penelitian ini memodelkan sistem pengantaran sebagai graf dengan 675 simpul yang diberi penamaan sistematis untuk memudahkan identifikasi, serta mengukur jarak antar titik berdasarkan hubungan horizontal dan vertikal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma ini mampu membantu pengantar pos menghindari jalur berulang dan memilih rute optimal secara akurat dan efisien, sehingga meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses pengantaran. Meskipun penelitian ini berhasil mengaplikasikan algoritma pencarian jalur terpendek, disarankan untuk mengembangkan studi lebih lanjut yang mengintegrasikan faktor

dinamis seperti kondisi lalu lintas dan waktu pengantaran guna memperoleh solusi yang lebih adaptif dan realistik dalam sistem pengantaran di lapangan.(*Rahman et al.,2025*)

7. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Fahriz Irhamna Rahman, Titin Wahyuni, dan Mustakim dengan judul "*Implementasi Algoritma Floyd-Warshall untuk Menentukan Jarak Terpendek dalam Sistem Pengantaran Pos di Kecamatan Mariso,*" ditemukan bahwa pengantaran pos di Kecamatan Mariso menghadapi tantangan dalam menentukan rute optimal akibat jaringan jalan yang kompleks. Penelitian ini menerapkan Algoritma *Floyd-Warshall* untuk menganalisis jarak terpendek dari kantor pos ke seluruh titik pengantaran, dengan temuan bahwa algoritma mampu menghitung rute minimal secara akurat dan efisien.

Hasil dari studi ini menjadi dasar empiris yang kuat untuk mendukung pengambilan keputusan dalam optimasi distribusi pos dan menekan biaya operasional. Mengingat adanya keterbatasan dalam menangani skala jaringan yang sangat besar dan faktor dinamis seperti lalu lintas.(*Rahman et al., 2025*)

### C. Kerangka Berfikir

MASALAH
Pemilihan Metode Konvensional Berbasis Rute Terpendek(Jarak Terpendek) tidak cukup Efisien Dalam Menangani Varieable Lampu lalu lintas, dan Prioritas Pengantaran Paket yang dinamis. Dengan Mempertimbangkan Kondisi Kemacetan, Prioritas Pengantaran Paket dan Jumlah Lampu Lalu Lintas Untuk Menemukan Rute Pengiriman Optimal Dengan Waktu tempuh Minimum.
SOLUSI
Algoritma <i>Simulated Annealing(SA)</i> yang dirancang untuk Menyelesaikan <i>Traveling Salesman Problem(TSP)</i> , di mana tujuannya adalah menemukan rute teercepat dengan mempertimbangkan kepadatan jalan, Pemilihan Prioritas Pengantaran Paket, dan jumlah lampu lalulintas yang dilalui, Algoritma ini menghasilkan Solusi rute yang mendekati optimal dan lebih adaptif terhadap kondisi lalul intas yang dinamis.
Metode
Sistem ini menggunakan metode Algoritma SA(Simulated Annealing) dalam menemukan rute dengan waktu tempuh tercepat.
HASIL
Dengan Mempertimbangkan Jumlah lampu lalu lintas, Prioritas Pengantaran Peenagntaran Paket, dan jadwal kepadatan jalan, Sehingga menghasilkan Pemilihan rute yang di lebih optimal, yang berdampak pada Waktu tempuh.

Gambar 2 1 Kerangka Berfikir

## BAB III

## METODE PENELITIAN

#### A. Tempat dan Waktu Penelitian

## 1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam kondisi Daring dan Luring dengan melakukan beberapa survei di berbagai titik pengantaran *J&T Express* di Kecamatan Mariso, serta mengumpulkan beberapa jurnal dari penelitian yang terkait. Selain itu, wawancara dilakukan dengan petugas pengiriman *J&T Express* yang bekerja di wilayah Kecamatan Mariso untuk mendapatkan informasi yang lebih mendalam mengenai tantangan dan solusi dalam sistem pengantaran *J&T Express*.

## 2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juni 2025

## Tabel 2 2 Waktu Penelitian

5.	Pembuat Sistem															
6.	Pengujia Sistem															
7.	Penyusun Laporan Akhir															

## B. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang mendukung penelitian ini:

### 1. *Hardware* (Perangkat Keras)

- a. *RAM 16 GB*
- b. *AMD Ryzen 7 6800H with Radeon Graphics*
- c. *Samsung s22+ Snapdragon 8 gen 1*

### 2. *Software* (Perangkat Lunak)

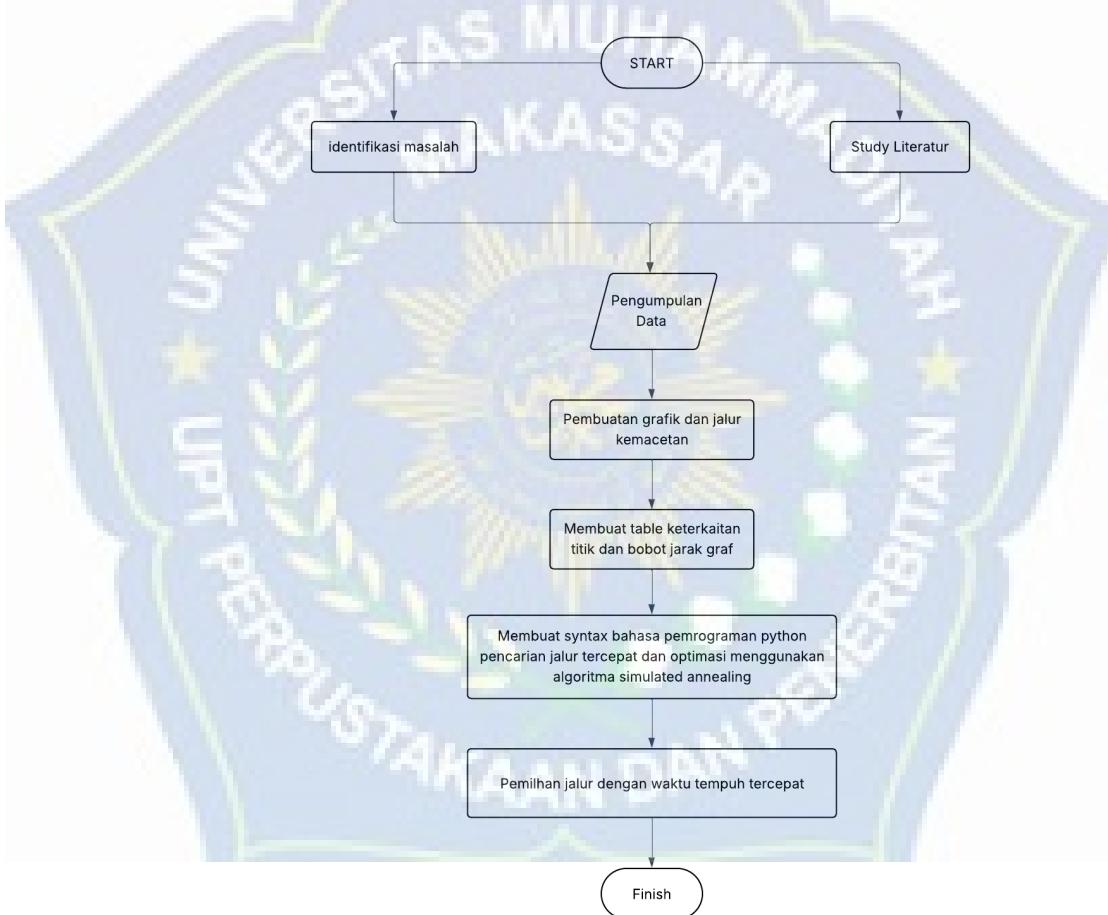
- a. *Windows 11*
- b. *Google collab*
- c. *Phyton*
- d. *Text editor Visual Studio*
- e. *64-bit operating system, x64-based processor*
- f. *Versi 24H2*

## C. Perancangan Sistem

Perancangan sistem adalah tahap krusial dalam pengembangan perangkat lunak, di mana ide-ide serta kebutuhan pengguna mulai diterjemahkan menjadi bentuk rancangan teknis yang lebih nyata dan terstruktur. Tujuan utama dari tahap ini adalah

untuk merancang bagaimana sistem akan bekerja secara keseluruhan, baik dari segi struktur maupun fungsinya.

Dalam proses ini, berbagai elemen penting seperti diagram, skema, hingga spesifikasi teknis yang lebih rinci mulai disusun. Semua itu berfungsi sebagai panduan bagi tim pengembang ketika memasuki tahap implementasi dan pengujian, agar sistem yang dibangun sesuai dengan kebutuhan dan dapat berjalan dengan baik.



Gambar 3 1 perancangan sistem

Penjelasan *Flowchart* :

1. Start

Proses dimulai dari titik awal yang menandakan inisiasi penelitian.

2. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Tahap ini terbagi menjadi dua jalur *parallel* :

a. Identifikasi Masalah

Peneliti mengidentifikasi permasalahan utama, yaitu bagaimana menentukan jalur terpendek dalam sistem pengantaran J&T Express di Kecamatan Mariso. Identifikasi mencakup berbagai variabel seperti kondisi jalan, jumlah titik pengiriman, dan kemungkinan kemacetan. Masalah dipecah menjadi komponen-komponen kecil agar dapat dianalisis lebih efektif.

b. Studi Literatur

Studi ini mencakup penelusuran teori-teori terkait jalur terpendek, graf berbobot, serta algoritma optimasi seperti *Simulated Annealing*. Literatur yang dikaji membantu dalam memahami metode terbaik yang dapat diterapkan dan memberikan referensi ilmiah untuk menyusun pendekatan solusi.

3. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dari berbagai sumber seperti peta digital, dan observasi lapangan. Informasi meliputi lokasi titik pengantaran.

4. Perkiraan waktu tempuh dan kemacetan tidak diperoleh secara *real-time*, melainkan berasal dari data historis dan estimasi rata-rata berdasarkan kondisi umum yang dihimpun peneliti.

5. Membuat Jalur Terpendek

Berdasarkan data lokasi dan estimasi waktu tempuh, dibuat perhitungan awal jalur terpendek. Ini bertujuan untuk membentuk gambaran umum rute optimal secara teoritis sebelum dilakukan optimasi.

6. Membuat Tabel Keterkaitan Titik dan Bobot Jarak Graf

Informasi lokasi dikonversi menjadi graf berbobot, di mana titik-titik (*node*)

mewakili lokasi pengiriman dan sisi (*edge*) mewakili jalan penghubung antar titik. Bobot diberikan berdasarkan jarak dan estimasi waktu tempuh—semakin jauh atau rawan macet, bobotnya makin tinggi.

7. Membuat Syntax Bahasa Python untuk Pencarian Jalur Terpendek dengan Algoritma *Simulated Annealing*

Pada tahap ini dibuat kode *Python* yang mengimplementasikan algoritma *Simulated Annealing*. Algoritma ini bekerja dengan mencari solusi optimal dari berbagai kemungkinan jalur pengiriman, dengan meminimalkan total bobot (jarak + estimasi waktu tempuh).

8. Pemilihan Jalur tercepat berdasarkan rute pengantaran

Hasil akhir dari proses adalah rute optimal yang dapat digunakan oleh kurir J&T Express dalam melakukan pengiriman barang. Jalur ini mempertimbangkan bobot graf yang telah dianalisis sebelumnya.

Namun demikian, jalur ini tidak bersifat dinamis terhadap kondisi lalu lintas *real-time*, karena estimasi waktu tempuh berasal dari data rata-rata atau historis, bukan dari sensor atau sistem pelacakan lalu lintas langsung.

9. Finish

Proses penelitian selesai setelah diperoleh hasil jalur optimal berdasarkan simulasi algoritma.

#### D. Flowchart Algoritma SA (Simulated Annealing)



Gambar 3 2 algoritma simulated annealing

Penjelasan Alur Kerja Algoritma *Simulated Annealing* :

1. Mulai (Inisiasi Proses)

Titik awal eksekusi algoritma *Simulated Annealing*.

2. inisialisasi Solusi awal dan suhu awal

a. Solusi Awal: Menentukan solusi kandidat pertama (bisa *random* atau menggunakan heuristik tertentu)

b. Suhu Awal ( $T_0$ ): Menetapkan suhu tinggi yang memungkinkan penerimaan solusi buruk dengan probabilitas tinggi di awal iterasi

c. Parameter lain: Menentukan suhu minimum, faktor pendinginan, dan jumlah iterasi maksimum.

3. Efaluasi Fungsi objektif

Menghitung nilai fitness atau cost dari solusi saat ini menggunakan fungsi objektif yang telah didefinisikan. Nilai ini akan menjadi acuan untuk perbandingan dengan solusi tetangga.

4. Kondisi Terminasi

Mengecek dua kondisi utama untuk melanjutkan atau menghentikan algoritma:

Suhu > Suhu Minimum: Memastikan suhu belum terlalu rendah

Iterasi belum selesai: Memastikan belum mencapai batas iterasi maksimum.

Jika TIDAK (salah satu kondisi tidak terpenuhi):

→ Algoritma berhenti dan mengeluarkan solusi terbaik yang ditemukan

Jika YA (kedua kondisi terpenuhi):

→ Lanjut ke tahap berikutnya

5. Buat Solusi Tetangga

Menghasilkan solusi baru yang "dekat" dengan solusi saat ini melalui:

a. Mutasi kecil: Mengubah sedikit elemen dari solusi saat ini

b. *Neighborhood operation*: Operasi seperti *swap*, *insert*, atau pertukaran elemen

## 6. Evaluasi fungsi objektif tetangga

Menghitung nilai *fitness/cost* dari solusi tetangga yang baru dibuat untuk dibandingkan dengan solusi saat ini.

## 7. Kriteria Penerimaan

Menentukan apakah solusi tetangga akan diterima atau ditolak:

Jika Solusi Tetangga LEBIH BAIK:

Untuk masalah minimasi:  $f(\text{tetangga}) < f(\text{saat\_ini})$

Untuk masalah maksimasi:  $f(\text{tetangga}) > f(\text{saat\_ini})$

→ Langsung terima solusi (*greedy acceptance*)

Jika Solusi Tetangga TIDAK LEBIH BAIK:

→ Terima dengan probabilitas

### 1. Penerimaan *Probabilistik*

Ketika solusi tetangga lebih buruk, masih ada kemungkinan diterima berdasarkan:

Formula Probabilitas:  $P = e^{(-\Delta E/T)}$

Dimana:

$\Delta E$ : Selisih nilai objektif (*energy difference*)

$\Delta E = f(\text{tetangga}) - f(\text{saat\_ini})$

T: Suhu saat ini (*temperature*)

Karakteristik:

Suhu tinggi: Probabilitas penerimaan solusi buruk tinggi (eksplorasi)

Suhu rendah: Probabilitas penerimaan solusi buruk rendah (eksloitasi)

$\Delta E$  kecil: Solusi yang sedikit lebih buruk memiliki peluang diterima lebih besar

2. *Cooling schedule*

Menurunkan suhu secara bertahap untuk mengontrol transisi dari eksplorasi ke eksplorasi

3. Update Solusi Terbaik

Menyimpan dan memperbarui solusi terbaik yang pernah ditemukan selama proses iterasi:

a. Membandingkan solusi saat ini dengan solusi terbaik global

b. Jika lebih baik, *update* solusi terbaik

c. Solusi terbaik ini yang akan menjadi *output* akhir

4. *Loop* Kembali

Kembali ke tahap pengecekan kondisi terminasi untuk iterasi berikutnya hingga kriteria berhenti terpenuhi.

5. *Output* Solusi terbaik dan selesai

Mengeluarkan solusi optimal atau *near-optimal* yang telah ditemukan sebagai hasil akhir algoritma.

## E. Pengumpulan Data

1. Waktu Tempuh & Jarak : Selama proses pengiriman, catat waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap rute dan jarak sebenarnya yang ditempuh oleh kurir. Pengukuran ini harus dilakukan secara akurat untuk memastikan hasil yang valid.

2. Umpaman Balik Kurir: Kumpulkan informasi dari kurir tentang pengalaman pengiriman mereka, termasuk kemudahan navigasi, tantangan yang dihadapi seperti jumlah lampu lalu lintas yang di lalui, Perkiraan jadwal kemacetan di jam-jam tertentu dan efisiensi rute yang dirasakan. Umpaman balik ini dapat dikumpulkan melalui kuesioner atau wawancara yang dilakukan pasca pengiriman.

3. Analisis Prioritas pengantaran : Kumpulkan Jumlah Pengantaran Paket Setiap Harinya Data ini dikumpulkan untuk mengukur beban kerja kurir di setiap titik

pengantaran. Jumlah paket yang harus diserahkan di tiap lokasi serta estimasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pengantaran dicatat melalui observasi dan wawancara dengan kurir J&T Express

4. Pemetaan Titik Pengantaran ke dalam Struktur Graf Berbobot : Dalam penelitian ini, data titik pengantaran yang diperoleh dari observasi lapangan dan wawancara dengan kurir J&T Express dipetakan ke dalam bentuk graf berbobot. Setiap titik pengantaran dianggap sebagai simpul (*node*), dan setiap jalur penghubung antar titik direpresentasikan sebagai sisi (*edge*). Bobot dari sisi ini ditentukan oleh:

- Estimasi waktu tempuh antar titik (diperoleh dari Google Maps),
- Jumlah lampu lalu lintas yang dilalui,
- Dan bisa juga mempertimbangkan estimasi kemacetan berdasarkan waktu tertentu.

Dengan model graf ini, maka permasalahan pengiriman barang dapat diselesaikan sebagai persoalan *Travelling Salesman Problem* (TSP), yakni mencari urutan titik (simpul) yang menghasilkan total waktu tempuh minimum, tanpa mengunjungi titik yang sama lebih dari satu kali.

Struktur graf inilah yang digunakan sebagai dasar bagi algoritma *Simulated Annealing* dalam mengevaluasi berbagai kemungkinan rute, dengan memanfaatkan bobot graf sebagai *input* untuk menghitung fungsi objektif.

## F. Analisis Data

Setelah proses pengumpulan data selesai, dilakukan analisis untuk menilai kinerja algoritma *Simulated Annealing* (SA) dalam mengoptimalkan waktu tempuh pengiriman. Analisis ini meliputi:

1. Waktu pengiriman yang dioptimalkan yang dicapai melalui algoritma *Simulated Annealing*.

## 2. Menganalisis Prioritas Urutan Pengantaran Paket Melalui Algoritma Simulated Annealing

ini bertujuan untuk melihat apakah algoritma mampu memberikan rute yang lebih cepat atau lebih efisien. Hasil ini akan menjadi dasar untuk menilai seberapa efektif algoritma SA dalam pengambilan keputusan rute yang lebih cepat.

### 1. Statistik Deskriptif

Untuk menggambarkan hasil secara lebih menyeluruh dan mudah dipahami, digunakan beberapa ukuran statistik sederhana, antara lain:

- a. Deviasi standar, yang menunjukkan seberapa besar variasi waktu pengiriman dari satu rute ke rute lainnya,
- b. Persentase kesalahan dalam jarak tempuh, yaitu seberapa lama rute yang dihasilkan oleh algoritma.

### 2. Identifikasi Faktor Eksternal

- a. Prediksi Jadwal Kemacetan di jam-jam tertentu
- b. Kondisi jalan, misalnya adanya perbaikan jalan yang tidak dapat diprediksi.

### 3. Membuat Syntax Bahasa Python terhadap waktu tempuh dalam *system* pengantaran J&T

Tahap selanjutnya adalah realisasi implementasi dari algoritma SA dengan memanfaatkan bahasa pemrograman *Python*. Pemilihan algoritma *Simulated Annealing (SA)*, sebuah metode heuristik yang dikenal luas akan efektivitas dan efisiensinya dalam menangani permasalahan optimasi kombinatorial,

khususnya *Travelling Salesman Problem* (TSP). Esensi dari TSP adalah menemukan Optimasi waktu pengantaran.

#### G. Teknik Pengujian Sisem

Berikut ini adalah penjelasan tentang teknik pengujian mengenai implementasi algoritma SA (*Simulated Annealing*) untuk menentukan rute terpendek dalam sistem pengiriman J&T Express di Kecamatan Mariso Kota Makassar.

##### 1. Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menilai efektivitas algoritma SA dalam menentukan rute dengan waktu tempuh tercepat untuk sistem pengiriman J&T Express di Kecamatan Mariso. Evaluasi ini mencakup beberapa aspek utama, yaitu:

- a. Optimalisasi rute untuk pengiriman: Menilai efektivitas algoritma SA dalam mengatur urutan titik pengiriman secara efisien untuk meminimalkan jarak dan waktu tempuh.
- b. Efisiensi waktu: Mengevaluasi potensi penghematan waktu dalam pengiriman yang dihasilkan algoritma
- c. Evaluasi dilakukan dengan mempertimbangkan performa algoritma saat menghadapi titik-titik pengantaran acak untuk menilai *adaptivitas* terhadap urutan pengantaran yang dihasilkan

Melalui pengujian ini, diantisipasi bahwa algoritma *Simulated Annealing* akan meningkatkan efisiensi operasional *J&T Express*, khususnya dalam mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh rute pengiriman yang padat, bervariasi, dan sering kali tidak selalu optimal ketika hanya mengandalkan metode konvensional berdasarkan jarak terpendek.

##### 1. Metodologi

###### A. Pemilihan dan Pengumpulan Data Lokasi Rute

Lokasi Pengiriman Pemilihan titik dilakukan di Kecamatan Mariso, meliputi berbagai jenis lokasi, seperti:

1. Kantor J&T dan titik distribusi primer.
2. Kawasan permukiman di sepanjang jalan utama atau jalan raya utama.
3. Pertokoan, usaha kecil.

#### B. Data *Geospasial* dan Estimasi Lalu Lintas

1. Sumber data: Peta digital, observasi lapangan, dan data sekunder.
2. Jenis data: Jarak antar titik pengiriman, kondisi jalan utama (tidak termasuk gang sempit), dan estimasi waktu tempuh berdasarkan kondisi lalu lintas historis.
3. Gang sempit, dan jalan dengan halangan tidak permanen tidak termasuk.

#### C. Implementasi Algoritma *Simulated Annealing*:

##### 1. Algoritma & Parameterisasi :

Terapkan algoritma *Simulated Annealing* untuk membuat rute pengiriman berdasarkan titik data, jarak, perkiraan waktu tempuh, dan potensi kemacetan lalu lintas di Distrik Mariso. Parameter utama meliputi:

##### 2. Suhu awal (*initial temperature*)

Suhu awal adalah nilai awal dari "temperatur" dalam *algoritma Simulated Annealing* (SA). Nilai ini memengaruhi kemungkinan menerima solusi yang lebih buruk di awal proses pencarian. Suhu awal yang lebih tinggi meningkatkan peluang untuk mengeksplorasi rentang solusi yang lebih luas.

##### 3. Laju pendinginan (*cooling rate*)

Laju pendinginan adalah parameter yang menentukan kecepatan penurunan suhu selama iterasi algoritma, biasanya direpresentasikan oleh nilai antara 0 dan 1 (misalnya, 0,95 atau 0,99). Nilai yang lebih kecil menghasilkan penurunan suhu yang lebih cepat, yang mengarahkan algoritma untuk beralih dari eksplorasi ke eksloitasi.

#### 4. Fungsi objektif berdasarkan jarak atau estimasi waktu tempuh

Fungsi tujuan digunakan untuk menilai kualitas solusi. Dalam konteks sistem pengiriman, fungsi ini sering kali mewakili total jarak yang ditempuh atau perkiraan waktu tempuh rute yang diambil. Tujuan dari algoritma ini adalah untuk meminimalkan nilai fungsi tujuan ini untuk mengidentifikasi rute tercepat atau terpendek.

Proses simulasi ini untuk perbaikan solusi dilakukan secara berulang, dengan mempertahankan kemungkinan untuk penerimaan solusi sementara yang mungkin lebih rendah, agar tidak terjebak pada solusi lokal.

#### D. Pelaksaan Pengujian Di Lapangan

1. Pemilihan Kurir : Kurir yang di pilih untuk melakukan pengiriman menggunakan rute yang di pilih (tidak termasuk Lorong atau gang sempit).
2. Identifikasi jumlah *Traffic Light*(jumlah lampu lalu lintas) yang berkemungkinan di lalui di rute.
3. Perkiraan jadwal kemacetan (pada jam-jam tertentu) Pada Rute yang di lalui.
4. Ujicoba Algoritma pada dataset kecil (Beberapa titik Pengantaran dari hasil rute yang di pilih) untuk mengetahui bahwa fungsi objektif seperti (total jarak & waktu tempuh) sehingga menghasilkan penerimaan Solusi berjalan baik.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengumpulan Data

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan rute tercepat yang dapat ditempuh oleh kurir dalam proses pengantaran paket J&T Express di wilayah Kecamatan Mariso. Pengumpulan data dilakukan secara sistematis dan terstruktur, diawali dengan pengurusan surat izin penelitian dari pihak kampus sebagai bentuk legalitas pelaksanaan penelitian. Setelah surat izin diterbitkan, dokumen tersebut diajukan ke pihak J&T Express di Kecamatan Mariso sebagai bentuk koordinasi dan permohonan dukungan pelaksanaan penelitian.

Setelah memperoleh persetujuan dan dukungan dari pihak J&T Express, kegiatan penelitian dapat dilaksanakan langsung di lapangan. Prosedur ini dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh proses penelitian berjalan secara resmi dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku, sehingga data yang diperoleh memiliki tingkat validitas yang tinggi, dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, serta bermanfaat bagi pengembangan sistem distribusi logistik yang lebih efisien.

Selain itu, proses pengumpulan data juga dilakukan melalui wawancara dengan kurir J&T Express yang bertugas di wilayah Kecamatan Mariso. Dari wawancara tersebut, diperoleh informasi penting mengenai rute-rute yang paling sering dilalui, kendala yang dihadapi selama proses pengantaran, serta strategi yang digunakan oleh kurir dalam menentukan rute tercepat berdasarkan pengalaman langsung di lapangan. Data tersebut menjadi komponen utama dalam proses pemodelan rute untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan algoritma *Simulated Annealing*.

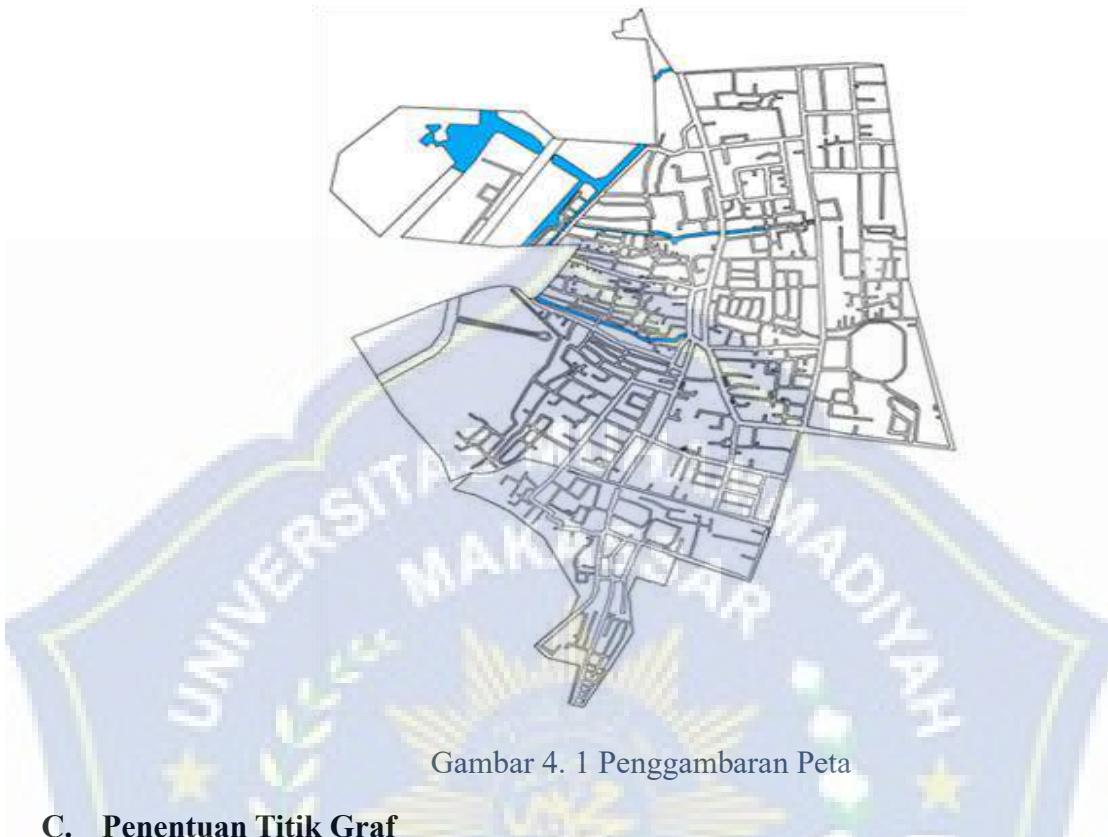
## B. Penggambaran Peta Wilayah

Sebagai bagian dari upaya untuk meningkatkan kecepatan pengiriman pada sistem pengantaran J&T Express di Kecamatan Mariso, dilakukan pemetaan ulang terhadap wilayah pengantaran guna memperoleh hasil yang mendekati akurat. Pemetaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua elemen penting dalam proses distribusi, seperti titik pengantaran, jalan utama, dan keberadaan lampu lalu lintas, terpetakan dengan baik dan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.

Proses pemetaan dilakukan dengan memadukan data sekunder dari peta digital (seperti *Google Maps*) dengan hasil observasi langsung di lapangan. Selain memverifikasi informasi yang sudah ada, pemetaan ini juga memperhatikan dinamika perubahan infrastruktur, seperti pembangunan jalan baru, perubahan arah jalan, atau akses yang tidak dapat dilalui akibat kemacetan atau penutupan jalan sementara. Dengan pendekatan ini, data yang diperoleh menjadi lebih representatif dan relevan dengan kondisi pengantaran saat ini.

Peta yang dihasilkan dari pemetaan ulang ini digunakan sebagai dasar untuk membentuk struktur graf berbobot yang merepresentasikan hubungan antar titik pengantaran. Bobot pada setiap sisi dalam graf dihitung berdasarkan estimasi waktu tempuh, jarak antar titik, serta jumlah lampu lalu lintas yang dilalui. Representasi ini menjadi bagian penting dalam penerapan algoritma *Simulated Annealing* untuk menentukan rute pengiriman yang cepat.

Gambar berikut memperlihatkan hasil pemetaan ulang wilayah Kecamatan Mariso yang difokuskan pada jaringan jalan utama dan titik-titik pengantaran paket *J&T Express* yang menjadi objek dalam skenario optimasi rute:



Gambar 4. 1 Penggambaran Peta

### C. Penentuan Titik Graf

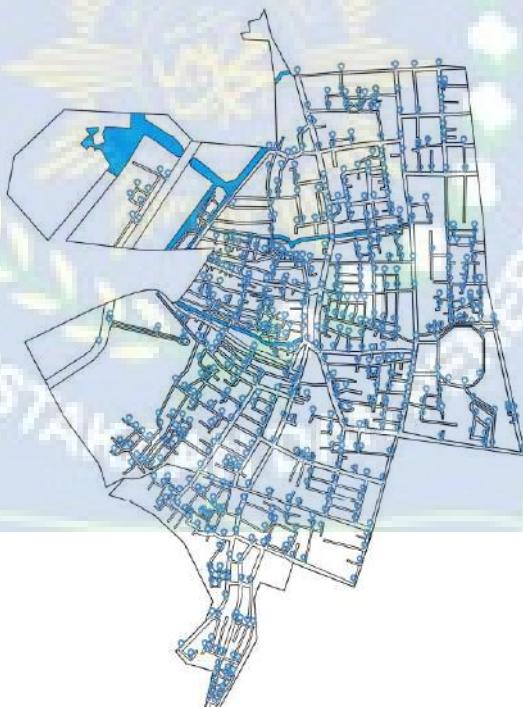
Dalam konteks sistem pengantaran J&T Express di Kecamatan Mariso, setiap titik pembelokan dan persimpangan jalan direpresentasikan sebagai simpul (*node*) dalam struktur graf. Titik-titik ini merupakan lokasi strategis di mana kurir memiliki kemungkinan untuk memilih jalur berbeda berdasarkan arah pengantaran dan kondisi lalu lintas yang dihadapi di lapangan.

Setiap simpul dibentuk berdasarkan lokasi pertemuan dua atau lebih ruas jalan yang memiliki potensi sebagai titik pengambilan keputusan dalam penentuan rute. Hal ini penting karena pada setiap simpul tersebut, kurir dihadapkan pada opsi untuk melanjutkan perjalanan ke berbagai arah, yang masing-masing memiliki konsekuensi terhadap waktu tempuh, jumlah lampu lalu lintas yang dilalui, serta tingkat kemacetan.

Pemetaan simpul dilakukan secara sistematis melalui pengamatan langsung serta referensi dari peta digital, dengan memperhatikan karakteristik jalan utama di

Kecamatan Mariso yang menjadi jalur pengantaran. Dalam visualisasi graf yang dibangun, simpul-simpul ini dihubungkan oleh sisi (*edge*) yang mewakili ruas jalan antar titik. Setiap *edge* memiliki bobot tertentu yang merepresentasikan parameter penting seperti jarak antar titik, estimasi waktu tempuh berdasarkan data historis, serta jumlah lampu lalu lintas yang dilalui pada segmen tersebut.

Gambar peta kawasan di bawah ini memperlihatkan representasi visual dari simpul dan sisi yang membentuk struktur graf pengantaran. Setiap titik biru pada peta menunjukkan lokasi persimpangan atau pembelokan yang telah ditetapkan sebagai simpul. Struktur graf ini menjadi dasar dalam pemodelan *permasalahan Travelling Salesman Problem* (TSP) dan dioptimalkan menggunakan algoritma *Simulated Annealing* untuk menentukan rute dengan waktu tempuh minimum dalam sistem pengantaran J&T Express di Kecamatan Mariso:



Gambar 4. 2 Penempatan titik di belokan dan perempatan

#### **D. Penamaan Titik dalam Struktur Graf**

Penamaan titik-titik dalam graf pengantar J&T Express di Kecamatan Mariso dilakukan secara sistematis untuk memastikan setiap simpul (*node*) dalam graf dapat diidentifikasi dengan jelas, unik, dan konsisten. Proses penamaan ini menggunakan format huruf abjad yang dimulai dari huruf **A** hingga **Z**, di mana setiap titik mendapatkan label unik tanpa pengulangan pada tahap awal.

Setelah abjad mencapai huruf **Z**, penamaan dilanjutkan dengan menambahkan angka di belakang huruf, seperti **A1, A2, A3**, dan seterusnya. Penamaan terus berlanjut hingga jumlah simpul terpenuhi, mengikuti pola bertahap seperti **B1, B2, B3**, dan sebagainya, dengan tetap menjaga struktur berurutan untuk memudahkan pelacakan serta pemetaan graf.

Secara keseluruhan, graf pengiriman ini terdiri dari **675 titik simpul**, yang masing-masing merepresentasikan persimpangan, pembelokan, maupun titik keputusan dalam jaringan pengantaran. Titik terakhir dalam sistem penamaan ini diberi label **M53**, menunjukkan urutan akhir dari proses identifikasi simpul yang dilakukan.



Gambar 4. 3 Penamaan titik graf

Gambar menampilkan peta kawasan dengan penanda berwarna biru dan penamaan titik berwarna merah, di mana setiap titik biru merepresentasikan titik graf yang berjumlah 671 titik. Penamaan titik dimulai dari titik A hingga titik M53, dengan titik F37 merupakan lokasi Kantor Pos Kecamatan Mariso.

#### E. Pengukuran jalan

Dalam penelitian ini, proses pengukuran jalan dilakukan untuk menentukan jarak antar titik simpul (*node*) pada *graf*, yang terdiri dari persimpangan dan belokan jalan di wilayah Kecamatan Mariso. Pengukuran ini mempertimbangkan arah utama pada jaringan jalan, yakni barat, timur, utara, dan selatan. Data hasil pengukuran tersebut digunakan sebagai *input* utama dalam penerapan algoritma optimasi, khususnya *Simulated Annealing*, untuk menentukan rute pengantaran tercepat dalam sistem distribusi J&T Express.

Pendekatan ini bertujuan untuk menghasilkan rute optimal dengan meminimalkan waktu tempuh dan total jarak yang dilalui, melalui pemodelan graf berbobot yang merepresentasikan kondisi nyata dari jaringan jalan yang digunakan kurir J&T Express saat menjalankan proses pengantaran paket.

Langkah-langkah Pengukuran Jalan :

1. Identifikasi Titik-Titik pada *Graf*

Titik-titik simpul pada graf ditempatkan secara sistematis pada lokasi strategis seperti perempatan, pembelokan, dan persimpangan penting yang berada di jaringan jalan utama di Kecamatan Mariso. Penempatan titik-titik ini mempertimbangkan arah dominan arus kendaraan (barat–timur dan utara–selatan), serta keberadaan lampu lalu lintas yang dapat memengaruhi kecepatan tempuh.

2. Setiap simpul merepresentasikan posisi geografis yang secara operasional menjadi titik keputusan

bagi kurir dalam memilih arah perjalanan. Penentuan simpul ini bertujuan untuk menciptakan representasi graf yang akurat terhadap kondisi jalan sebenarnya, sehingga proses optimasi rute yang dilakukan oleh algoritma dapat memperhitungkan kompleksitas navigasi di lapangan secara realistik.

3. Pengukuran Jarak Antar Titik

Pengukuran jarak antar simpul dilakukan dengan mengacu pada data peta digital, seperti Google Maps, guna memperoleh estimasi jarak yang akurat dan representatif terhadap kondisi Lalulintas. Pengukuran ini mengikuti arah horizontal (barat–timur) dan vertikal (utara–selatan), serta mempertimbangkan jalur diagonal apabila struktur jalan menunjukkan belokan kompleks, seperti dari barat laut ke tenggara atau sebaliknya.

Untuk ruas jalan dengan arah lurus, pengukuran dilakukan langsung berdasarkan estimasi jarak tempuh kendaraan. Sementara untuk jalur diagonal atau bercabang, dilakukan pengukuran sesuai jalur aktual kendaraan mengikuti kontur jalan yang tersedia. Pendekatan ini memastikan bahwa bobot antar simpul dalam graf tidak hanya merepresentasikan jarak matematis, tetapi juga mencerminkan kondisi medan yang dilalui oleh kurir.

Dengan demikian, hasil pengukuran ini akan digunakan sebagai nilai bobot pada edge (sisi) dalam struktur graf, yang kemudian menjadi *input* penting dalam evaluasi fungsi objektif pada proses simulasi algoritma *Simulated Annealing* untuk menghasilkan rute pengantaran yang optimal.

#### **F. Simulasi dan Hasil Optimasi Rute Algoritma *Simulated Annealing* Pada Sitem Pengantar J&T Express di kecamatan Mariso**

##### **1. Hasil Pengujian Algoritma**

Pada bagian ini disajikan hasil evaluasi terhadap kinerja *algoritma Simulated Annealing (SA)* dalam menentukan rute pengantaran tercepat untuk kurir J&T Express di Kecamatan Mariso. Pengujian dilakukan secara bertahap melalui beberapa skenario simulasi dengan parameter yang bervariasi, meliputi jumlah titik pengantaran, bobot estimasi waktu tempuh.

Data pengujian diperoleh melalui pendekatan pengukuran jarak antar simpul berdasarkan panjang ruas jalan yang tersedia, serta estimasi waktu tempuh yang diperoleh dari data historis dan observasi lapangan. Analisis dilakukan untuk menilai efektivitas optimasi waktu tempuh yang dicapai.

Penelitian ini menggunakan algoritma Simulated Annealing untuk mencari rute optimal dari suatu titik awal (Titik K35) menuju sejumlah titik tujuan (Titik I50, J32, dan L41) dalam konteks distribusi barang. Pemilihan rute didasarkan pada estimasi waktu tempuh total, yang mencakup faktor jarak, kecepatan kendaraan, kondisi kemacetan, serta waktu delay saat proses drop barang di masing-masing titik.

Kecepatan kendaraan diasumsikan sebagai berikut:

- a. Kecepatan normal: 30 km/jam → 500 meter/menit

Simulasi ini bertujuan untuk mengkaji sejauh mana algoritma SA mampu mengidentifikasi rute yang lebih efisien, serta mengukur pengaruh faktor eksternal seperti estimasi kemacetan pada jam-jam tertentu.

#### 1. Rute Awal dan Perhitungan waktu tempuh

Rute awal yang digunakan dalam eksperimen ini adalah: Titik Awal K35 → Titik I50 → Titik J32 → Titik L41 :

- a. Titik Awal K35 → Titik L41 (Jl.Nuri Baru)

No	Kode Invoice	Nama Penerima	Alamat
1	JX5621478206	Fiti daniyati fall	Jl.Nuri Kompleks Pu RT03,NO5
2	JX5594035965	Fiti Daniyanti sinta	Jl.Nuri Kompleks PU No.2/15 Rt.03 Rw.05
3	JX5587819610	Fiti Daniyati Ajeng	Jl. Nuri Komp.Pu No.2/15 Rt03 Rw.05
4	JX5622651811	R. Ryan Subiakto S	Jl. Nuri Komp PU No.33 RT03 Rw05
5	JX5583897454	Nunoy	Jl. Nuri Lama No 13C
6	-	Justya	Jl.Nuri No.28

4.1 Table Invoice Barang Jl.Nuri Lama

b. Titik L41 → Titik J31 (Kamboja)

No	Kode Invoice	Nama Penerima	Alamat
1	JX5573196466	Kost Taobun	Taobun, Jl. Kamboja No.2 Kost Depan Cafe Taobun
2	JX5603451452	Kost Taobun	Taobun, Jl. Kamboja No.2 Kost Depan Cafe Taobun
3	JX5601579525	Kost Taobun	Taobun, Jl. Kamboja No.2 Kost Depan Cafe Taobun
4	JX5575346175	Kost Taobun	Taobun, Jl. Kamboja No.2 Kost Depan Cafe Taobun

4.2 Table Invoice Barang Jl.Kamboja

c. Titik J31 → Titik I50

No	Kode Invoice	Nama Penerima	Alamat
1	JX5627816852	Rahmat	Coto Depag Jl.Nuri Baru
2	JX5587512188	Riska Amalia	Jl.Nuri Baru No.121
3	JX5616356838	Andi Awaluddin	Jl. Nuri No.4a Bengkel Trijaya
4	JX5594823646	Dani	Jl.Nuri Baru No.48
5	JX5584641438	Break Means	Jl. Nuri Baru

4.3 Table Invoice Barang Jl.Nuri Baru

d. Hasil Rute Algoritma K35(Titik Awal) → Titik L41 → Titik J31 → Titik I50

2. Mekanisme Kerja Algoritma

Setelah menentukan rute awal K35 → I50 → J32 → L41 sebagai rute Manual, algoritma Simulated Annealing (SA) digunakan untuk mengevaluasi beberapa kemungkinan pertukaran urutan titik pengiriman, dengan tujuan untuk meminimalkan total waktu tempuh keseluruhan. Evaluasi ini mempertimbangkan jarak antar titik,

status kemacetan pada masing-masing segmen jalan, serta waktu delay saat proses drop barang ke costumer.

Simulasi memperhitungkan kecepatan kendaraan yang dibedakan berdasarkan kondisi lalu lintas:

- a. Kecepatan normal: 30 km/jam

Algoritma Simulated Annealing dalam penelitian ini diterapkan untuk mencari urutan rute pengantaran yang paling optimal berdasarkan waktu tempuh dan kondisi kemacetan. Proses dimulai dari titik awal K35 (lokasi JNT Express) dan diarahkan menuju beberapa titik lokasi pengantaran, yaitu Titik L41, J31 dan I50. Mekanisme pencarian dilakukan dengan cara menukar urutan titik tujuan secara acak dan mengevaluasi setiap kemungkinan rute berdasarkan total waktu tempuh serta delay akibat kemacetan.

Untuk mencari kemungkinan rute yang lebih optimal, algoritma SA melakukan pertukaran urutan titik pengiriman secara acak dan mengevaluasi setiap kombinasi berdasarkan total waktu tempuh serta delay akibat kemacetan.

Hasil Optimasi yang di Proleh :

- a. Hasil dari proses optimasi menunjukkan bahwa urutan rute terbaik adalah sebagai berikut :

K35 → L41 → J31 → I50

Urutan ini di anggap optimal karena :

- b. Mampu meminimalkan total waktu tempuh menjadi 19.12 menit, dengan total jarak 1.706 meter dan delay berhenti sebesar 13 menit.
- c. Menghindari Jalur Berulang *backtracking*.
- d. Mempertimbangkan kondisi kemacetan pada jam sibuk, di mana sebagian besar ruas jalan yang dilalui adalah non-macet, dan rute yang melewati jalan macet hanya dipilih jika tidak ada alternatif lebih baik.

### 3. Pemilihan Jalur Berdasarkan Algoritma SA

Titik Utama K35 :

- a. K35 → L41

Jalur yang dihasilkan adalah:

**K35 → K39 → K40 → K41 → L4 → L5 → L42 → L41**

Rute ini melewati Jl. Baji Minasa dan Jl. Nuri Baru, yang sebagian besar statusnya macet, dengan satu titik berhenti di L42 ke L41 menyebabkan delay berhenti selama 3 menit.

- b. L41 → J31

Jalur yang dihasilkan adalah :

**L41 → L7 → L6 → L40 → J44 → J43 → J42 → L31 → L30 → L29 → J22 → J21 → J20 → J16 → J15 → J32 → J31**

Rute ini melalui jalan alternatif seperti Jl. Nuri Baru, Jl. Anggrek I & II, dan Jl. Dahlia. Secara umum, rute ini lancar meskipun tidak terdapat titik kemacetan yang menyebabkan penurunan kecepatan di J15, namun menyebabkan delay berhenti 3 menit.

- c. J32 → I50

Jalur yang dihasilkan adalah:

**J32 → J31 → J30 → J25 → J27 → J26 → J24 → I50**

Rute ini melewati Jl. Matahari, Jl. Nusa Indah 1, dan Jl. Nuri, dengan beberapa titik macet dan mengalami penurunan kecepatan namun tidak berdampak pada waktu tempuh.

No.	Titik Asal	Titik Tujuan	Nama Jalan	Jarak (m)	Macet	Waktu Tempuh (mnt)	Delay Berhenti (mnt)
1	K35	K39	Jl. Baji Minasa	216	Ya	1.3	0
2	K39	K40	Jl. Baji Minasa	44	Ya	0.26	0
3	K40	K41	Jl. Baji Minasa	34	Ya	0.2	0
4	K41	L4	Jl. Baji Minasa	80	Ya	0.48	0
5	L4	L5	Jl. Baji Minasa	48	Ya	0.29	0
6	L5	L42	Jl. Baji Minasa 2	88	Tidak	0.13	0
7	L42	L41	Jl. Nuri Baru	41	Ya	0.25	6
8	L41	L7	Jl. Nuri Baru	95	Ya	0.57	0
9	L7	L6	Jl. Nuri Baru	82	Ya	0.49	0
10	L6	L40	Jl. Nuri Baru	55	Tidak	0.08	0
11	L40	J44	Jl. Anggrek I	85	Tidak	0.13	0
12	J44	J43	Jl. Anggrek I	32	Tidak	0.05	0
13	J43	J42	Jl. Anggrek I	44	Tidak	0.07	0

Tabel 4. 4 Rincian Jalur Pengantaran Algoritma SA

14	J42	L31	Jl. Anggrek II	59	Tidak	0.09	0
15	L31	L30	Jl. Anggrek II	25	Tidak	0.04	0
16	L30	L29	Jl. Anggrek II	42	Tidak	0.06	0
17	L29	J22	Jl. Dahlia	68	Tidak	0.1	0
18	J22	J21	Jl. Dahlia	37	Tidak	0.06	0
19	J21	J20	Jl. Dahlia	25	Tidak	0.04	0
20	J20	J16	Jl. Dahlia	93	Tidak	0.14	0
21	J16	J15	Jl. Dahlia	49	Ya	0.29	0
22	J15	J32	Jl. Seruni	110	Tidak	0.16	3
23	J32	J31	Jl. Matahari	45	Tidak	0.07	0
24	J31	J30	Jl. Matahari	43	Tidak	0.06	0
25	J30	J25	Jl. Matahari	49	Tidak	0.07	0
26	J25	J27	Jl. Nusa Indah 1	54	Ya	0.32	0
27	J27	J26	Jl. Nuri	15	Tidak	0.02	0
28	J26	J24	Jl. Nuri	23	Ya	0.14	0
29	J24	I50	Jl. Nuri	25	Ya	0.15	4

Tabel 4. 5 Rute Optimal Hasil Simulated Annealing

Tujuan	Titik Awal	Titik Akhir	Jarak(m)	Waktu Tempuh Algoritma Simulated Annealing
Tujuan 1	K35	L41	646	6 Menit 12 detik
Tujuan 2	L41	J31	915	
Tujuan 3	J31	I50	145	
Total	-		1706	

Tabel 4.6 Ringkasan Perjalanan pertujuan



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Kinerja algoritma Simulated Annealing menunjukkan bahwa SA memberikan hasil dengan waktu tempuh 6 menit 12 detik. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa penerapan algoritma Simulated Annealing tidak hanya relevan dalam konteks akademis sebagai penyelesaian masalah *Travelling Salesman Problem* (TSP), tetapi juga membuktikan efektifitas dalam distribusi logistik khususnya J&T Express, dalam mendukung peningkatan kinerja distribusi barang pada wilayah dengan kepadatan lalu lintas seperti Kecamatan Mariso.

#### B. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Integrasi Real-Time Traffic Data:

Untuk meningkatkan akurasi estimasi waktu tempuh, sebaiknya sistem diintegrasikan dengan data lalu lintas real-time seperti dari Google Traffic atau API navigasi lainnya.

2. Optimasi Berbasis Kategori Paket:

Tambahkan logika prioritas berdasarkan jenis layanan (reguler vs kilat) atau berat paket, sehingga algoritma mempertimbangkan urutan berdasarkan urgensi pengantaran.

3. Perbandingan dengan Algoritma Lain:

Lakukan eksperimen pembanding dengan algoritma heuristik lainnya seperti Genetic Algorithm atau Ant Colony Optimization untuk mengetahui kelebihan dan kelemahan relatif Simulated Annealing.

4. Visualisasi Hasil:

Penerapan visualisasi hasil rute dalam bentuk peta interaktif atau GUI sederhana akan sangat membantu stakeholder J&T Express dalam memahami manfaat sistem.

5. Automatisasi Sistem Logistik J&T:

Penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan sistem navigasi otomatis untuk kurir J&T berbasis algoritma optimasi, yang diintegrasikan ke dalam sistem logistik mereka.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aliftian Nantigiri, M. H., Handayani, S., & Veronica, V. (2021). Pengaruh Brand Image, Harga, Dan Ketepatan Waktu Pengiriman Terhadap Keputusan Pembelian Pada Jasa Pengiriman J&T Express Cabang Bekasi Tahun 2021. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi Dan Logistik*, 7(2), 181–192. <https://doi.org/10.54324/j.mbtl.v7i2.660>
- Anshari, N., Hafizh, M. A., Putri, E. R., & Sihananto, A. N. (2024). Metode Simulated Annealing untuk Optimasi Biaya Operasional Penerbangan. 4, 33–38.
- ARIADI, R. (n.d.). *Rahmat ariadi*.
- Chairani, C., Jaya, I., & Cipta, H. (2021). Optimasi Waktu Tunggu Total Dengan Metode Webster dalam Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso. *FARABI: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 4(2), 175–180. <https://doi.org/10.47662/farabi.v4i2.226>
- Fatikawati, indah, Syaripuddin, & Huda, M. N. (2023). Implementasi Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek Pendistribusian Barang PT. J&T Samarinda. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 2(2), 12–21.
- Jurnal*. (n.d.).
- jurnal RESKI*. (n.d.).
- KHURROHMAN, T. (2023). Pelanggan Pada Jasa Pengiriman J & T Express Cabang Tanon. *Jurnal Ekonomi Manajemen*, 136, 136.
- Makassar, B. P. S. K. (2022). *Kecamatan yyyyy dalam angka*. xx.
- Puja Kekal, H., Gata, W., Nurdiani, S., Setio Rini, A. J., & Sely Wita, D. (2021). Analisa Pencarian Rute Tercepat Menuju Tempat Wisata Pulau Kumala Kota Tenggarong Menggunakan Algoritma Greedy. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 7(1), 9–15. <https://doi.org/10.35329/jiik.v7i1.179>
- Putera, I. M. W., Bandung, I. T., & Bandung, J. G. (2025). *Optimasi Sistem Lampu Lalu Lintas dengan Teori Graf untuk Meningkatkan Arus Lalu Lintas di Persimpangan Buah Batu – Soekarno Hatta , Bandung*. 2018.
- Rachman, L. A. (2023). PENGARUH KETEPATAN WAKTU DAN KEAMANAN BARANG TERHADAP KEPUASAN KONSUMEN PENGGUNA JASA EKSPEDISI DALAM PERSPEKTIF BISNIS ISLAM (Studi Pada J&T Express Drop Point Jl. Gatot Subroto Pahoman Bandar Lampung). *Jurnal Artikel*, 13(1), 104–116.
- Rizki Putra Sinaga, & Faridawaty Marpaung. (2023). Perbandingan Algoritma

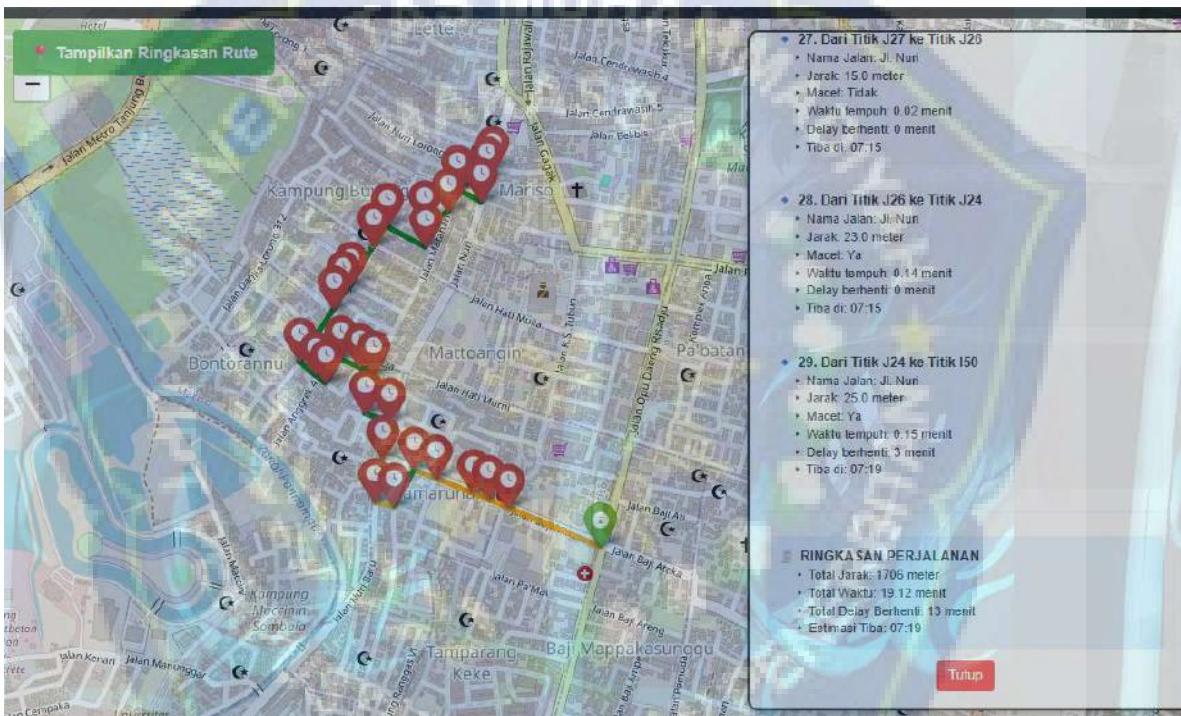
Cheapest Insertion Heuristic Dan Nearest Neighbor Dalam Menyelesaikan Traveling Salesman Problem. *Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(2), 238–247. <https://doi.org/10.55606/jurrimipa.v2i2.1614>

Sadrakh Zefanya Putra, Shasabila Titanie Harianto, & Yabes Christian Matondang. (2023). Analisis Pengaruh E-Commerce: Studi Literatur Terhadap Pertumbuhan Ekonomi UMKM. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(2), 119–131. <https://doi.org/10.55606/juisik.v3i2.494>

Saputra, M. A., Rahim, A., Romadhoni, M. K., & Burhan, M. S. (2025). *Penyelesaian Traveling Salesman Problem Dengan Algoritma Ant Colony Menggunakan Multi Processing dan Multi Threading Parallel Programming*. 4(1), 171–178. <https://doi.org/10.31284/p.semtik.2025-1.7008>

Tani, F., Warsito, A., & Lapono, L. A. S. (2022). Kajian Optimasi Rute Terpendek Menggunakan Metode Simulated Annealing untuk Distribusi Obat pada Jaringan Apotek Kimia Farma di Kota Kupang. *Magnetic: Research Journal Of Physics and It's Application*, 2(2), 179–187.

Yaqin, A., Setiyowati, D. F., Yuliandari, D., Ningsih, F. S., Fitriyah, L., Putri, M. A. A., Oktaviani, R. D., Aguzzawa, R. F., Ruliyani, R., & Fathoni, M. I. A. (2023). Penerapan Teori Graf pada Pengaturan Lampu Lalu Lintas di Perempatan Alun Alun Kota Bojonegoro. *Buana Matematika : Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 13(2), 125–136.  
<https://doi.org/10.36456/buanamatematika.v13i2.6509>





```
> <v>
    ✓ import pandas as pd
    import networkx as nx

    # 1. Baca data dari Sheet1
    df = pd.read_excel("data_fix.xlsx", sheet_name="Sheet1")

    # 2. Buat graph kosong
    G = nx.DiGraph() # gunakan DiGraph karena arah penting (utara, timur, dst)

    # 3. Proses setiap baris
    for idx, row in df.iterrows():
        titik = row["Titik"]

        for arah in ["Utara", "Timur", "Selatan", "Barat"]:
            kol_jalur = f"Jalur {arah}"
            kol_nama = f"Nama Jalan {arah}"
            kol_jarak = f"Jarak {arah}"

            tujuan = row[kol_jalur]
            if pd.notna(tujuan) and tujuan != "-":
                nama_jalan = row[kol_nama]
                # Ambil nilai jarak dan beri tanda jika bukan angka
                jarak_raw = row[kol_jarak]
                try:
                    jarak = float(jarak_raw)
                except (ValueError, TypeError):
                    jarak = 0 # Jika gagal parsing, dianggap 0

                # Tambahkan edge ke graph
                G.add_edge(titik, tujuan, nama_jalan=nama_jalan, jarak=jarak)

        # Cek hasil
        print(f"Jumlah nodes: {G.number_of_nodes()}")
        print(f"Jumlah edges: {G.number_of_edges()}")

    # Contoh: lihat edge dari Titik A
    for u, v, attr in G.edges(data=True):
        print(f"({u}) --> ({v}) : {attr}")
```

```
import pandas as pd
from datetime import datetime, timedelta

# Fungsi bantu: ubah string jam menjadi objek datetime
def jam_ke_datetime(jam_str):
    return datetime.strptime(jam_str, "%H:%M")

# Fungsi bantu:ambil rentang macet dari baris
def ambil_rentang_macet(baris, time_cols):
    rentang = []
    mulai = None
    for waktu in time_cols:
        if baris[waktu] == 1:
            if mulai is None:
                mulai = jam_ke_datetime(waktu)
            else:
                if mulai is not None:
                    akhir = jam_ke_datetime(waktu)
                    rentang.append((mulai, akhir))
                    mulai = None
    if mulai is not None:
        akhir = jam_ke_datetime(time_cols[-1])
        rentang.append((mulai, akhir))
    return rentang

# Baca file kemacetan
df_kemacetan = pd.read_excel("data_fix.xlsx", sheet_name="Sheet2")

# Ambil nama titik dan jam
time_cols = df_kemacetan.columns[5:] # Kolom waktu dimulai dari kolom ke-5

# Buat dictionary: { 'Titik A': [(07:00, 09:25), (12:00, 13:25)], ... }
rentang_macet_dict = {}
for idx, row in df_kemacetan.iterrows():
    titik = row['Titik'].strip()
    rentang_macet_dict[titik] = ambil_rentang_macet(row, time_cols)

def waktu_dalam_rentang(waktu_dt, daftar_rentang):
    for mulai, akhir in daftar_rentang:
        if mulai <= waktu_dt < akhir:
            return True
    return False
```

```
# Baca Sheet2 (macet & koordinat)
df_macet = pd.read_excel("data_fix.xlsx", sheet_name="Sheet2")

# Buat mapping titik > lat/lon
koordinat_map = {
    row["titik"] : {"lat": row["LATTITUDE"], "lon": row["LONGITUDE"]}
    for _, row in df_macet.iterrows()
}

# Tambahkan lat/lon ke node dalam graph
for titik in G.nodes:
    if titik in koordinat_map:
        G.nodes[titik]["lat"] = koordinat_map[titik]["lat"]
        G.nodes[titik]["lon"] = koordinat_map[titik]["lon"]

# Ambil semua kolom waktu (asumsikan kolom setelah kolom ke-4)
time_columns = df_macet.columns[5:] # kolom waktu mulai dari indeks ke-5

# Buat mapping: nama_jalan -> list status kemacetan
macet_map = {}
for _, row in df_macet.iterrows():
    nama_jalan = str(row["NAMA JALAN"]).strip().lower()
    status_list = row[time_columns].tolist()
    macet_map[nama_jalan] = status_list

# Tambahkan ke edge dalam G.edges
for u, v, data in G.edges(data=True):
    nama_jalan = str(data["nama_jalan"]).strip().lower()
    if nama_jalan in macet_map:
        data["kemacetan"] = macet_map[nama_jalan]
    else:
        # jika tidak ditemukan, isi dengan list 0 (tidak macet semua)
        data["kemacetan"] = [0] * len(time_columns)
```

```
def hitung_waktu_tempuh_dengan_jalur(route, G, jam_mulai=0, kecepatan_kmh=30):
    baseline_srn = menit_ke_jam(jam_mulai, baseline="07:00") # "menit_ke_jam" is not defined
    waktu_sekarang = jam_mulai # menit sejak 07:00
    total_jarak = 0
    total_delay = 0
    detail_rute = []

    tujuan_set = set(route[1:]) # Semua titik tujuan selain titik awal

    for i in range(len(route)-1):
        asal = route[i]
        tujuan = route[i+1]

        try:
            path = nx.shortest_path(G, asal, tujuan, weight="jarak")
        except nx.NetworkXNoPath:
            raise ValueError(f"Tidak ada jalur dari {asal} ke {tujuan}")

        for j in range(len(path)-1):
            titik1, titik2 = path[j], path[j+1]
            edge = G[titik1][titik2]
            jarak = edge["jarak"]
            nama_jalan = edge["nama_jalan"]

            waktu_tiba_dt = datetime.strptime("07:00", "%H:%M") + timedelta(minutes=waktu_sekarang)

            daftar_rentang = rentang_macet.jict.get(titik2, [])
            is_macet = waktu_dalam_rentang(waktu_tiba_dt, daftar_rentang)

            # jika macet, kecepatan menjadi 10 km/jam
            kecepatan_aktual = 10 if is_macet else kecepatan_kmh
            waktu_tempuh = (jarak / 1000) / kecepatan_aktual * 60 # menit

            waktu_sekarang += waktu_tempuh

            delay_berhenti = 0
            if titik2 in tujuan_set:
                delay_berhenti = random.randint(3, 7) # "random" is not defined
                waktu_sekarang += delay_berhenti
                total_delay += delay_berhenti

            total_jarak += jarak

            detail_rute.append({
                "asal": titik1,
                "tujuan": titik2,
```





PERPUSTAKAAN DAN PENGETAHUAN

# BAB I Andika Saputra

## 105841100521

*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 21-Aug-2025 08:32AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2732634139

**File name:** BAB\_I\_16.docx (23.34K)

**Word count:** 988

**Character count:** 6849

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. LATAR BELAKANG

Distribusi merupakan salah satu elemen vital dalam rantai logistik, khususnya dalam kegiatan pengantaran barang dari perusahaan ke konsumen. Dalam praktiknya, proses distribusi menuntut efisiensi tinggi untuk menghindari keterlambatan yang dapat memengaruhi kepuasan pelanggan. Salah satu faktor penting dalam perencanaan distribusi adalah waktu tempuh, yang dipengaruhi oleh berbagai kondisi di lapangan seperti kemacetan, jumlah titik pengantaran, kondisi jalan, serta keberadaan lampu lalu lintas.(Rowan, 2025)

Di wilayah padat seperti Kecamatan Mariso, Kota Makassar, kurir pengiriman seperti J&T Express menghadapi tantangan kompleks dalam menentukan urutan titik pengantaran. Penentuan rute secara manual sering kali menyebabkan ketidakefisienan waktu tempuh dan rute yang tidak optimal, yang pada akhirnya berdampak pada keterlambatan, peningkatan beban kerja, dan menurunnya efektivitas layanan.

Permasalahan seperti ketidakstabilitan rute, tekanan waktu, dan beban kerja berlebih dapat meningkatkan risiko kesalahan operasional, baik dari sisi keterlambatan maupun ketidakefisienan pelayanan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistematis berbasis teknologi untuk mengoptimalkan urutan pengantaran berdasarkan faktor-faktor real-time dan terukur, bukan sekadar berdasarkan intuisi atau kebiasaan kurir.

Salah satu pendekatan yang relevan dan efektif untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah penerapan algoritma optimasi *Simulated Annealing* (SA). Algoritma ini dikenal mampu

menyelesaikan persoalan kombinatorial seperti *Travelling Salesman Problem* (TSP), yang juga merupakan permasalahan utama dalam sistem distribusi pengantaran barang. Dengan mengimplementasikan SA, perusahaan pengiriman dapat menentukan rute paling efisien berdasarkan estimasi waktu tempuh, jumlah titik pengantaran, dan faktor eksternal lainnya.

Melalui optimasi rute yang tepat, tidak hanya waktu tempuh yang dapat dikurangi, tetapi juga beban kerja kurir menjadi lebih terkendali, risiko kesalahan menurun, dan kualitas layanan pengiriman meningkat secara keseluruhan. Penerapan teknologi seperti ini tidak hanya memberikan nilai tambah dari sisi operasional, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan ketepatan layanan dan efisiensi sistem logistik secara menyeluruh.

### B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh faktor eksternal seperti kemacetan dan lampu lalu lintas terhadap total waktu tempuh pengantaran pada rute yang dihasilkan oleh algoritma?
2. Bagaimana kinerja algoritma *Simulated Annealing* dalam menentukan rute pengiriman dengan waktu tempuh minimum dibandingkan dengan rute yang selalu dilalui oleh kurir pada skenario yang sama?

### C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh faktor-faktor dinamis seperti jadwal kemacetan dan keberadaan lampu lalu lintas terhadap efektivitas rute pengantaran yang dihasilkan.
2. Membandingkan kinerja algoritma *Simulated Annealing* dalam mengoptimalkan waktu tempuh pengiriman dengan pendekatan konvensional berbasis Optimasi waktu tempuh tercepat pada skenario pengantaran yang sama.

## D.Manfaat Penelitian

### 1. Bagi Peneliti

Penelitian ini memberikan manfaat dalam pengembangan pengetahuan dan keterampilan di bidang algoritma optimasi, khususnya *Simulated Annealing*, serta penerapannya dalam permasalahan nyata seperti distribusi logistik. Selain itu, peneliti memperoleh pengalaman langsung dalam pemodelan permasalahan rute menggunakan data dinamis dan pemrograman *Python*, serta dapat mengevaluasi kinerja algoritma berdasarkan parameter waktu tempuh dan efisiensi rute.

### 2. Bagi J&T

Penelitian ini dapat memberikan solusi strategis untuk meningkatkan efisiensi operasional pengantaran barang di wilayah padat seperti Kecamatan Mariso. Dengan adanya rute yang dioptimalkan berdasarkan kondisi lalu lintas yang dinamis, *J&T* dapat mengurangi waktu pengantaran, menghemat bahan bakar, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Hasil dari penelitian ini juga dapat menjadi dasar dalam pengembangan sistem logistik berbasis teknologi cerdas untuk pengambilan keputusan rute secara otomatis.

## E. Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian ini lebih terfokus dan tidak meluas, maka ruang lingkup penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

### 1. Fokus Penelitian

Penelitian ini berfokus pada optimasi waktu pada sistem pengantaran paket oleh layanan *J&T* di wilayah Kecamatan Mariso, Kota Makassar. Pemilihan Kecamatan Mariso didasarkan pada kompleksitas rute yang tinggi, termasuk kepadatan lalu lintas dan variasi titik pengantaran,

sehingga relevan untuk penerapan algoritma *Simulated Annealing* sebagai pendekatan dalam penyelesaian permasalahan *Travelling Salesman Problem* (TSP).

## 2. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah sistem pengantaran paket yang dilakukan oleh *J&T* di Kecamatan Mariso. Studi ini mengkaji efisiensi waktu pengiriman paket berdasarkan perbandingan antara pendekatan konvensional berbasis jarak terpendek dan hasil optimasi menggunakan algoritma *Simulated Annealing*, dengan mempertimbangkan estimasi waktu tempuh berdasarkan kondisi lalu lintas.

## 3. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi hanya pada perhitungan rute optimal dalam lingkup wilayah Kecamatan Mariso. Data yang digunakan mencakup titik-titik pengantaran aktual, peta jalan utama (jalan raya dan jalan poros besar), serta estimasi lalu lintas yang diperoleh dari observasi dan simulasi penulis. Beberapa batasan yang diterapkan dalam penelitian ini antara lain:

- a) Tidak mempertimbangkan jalan kecil atau lorong sempit yang bersifat dinamis atau berpotensi mengalami gangguan, seperti acara warga atau penutupan jalan mendadak.
- b) Tidak memperhitungkan kondisi cuaca.
- c) Perkiraan kemacetan dan waktu tempuh tidak bersifat *real-time*, melainkan berdasarkan data historis yang dikumpulkan oleh penulis.
- d) Tidak Memperhitungkan pelayanan berbasis *Cash on delivery (COD)*.

Dengan adanya batasan ruang lingkup ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan analisis yang lebih terfokus dan mendalam dalam merancang rute pengiriman yang optimal. Implementasi algoritma *Simulated Annealing* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional pengantaran di wilayah tersebut.

## F. Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun dalam beberapa bab dengan uraian sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian,

ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan sebagai dasar pengantar penelitian.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas landasan teori yang relevan, kajian penelitian terdahulu, serta kerangka berpikir yang digunakan untuk merumuskan arah dan dasar konseptual dari penelitian.

## BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode yang digunakan dalam penelitian, mencakup pendekatan penelitian, teknik pengumpulan data, serta tahapan analisis yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil dari pengumpulan data, analisis, serta implementasi algoritma *Simulated Annealing* dalam sistem pengantaran J&T Express di Kecamatan Mariso. Di dalamnya dijelaskan tahapan pemetaan wilayah, penentuan titik graf, pengukuran jarak, serta simulasi rute pengiriman berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Bab ini juga membandingkan antara rute manual yang biasa dilalui kurir dengan rute hasil optimasi, serta mengevaluasi efektivitas algoritma dalam meminimalkan waktu tempuh dan meningkatkan efisiensi distribusi.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang dapat dijadikan acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya. Kesimpulan dirumuskan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, sedangkan saran ditujukan baik untuk pihak J&T Express sebagai pengguna sistem, maupun bagi peneliti lain yang ingin melanjutkan penelitian dalam bidang optimasi rute pengiriman.

---

ORIGINALITY REPORT

---

6%  
SIMILARITY INDEX

6%  
INTERNET SOURCES

2%  
PUBLICATIONS

6%  
STUDENT PAPERS

---

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

---

7%

★ eprints.pktj.ac.id

Internet Source

---

Exclude quotes

On

Exclude matches

< 2%

Exclude bibliography

On



# BAB II Andika Saputra

## 105841100521

by Tahap Tutup

---

**Submission date:** 21-Aug-2025 08:33AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2732634745

**File name:** BAB\_II\_15.docx (163.27K)

**Word count:** 3978

**Character count:** 25885

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Landasan Teori

##### 1. J&T Express

<sup>5</sup> Perkembangan industri jasa pengiriman saat ini sedang berkembang pesat di Indonesia. Peran dari jasa pengiriman sangat dibutuhkan karena banyak masyarakat yang melakukan pengiriman barang atau pun berbelanja melalui *online* atau *E-commerce*. Konsumen di Indonesia kini memiliki lebih banyak pilihan untuk pengiriman barang seiring dengan bertambahnya jumlah penyedia jasa pengiriman barang. Keberadaan jasa pengiriman barang sangat membantu masyarakat umum dan tentunya juga sangat membantu para pebisnis.(Aliftian Nantigiri et al., 2021)

<sup>7</sup> J&T Express merupakan salah satu perusahaan jasa pengiriman barang yang didirikan pada tahun 2015 oleh Jet Lee dengan nama resmi PT. Global Jet Express dan mulai beroperasi pada awal September 2015. Mereka mendirikan J&T Express dengan melihat peluang dunia pendistribusian barang di Indonesia belum cukup maju dan penerima barang sering mengalami keterlambatan dalam menerima paketnya dan tidak sesuai dengan jadwal yang ditentukan.(Fatikawati et al., 2023)

<sup>3</sup> Pada era modern ini, kita dapat menemui pengaruh teknologi pada setiap lini kehidupan. Salah satu bentuk bentuk teknologi yang sering kita jumpai adalah *e-commerce*. *E-commerce* muncul sebagai bentuk kemajuan dari tempat jual beli yang biasanya kita panggil sebagai pasar. *E-commerce* ini memiliki banyak keunggulan yang tidak dapat kita temui saat kita berada di pasar konvensional. Oleh karena itu, sebagian besar orang yang bertindak sebagai konsumen memilih *e-commerce* dibandingkan mengunjungi pasar konvensional. Namun, dengan munculnya *E-commerce* akan berdampak pada UMKM. UMKM yang berdiri sebagai usaha kecil masyarakat dapat mengalami fluktuasi perubahan yang dinamis pada pertumbuhan ekonomi.(Sadrakh Zefanya Putra et al., 2023)

Menurut Moenir, pelayanan dalam jasa pengiriman barang melibatkan serangkaian aktivitas yang dilakukan oleh individu maupun kelompok. Aktivitas ini berlandaskan pada prinsip yang berkaitan dengan aspek material, seperti barang atau paket yang dikirim, serta menggunakan sistem, prosedur, dan metode yang terorganisir. Tujuan utama dari pelayanan ini adalah untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen dengan memastikan bahwa barang yang dikirimkan tiba tepat waktu, aman, dan dalam kondisi baik.(ARIADI, n.d.)

Dalam menyelesaikan masalah TSP dalam skenario nyata seperti pengantaran barang oleh J&T Express di wilayah padat seperti Kecamatan Mariso, dibutuhkan algoritma yang mampu menghadapi kompleksitas tinggi dan variabel dinamis seperti jadwal kemacetan, lampu lalu lintas, untuk mengoptimalkan pengantaran paket.

Keterlambatan ini berpotensi menurunkan tingkat kepuasan pelanggan dan kepercayaan terhadap layanan pengiriman, khususnya terhadap citra *J&T Express*. Meskipun J&T menawarkan tarif pengiriman yang kompetitif, jika kondisi ini terus terjadi, maka loyalitas pelanggan dan reputasi merek J&T dapat terancam.

#### 1. Kepuasan Pengguna Terhadap Layanan J&T Express Berdasarkan Data Top Brand



Gambar 2 1 Tingkat kepuasan pelayanan kurir

Sumber : Top Brand Indeks

Berdasarkan data Top Brand di atas, terlihat bahwa *J&T Express* mengalami peningkatan penggunaan jasa pengiriman antara tahun 2023 dan 2024. Pada tahun 2023, *J&T Express* berhasil menduduki peringkat No.1 dan menjadi perusahaan jasa pengiriman Indonesia terpopuler dengan 33,30% pengguna. Selanjutnya, dalam data Top Brand tahun 2024, tingkat penggunaan layanan *J&T Express* meningkat tajam menjadi 50,90%, mengungguli layanan kurir lainnya seperti JNE Express yang hanya memperoleh 11,50%. Kenaikan ini menunjukkan meningkatnya kepercayaan konsumen terhadap layanan *J&T Express*. Sebaliknya, penurunan yang dialami *JNE Express* dapat mengindikasikan adanya tantangan dalam menjaga kualitas layanan dan kepuasan pelanggan.

#### 1. Algoritma SA (*Simulated Annealing*)

Algoritma *Simulated Annealing* (SA) adalah suatu teknik yang tangguh untuk menyelesaikan masalah optimisasi kombinatorial yang berat tanpa struktur yang khusus. Metode ini memungkinkan pergerakan bebas dan minimal melepaskan diri lokal. Keunggulan utama algoritma SA adalah bahwa mereka tidak membutuhkan banyak memori komputer. Metode iteratif yang diperkenalkan oleh Metropolis pada tahun 1953, yang meniru pergerakan atom pada titik keseimbangan yang diberikan oleh suhu, adalah dasar Algoritma SA. Kelemahan utama metode ini adalah waktu yang sangat lama untuk proses komputasi dan jumlah iterasi yang sangat besar untuk menemukan jawaban yang tepat.(Anshari et al., 2024)

*Simulated Annealing* pada *TSP* digunakan untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan rute dan menemukan rute dengan jarak tempuh paling pendek. Model *Simulated Annealing* dalam penyelesaian *TSP* merupakan model *state*, di mana setiap *state* merepresentasikan sebuah kemungkinan rute, sedangkan energi didefinisikan sebagai total jarak yang harus ditempuh .

Dalam algoritma *Simulated Annealing*, suatu state (kombinasi solusi) dapat diterima dengan probabilitas berikut:

$$P = e^{-\frac{\Delta E}{kT}} \quad (1)$$

Di mana :

- a.  $\Delta E$  adalah selisih energi antara solusi saat ini dan sebelumnya.

- b. K adalah konstanta Boltzmann (sering diabaikan dalam implementasi praktis), dan T adalah temperatur yang mengontrol probabilitas penerimaan solusi yang lebih buruk.(Tani et al., 2022)

Beberapa aspek yang perlu diperhatikan saat menerapkan *simulated annealing* adalah:

- a. Keadaan ditentukan sebagai kombinasi dari nilai-nilai penyelesaian kemungkinan rute yang dilalui untuk mengunjungi semua Kota sebelum kembali ke Kota awal dengan syarat bahwa setiap Kota harus dikunjungi satu kali. Keadaan dapat dinyatakan dengan  $S = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ , contohnya pada permasalahan *Traveling Salesman Problem (TSP)* dengan 5 Kota (Kota 1, 2, 3, 4, dan 5), keadaan dinyatakan sebagai urutan nomor Kota yang dikunjungi, seperti 3-5-2-4-1.
- b. Energi: didefinisikan sebagai nilai minimal dari fungsi tujuan untuk suatu keadaan. Dalam konteks TSP, energi didefinisikan sebagai jarak yang harus dilalui pada rute yang dinyatakan dalam urutan nomor Kota yang dilalui. Energi dapat dihitung dengan rumus:

$$E = \sum ni = 1 d \quad (2)$$

Di mana E merupakan energi dan d adalah jarak antara Kota  $s(i)$  dan  $s(i+s)$ . Jarak (d) dinyatakan dengan:

$$d = \sqrt{(sx(i) - sx(i + 1))^2 + (sy(i) - sy(i + 1))^2} \quad (3)$$

Temperatur didefinisikan sebagai nilai pengendali yang menentukan apakah suatu keadaan acak dapat bergerak naik atau tidak. Pada analogi dengan fenomena thermal, ion akan bergerak bebas pada suhu tinggi, dan gerakannya semakin terbatas ketika suhu menurun. (Tani et al., 2022)

Proses pembaruan keadaan; dalam tahap ini, keadaan akan diterima oleh *simulated annealing* ini dengan probabilitas berdasarkan prinsip distribusi Boltzmann. Algoritma *simulated annealing* umumnya untuk menyelesaikan masalah optimasi ialah:

- a. Hasilkan keadaan awal  $S_0$  yang diperoleh dengan menghasilkan angka acak pada komputer dan pastikan tidak ada angka yang sama.
- b. Hitung energi  $E_0$  untuk keadaan awal  $S_0$ .
- c. Perbarui keadaan  $S$  sesuai dengan aturan pembaruan yang berlaku menjadi  $S_1$ .
- d. Hitung energi  $E_1$ .
- e. Janjikan angka acak  $P=[0, 1]$ .
- f. Jika  $P < \exp(-\Delta E/T)$ , maka keadaan diterima; jika tidak, keadaan ditolak.
- g. Ulangi langkah ketiga sampai memenuhi kriteria untuk berhenti.(Tani et al., 2022)

Jika dibandingkan dengan metode lain, keunggulan *Simulated Annealing* adalah kemampuannya mengidentifikasi solusi lokal terbaik. Algoritma ini merupakan algoritma pencarian acak, namun tidak hanya memberikan hasil objektif yang konstan. *Simulated Annealing* juga terkadang menerima nilai objektif yang lebih tinggi, sehingga memungkinkan eksplorasi ruang solusi yang lebih menyeluruh. (Tani et al., 2022)

<sup>6</sup> *Traveling Salesman Problem* (TSP) merupakan salah satu contoh masalah optimasi kombinatorial. Masalah ini pertama kali diidentifikasi pada tahun 1800-an oleh dua orang matematikawan, *Thomas Penyngton Kirkman* dari Inggris dan *William Rowan Hamilton* dari Irlandia. TSP menggambarkan jumlah kota dan biaya perjalanan (jarak) untuk setiap penduduk kota. Tujuannya adalah untuk menetapkan rute perjalanan terbaik yang memungkinkan ke semua kota, dimulai dan berakhir di kota yang sama, sambil meminimalkan biaya perjalanan secara keseluruhan. (Tani et al., 2022)

*Simulated Annealing* bekerja dengan membentuk serangkaian rantai Metropolis pada setiap tingkat suhu yang berbeda. Tujuan dari rantai Metropolis ini adalah untuk membantu sistem mencapai kesetimbangan termal. Proses penurunan suhu secara bertahap dalam algoritma ini disebut sebagai *annealing schedule*.

Terdapat empat komponen utama dalam *annealing schedule*, yaitu:

- a. Suhu awal (*initial temperature*).
- b. Suhu akhir (*final temperature*).
- c. Aturan penurunan suhu (*cooling schedule*).
- d. Jumlah iterasi pada setiap suhu tertentu.

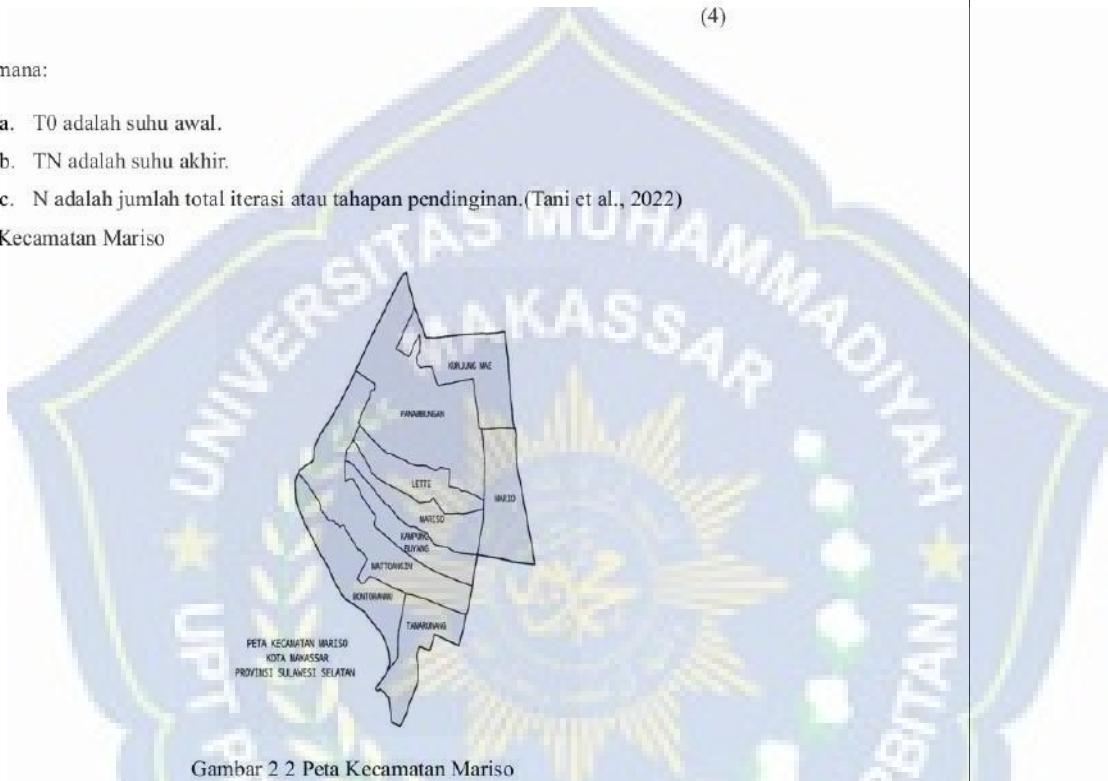
*Temperature schedule* merupakan salah satu komponen paling penting dalam algoritma *Simulated Annealing*. Jadwal suhu yang baik harus bersifat efisien, yaitu mampu menghasilkan solusi akhir yang optimal dan bersifat *general* (umum) sehingga dapat diterapkan pada berbagai jenis masalah.

Salah satu contoh *annealing schedule* yang sering digunakan adalah:

$$T = T_0 \left( \frac{T_N}{T_0} \right)^{\frac{1}{N}} \quad (4)$$

Di mana:

- a.  $T_0$  adalah suhu awal.
  - b.  $T_N$  adalah suhu akhir.
  - c.  $N$  adalah jumlah total iterasi atau tahapan pendinginan.(Tani et al., 2022)
2. Kecamatan Mariso



Gambar 2 2 Peta Kecamatan Mariso

<sup>1</sup> Mariso (Makassar: Մաସୋ) adalah sebuah kecamatan di Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia. Wilayah Kecamatan Mariso pada awalnya merupakan sebuah kampung di wilayah

Kesultanan Tallo yang berubah menjadi distrik pada masa Pemerintah Hindia Belanda lalu menjadi kecamatan pada masa Pemerintah Indonesia. Kecamatan Mariso terletak di kawasan pesisir Kota Makassar.<sup>1</sup> Kecamatan Mariso merupakan salah satu kecamatan dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi di Kota Makassar.

Kecamatan Mariso merupakan salah satu kecamatan yang terletak di bagian barat Kota Makassar. Wilayah ini termasuk dalam kawasan pesisir, dan menjadi satu dari tujuh kecamatan di Kota Makassar yang berbatasan langsung dengan laut. Luas wilayah Kecamatan Mariso tercatat sebesar 1,82 km<sup>2</sup>, yang setara dengan 1,04% dari total luas wilayah Kota Makassar.

<sup>1</sup> Pada tahun 2005, Pemerintah Kota Makassar mengelompokkan Kecamatan Mariso sebagai bagian dari kawasan pusat atau zona inti Kota Makassar. Pengelompokan ini menunjukkan peran strategis Kecamatan Mariso dalam konteks pembangunan dan pengelolaan wilayah perkotaan. Secara administratif, Kecamatan Mariso terdiri atas sembilan kelurahan, yaitu:

- a. Bontorannu.
- b. Tamarunang
- c. Mattoangan
- d. Kampung Buyang
- e. Mariso.
- f. Lette.
- g. Mario.
- h. Panambungan.
- i. Kunjung Mae.

<sup>1</sup> Pada tahun 2000, jumlah penduduk di Kecamatan Mariso sebanyak 51.003 jiwa. Lalu pada tahun 2004, jumlah penduduk di Kecamatan Mariso sebanyak 52.278 jiwa. Persentase laju pertumbuhan penduduknya pada periode 2000–2004 sebesar 0,62%. Kemudian pada tahun 2005, jumlah penduduk di Kecamatan Mariso bertambah sebesar 1% sehingga menjadi sebanyak 52.802 jiwa. Kemudian Pada tahun 2006, kepadatan penduduk di Kecamatan Mariso menempati posisi kedua di Kota Makassar setelah Kecamatan Makassar. Badan Pusat Statistik mencatat jumlah penduduk di Kecamatan Mariso pada tahun 2006 sebanyak 28.013 jiwa/km<sup>2</sup>.

Pada tahun 2019, Kecamatan Mariso menjadi kecamatan dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi di Kota Makassar. Jumlah penduduknya sebanyak 33.038 jiwa. Sementara itu,

jumlah rumah tangga di Kecamatan Mariso pada tahun 2000 mencapai 10.905 rumah tangga, dengan rata-rata anggota keluarga sebanyak 4,72 jiwa per rumah tangga. Pada tahun 2004, jumlah rumah tangga mengalami penurunan menjadi 10.221, meskipun rata-rata anggota rumah tangga meningkat menjadi 5,12 jiwa. Namun, pada tahun 2005, jumlah rumah tangga meningkat signifikan menjadi 13.022, sementara rata-rata anggota rumah tangga menurun menjadi 4,05 jiwa.

Kemudian Pada tahun 2023, jumlah penduduk di Kecamatan Mariso tercatat sebanyak 58.730 jiwa, terdiri dari 29.246 jiwa laki-laki dan 29.484 jiwa perempuan. Dengan luas wilayah 1,82 km<sup>2</sup>, kepadatan penduduk mencapai 32.269 jiwa per kilometer persegi. Rasio jenis kelamin sebesar 99,19, menunjukkan bahwa untuk setiap 100 penduduk perempuan terdapat sekitar 99 laki-laki.

Kelurahan dengan jumlah penduduk terbanyak adalah Panambungan dengan 11.749 jiwa, sedangkan yang paling sedikit adalah Mattoangin, yaitu 3.767 jiwa. Sementara itu, kelurahan dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi adalah Lette sebesar 66.093 jiwa/km<sup>2</sup>, dan terendah adalah Mario sebesar 14.546 jiwa/km<sup>2</sup>. Jumlah rumah tangga pada tahun 2023 mencapai 15.052 rumah tangga, dan berdasarkan jumlah penduduk, rata-rata anggota rumah tangga diperkirakan sekitar 3,9 jiwa per rumah tangga.(BPS Makassar, 2022)

### 3. <sup>6</sup> *Traveling Salesman Problem (TSP)*

*Traveling Salesman Problem (TSP)* merupakan salah satu masalah optimasi kombinatorial yang paling dikenal dan sering dipelajari dalam ilmu komputer dan riset operasi. TSP berusaha mencari rute terpendek untuk mencapai suatu node, di mana seorang salesman harus mengunjungi setiap node sekali saja dan kembali ke node asal dengan jarak tempuh total yang paling pendek. Tujuannya adalah untuk menemukan rute perjalanan dengan total jarak tempuh minimal.(Saputra et al., 2025)

Sebagian besar permasalahan dalam *Traveling Salesman Problem (TSP)* tidak hanya berfokus pada pencarian rute terpendek atau jarak minimum, tetapi juga mempertimbangkan optimasi waktu dan efisiensi jalur perjalanan. Selain itu, sebagian besar masalah TSP bersifat simetris, artinya jarak antara dua kota—misalnya antara kota A dan kota B—adalah sama, baik dari A ke B maupun dari B ke A. Dengan demikian, rute perjalanan yang mengelilingi seluruh kota akan menghasilkan jarak total yang identik jika urutan kunjungan dibalik. Masalah TSP ini

umumnya dimodelkan dalam bentuk graf berbobot, di mana simpul merepresentasikan kota dan sisi menggambarkan jarak antar kota.

<sup>6</sup> Dalam menyelesaikan TSP, digunakan konsep teori graf yang merupakan salah satu cabang ilmu matematika. Graf TSP mempresentasikan jaringan berbobot, di mana setiap titik dalam graf mewakili sebuah kota, setiap sisi mewakili jalan yang menghubungkan kota-kota tersebut, dan bobot pada setiap sisi mewakili jarak antara kota-kota tersebut yang perlu ditempuh.(Rizki Putra Sinaga & Faridawaty Marpaung, 2023 dalam Efendi, 2010).

#### 4. <sup>2</sup> Ketepatan Waktu Pengiriman dalam Islam

Setiap aktifitas manusia selalu terikat dengan aturan, salah satunya waktu. Waktu secara umum dibagi menjadi tiga, yaitu: masa lalu, sekarang, dan masa yang akan datang. Sedangkan ketepatan waktu berarti pelaksanaan pelayanan di masyarakat yang diselesaikan dalam kurun waktu yang telah ditentukan. Ketepatan waktu memiliki pengaruh yang penting pada keberhasilan suatu perusahaan. Ada beberapa rintangan dan hambatan cukup banyak sehingga mengakibatkan <sup>2</sup> "Muslim menyia-nyiakan waktu yaitu kelalaihan dan berandai-andai. Sebagaimana halnya allah berfirman dalam Q.S. Al-Ashr ayat 1-3 yaitu:

وَالْأَعْصُرِ ○ إِنَّ الْإِسْلَامَ لَفِي حُسْنٍ ○ (أَلَا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَاصَّلُوا بِالْحُقْقَ وَتَوَاصَّلُوا بِالصَّبَرِ

<sup>2</sup> (1) Demi masa, (2) Sesungguhnya manusia benar-benar dalam kerugian, (3) Kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal sholeh serta saling menasehati perkara kebenaran dan saling menasehati agar menetapi kesabaran. (Q.S. Al-Ashr 1-3). Isi kandungan ayat diatas adalah peringatan bagi manusia mengenai meruginya manusia terhadap waktu. Al-Ashr berisi tentang setiap manusia senantiasa merugi, baik kaya ataupun miskin, orang dewasa hingga anak muda. Merugi dalam surat AlAshr adalah terhadap waktu, sebagaimana banyak manusia yang berbuat negatif dibandingkan hal positif disela waktu yang dimilikinya.(Rachman, 2023)

#### 7. Jalur Tercepat (Fastest Path)

Pencarian jalur tercepat adalah sebuah problem fundamental dalam ilmu komputer dan teori graf yang berfokus pada minimalisasi waktu tempuh total untuk berpindah dari sebuah titik awal ke titik tujuan dalam suatu jaringan. Konsep ini membedakan dirinya dari pencarian jalur terpendek dengan menjadikan "waktu" sebagai bobot utama pada setiap ruas graf, bukan "jarak". Relevansi pendekatan ini sangat tinggi dalam konteks optimasi rute modern, di mana efisiensi

waktu sering kali lebih kritis daripada efisiensi jarak. Aplikasinya meluas dari sistem navigasi kendaraan real-time hingga distribusi logistik, termasuk dalam kerangka penelitian ini yang berupaya meningkatkan efektivitas waktu pada sistem pengiriman barang.(Puja Kekal et al., 2021)

Kompleksitas dalam penentuan jalur tercepat muncul karena durasi perjalanan dipengaruhi oleh berbagai faktor dinamis. Variabel seperti tingkat kemacetan pada jam-jam tertentu, durasi lampu lalu lintas di persimpangan, dan batas kecepatan yang bervariasi antar ruas jalan menjadi pertimbangan utama. Oleh karena itu, sebuah rute yang secara geografis lebih panjang dapat menjadi pilihan tercepat. Penting juga untuk membedakan masalah ini dari tantangan optimasi kombinatorial lain seperti masalah rute kendaraan, yang bertujuan mengoptimalkan kunjungan ke sekumpulan titik tujuan secara kolektif, sementara jalur tercepat secara khusus mengoptimalkan perjalanan untuk satu pasangan asal-tujuan.

#### 1. Optimasi Waktu Tempuh Berdasarkan Pemilihan Rute dan Efisiensi Lampu Lalu Lintas

Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan yang sering terjadi di berbagai kota besar di Indonesia. Salah satu penyebab utama kemacetan adalah pengaturan lalu lintas yang kurang optimal, terutama pada persimpangan jalan. Lampu lalu lintas sebagai alat pengendali arus kendaraan di persimpangan seringkali tidak berfungsi secara efisien karena pengaturannya bersifat statis dan tidak mempertimbangkan kondisi lalu lintas secara real-time.

Durasi lampu merah yang terlalu lama dan lampu hijau yang terlalu singkat dapat menyebabkan antrean panjang kendaraan, yang pada akhirnya memperburuk kemacetan. Padahal, pengaturan waktu lampu lalu lintas yang disesuaikan dengan situasi aktual dapat membantu memperlancar arus lalu lintas. Oleh karena itu, diperlukan upaya optimasi baik dari segi pemilihan rute yang lebih efisien maupun pengaturan waktu lampu lalu lintas agar dapat mengurangi waktu tempuh dan kepadatan kendaraan secara keseluruhan.

Lampu lalu lintas pada persimpangan diharapkan dapat mengendalikan kemacetan dan kepadatan kendaraan yang menunggu. Namun pada kenyataannya fungsi lampu lalu lintas masih kurang efektif dikarenakan kapasitas dari kegunaannya hanya berdasarkan waktu yang sudah ditetapkan tanpa melihat situasi dan kondisi di hari-hari yang berbeda.(Chairani et al., 2021)

Dalam konteks ini, evaluasi terhadap kinerja lampu lalu lintas dan pengaruhnya terhadap waktu tempuh menjadi hal penting untuk mendukung pengambilan keputusan rute terbaik. Dengan

melakukan optimasi terhadap kedua aspek tersebut, diharapkan sistem transportasi perkotaan dapat berjalan lebih efektif dan efisien.

## 2. Penerapan Teori Graph Pada Lampu Lalu Lintas

Teori graf adalah cabang matematika yang mempelajari grafik, yang terdiri dari simpul (*vertex*) dan sisi (*edge*) yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Dalam konteks optimasi sistem lampu lalu lintas, teori graf digunakan untuk memodelkan aliran kendaraan dan hubungan antara berbagai rute yang ada di persimpangan. Setiap simpul dalam graf dapat mewakili persimpangan, sedangkan sisi menggambarkan jalan-jalan yang menghubungkan simpul tersebut.(Putera et al., 2025)

Pada perempatan jalan, sangat diperlukan pengaturan lampu lalu lintas agar kendaraan dapat melewati dengan aman dan nyaman. Nyala lampu lalu lintas diatur semaksimal mungkin agar kendaraan yang melalui bisa berjalan dengan tertatur. Ada banyak solusi untuk mengatur lampu lalu lintas di perempatan jalan.(Yaqin et al., 2023)

Pengoptimalan sistem lampu lalu lintas berfokus pada pengaturan waktu sinyal untuk mencapai distribusi aliran kendaraan yang merata dan efisien. Pengaturan waktu lampu yang tidak tepat dapat menyebabkan kemacetan dan waktu tunggu yang tinggi, sedangkan pengaturan yang lebih efisien dapat memperbaiki aliran lalu lintas dan mengurangi kemacetan. Beberapa pendekatan untuk optimasi ini antara lain:

- a. Pengaturan Berdasarkan Volume Lalu Lintas: Sistem lampu lalu lintas dapat disesuaikan dengan volume kendaraan yang melewati persimpangan untuk menghindari waktu tunggu yang lama bagi kendaraan yang sedikit.
- b. Optimasi Dinamis: Sistem lampu lalu lintas yang dapat menyesuaikan waktu lampu secara dinamis berdasarkan data lalu lintas yang dikumpulkan secara *real-time*, menggunakan perangkat sensor atau teknologi *IoT*.
- c. Penggunaan Teori Graf: Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, teori graf dapat digunakan untuk merancang model aliran lalu lintas yang optimal, dengan tujuan untuk memperkecil waktu tunggu dan meningkatkan kecepatan kendaraan di persimpangan.(Putera et al., 2025)

<sup>4</sup> Persimpangan jalan adalah suatu daerah umum di mana dua atau lebih ruas jalan (*link*) saling bertemu atau berpotongan yang mencakup fasilitas jalur jalan (*roadway*) dan tepi jalan (*road side*), di mana lalu lintas dapat bergerak di dalamnya.

Pergerakan lalu lintas ini dikendalikan berbagai cara, bergantung pada jenis persimpangannya.

Dilihat dari bentuknya ada beberapa macam jenis persimpangan sebidang, sebagai berikut:

- a. Pertemuan atau persimpangan bercabang dua.
- b. atau persimpangan bercabang tiga.
- c. Pertemuan atau persimpangan bercabang empat.

## B. Penelitian Terkait

1. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Putera dengan judul "Analisis Antrean Lalu Lintas

Pada Persimpangan Buah Batu – Soekarno Hatta Bandung," ditemukan bahwa kemacetan di persimpangan tersebut disebabkan oleh ketidakseimbangan antara pola kedatangan kendaraan dan durasi layanan lampu lalu lintas. Penelitian ini menerapkan model antrian M/M/1 untuk menganalisis waktu tunggu kendaraan di setiap ruas jalan, dengan temuan bahwa ruas B memiliki waktu tunggu tertinggi mencapai 26,64 menit. Hasil dari studi ini menjadi dasar empiris yang kuat untuk pengembangan metode optimasi sinyal lampu lalu lintas guna mengurangi kemacetan pada persimpangan tersebut. Mengingat keterbatasan dalam penelitian ini yang hanya menganalisis kondisi antrian tanpa memberikan solusi optimasi, disarankan untuk mengembangkan model optimasi yang dapat menyeimbangkan distribusi waktu hijau pada setiap ruas jalan.(Putera et al., 2025)

2. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Fermina Tani'i, Warsito, dan Lapono dengan judul

"Kajian Optimasi Rute Terpendek Menggunakan Metode *Simulated Annealing* untuk Distribusi Obat pada Jaringan Apotek Kimia Farma di Kota Kupang," ditemukan bahwa metode *Simulated Annealing* efektif untuk mencari rute terpendek dalam distribusi obat. Penelitian ini berhasil memodelkan 9 titik apotek Kimia Farma di Kota Kupang dan menemukan rute optimal dengan energi minimum sebesar 1.641460608 satuan dengan rute 1-5-7-4-2-6-3-8-9-1. Metode *Simulated Annealing* terbukti mampu mengatasi permasalahan optimasi rute dengan menerapkan konsep penurunan temperatur yang menghasilkan pencarian rute yang semakin terfokus dan nilai energi yang semakin optimal.(Tani et al., 2022)

3. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nabil Anshari, Subairi, Muhammad Abdullah

Hafizh, Endin Rahimanda Putri, dan Andreas Nugroho Sihananto dengan judul "Metode *Simulated*

*Annealing* untuk Optimasi Biaya Operasional Penerbangan," ditemukan bahwa pengoptimalan biaya operasional penerbangan dapat dicapai dengan menggunakan *algoritma Simulated Annealing*, yang terinspirasi dari proses *annealing* dalam metalurgi. Jadwal penerbangan optimal dibuat dengan menghitung matriks biaya, waktu, dan operasional berdasarkan dataset "*hflights*" yang kemudian secara otomatis mencari solusi terbaik menggunakan probabilitas penerimaan yang ditentukan oleh perbedaan biaya dan suhu saat ini. Hasil penelitian menunjukkan konfigurasi terbaik diperoleh dengan suhu awal 15000, iterasi 2000, dan waktu komputasi 24 detik, menghasilkan biaya perjalanan terendah sebesar 9909.0 (999,090 USD).(Anshari et al., 2024)

4. Penelitian yang dilakukan oleh Indah Fatikawati, Syaripuddin, dan Moh. Nurul Huda berjudul "*Implementasi Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek Pendistribusian Barang PT. J&T Samarinda*" memberikan kontribusi penting dalam penerapan algoritma genetika untuk menyelesaikan permasalahan optimasi rute distribusi. Studi ini secara khusus memfokuskan pada penentuan rute terpendek dalam pendistribusian barang oleh PT. J&T Express di wilayah Samarinda dengan memanfaatkan data jarak dari Google Maps yang kemudian dimodelkan ke dalam bentuk graf.

Algoritma genetika digunakan untuk mencari solusi optimal melalui proses evolusi seperti seleksi, *crossover*, dan mutasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari beberapa iterasi yang dilakukan, rute terbaik yang diperoleh adalah dengan jarak tempuh 9,4 km, yang merupakan hasil dari 79 iterasi dengan kemunculan berulang pada jarak minimum tersebut sebanyak 19 kali. Pendekatan ini membuktikan bahwa algoritma genetika efektif dalam menemukan rute optimal untuk distribusi logistik, terutama dalam konteks geografis yang kompleks dan keterbatasan waktu pengiriman.

Dengan demikian, penerapan algoritma genetika tidak hanya memberikan efisiensi dalam hal jarak tempuh, tetapi juga dapat menjadi solusi alternatif yang layak untuk perusahaan logistik dalam meningkatkan kualitas pelayanan distribusi barang. Penelitian ini menjadi dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang optimasi rute menggunakan pendekatan algoritma evolusioner.(Fatikawati et al., 2023)

5. Penelitian yang dilakukan oleh Khurrohman (2023) berjudul "Pengaruh Harga, Ketepatan Waktu Pengiriman dan Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Pelanggan Pada Jasa Pengiriman J&T Express Cabang Tanon Kabupaten Sragen" memberikan pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kepuasan pelanggan dalam layanan ekspedisi. <sup>5</sup> Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis regresi linier berganda terhadap 100 responden di wilayah Tanon, Sragen.

<sup>8</sup> Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel harga, ketepatan waktu pengiriman, dan kualitas pelayanan memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap kepuasan pelanggan. Temuan ini memperkuat teori bahwa kepercayaan dan loyalitas pelanggan terhadap layanan pengiriman sangat dipengaruhi oleh persepsi nilai dan pelayanan yang diterima. Secara khusus, penelitian ini menyoroti pentingnya konsistensi dalam waktu pengiriman serta sikap profesional dari petugas layanan sebagai penentu utama dalam menciptakan pengalaman pelanggan yang memuaskan.

Oleh karena itu, penelitian ini relevan untuk dijadikan referensi dalam mengembangkan strategi peningkatan layanan berbasis kepuasan pelanggan, khususnya di industri logistik dan ekspedisi yang kompetitif dan sangat tergantung pada kecepatan serta kualitas interaksi layanan.(KHURROHMAN, 2023)

6. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Reski Jaya dengan judul "Penerapan Algoritma A\*" dengan *Manhattan Distance* untuk Optimasi Rute Pengantaran Pos di Kecamatan Mariso," ditemukan bahwa penggunaan algoritma A\* yang dipadukan dengan heuristik *Manhattan Distance* efektif dalam menentukan jalur terpendek pada jaringan jalan perkotaan. Penelitian ini memodelkan sistem pengantaran sebagai graf dengan 675 simpul yang diberi penamaan sistematis untuk memudahkan identifikasi, serta mengukur jarak antar titik berdasarkan hubungan horizontal dan vertikal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma ini mampu membantu pengantar pos menghindari jalur berulang dan memilih rute optimal secara akurat dan efisien, sehingga meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses pengantaran. Meskipun penelitian ini berhasil mengaplikasikan algoritma pencarian jalur terpendek, disarankan untuk mengembangkan studi

lebih lanjut yang mengintegrasikan faktor dinamis seperti kondisi lalu lintas dan waktu pengantaran guna memperoleh solusi yang lebih adaptif dan realistik dalam sistem pengantaran di lapangan.(Rahman et al.,2025)

7. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Fahrin Irhamna Rahman, Titin Wahyuni, dan Mustakim dengan judul "*Implementasi Algoritma Floyd-Warshall untuk Menentukan Jarak Terpendek dalam Sistem Pengantaran Pos di Kecamatan Mariso,*" ditemukan bahwa pengantaran pos di Kecamatan Mariso menghadapi tantangan dalam menentukan rute optimal akibat jaringan jalan yang kompleks. Penelitian ini menerapkan Algoritma *Floyd-Warshall* untuk menganalisis jarak terpendek dari kantor pos ke seluruh titik pengantaran, dengan temuan bahwa algoritma mampu menghitung rute minimal secara akurat dan efisien.

Hasil dari studi ini menjadi dasar empiris yang kuat untuk mendukung pengambilan keputusan dalam optimasi distribusi pos dan menekan biaya operasional. Mengingat adanya keterbatasan dalam menangani skala jaringan yang sangat besar dan faktor dinamis seperti lalu lintas.(Rahman et al., 2025)



### C. Kerangka Berfikir

MASALAH
Pemilihan Metode Konvensional Berbasis Rute Terpendek(Jarak Terpendek) tidak cukup Efisien Dalam Menangani Varieable Lampu lalu lintas, dan Prioritas Pengantaran Paket yang dinamis. Dengan Mempertimbangkan Kondisi Kemacetan, Prioritas Pengantaran Paket dan Jumlah Lampu Lalu Lintas Untuk Menemukan Rute Pengiriman Optimal Dengan Waktu tempuh Minimum.
SOLUSI
Algoritma <i>Simulated Annealing(SA)</i> yang dirancang untuk Menyelesaikan <i>Traveling Salesman Problem(TSP)</i> , di mana tujuannya adalah menemukan rute tercepat dengan mempertimbangkan kepadatan jalan, Pemilihan Prioritas Pengantaran Paket, dan jumlah lampu lalulintas yang dilalui, Algoritma ini menghasilkan Solusi rute yang mendekati optimal dan lebih adaptif terhadap kondisi lalul intas yang dinamis.
Metode
Sistem ini menggunakan metode Algoritma SA( <i>Simulated Annealing</i> ) dalam menemukan rute dengan waktu tempuh tercepat.
HASIL
Dengan Mempertimbangkan Jumlah lampu lalu lintas, Prioritas Pengantaran Pecagntaran Paket, dan jadwal kepadatan jalan, Sehingga menghasilkan Pemilihan rute yang di lebih optimal, yang berdampak pada Waktu tempuh.

2Gambar 2 1 Kerangka Berfikir



**21** % SIMILARITY INDEX    **21** % INTERNET SOURCES    **0** % PUBLICATIONS    **2** % STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://id.wikipedia.org">id.wikipedia.org</a> Internet Source	6%
2	<a href="http://repository.radenintan.ac.id">repository.radenintan.ac.id</a> Internet Source	4%
3	<a href="http://journal.sinov.id">journal.sinov.id</a> Internet Source	2%
4	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Internet Source	2%
5	<a href="http://id.123dok.com">id.123dok.com</a> Internet Source	2%
6	<a href="http://digilib.unimed.ac.id">digilib.unimed.ac.id</a> Internet Source	2%
7	<a href="http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id">jurnal.fmipa.unmul.ac.id</a> Internet Source	2%
8	<a href="http://eprints.iain-surakarta.ac.id">eprints.iain-surakarta.ac.id</a> Internet Source	2%

Exclude quotes    On  
Exclude bibliography    On

Exclude matches    < 2%

# BAB III Andika Saputra

## 105841100521

*by Tahap Tutup*



---

**Submission date:** 21-Aug-2025 08:34AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2732635016

**File name:** BAB\_III\_19.docx (112.1K)

**Word count:** 2172

**Character count:** 13827

## BAB III

# METODE PENELITIAN

#### A. Tempat dan Waktu Penelitian

## 1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam kondisi Daring dan Luring dengan melakukan beberapa survei di berbagai titik pengantaran *J&T Express* di Kecamatan Mariso, serta mengumpulkan beberapa jurnal dari penelitian yang terkait. Selain itu, wawancara dilakukan dengan petugas pengiriman *J&T Express* yang bekerja di wilayah Kecamatan Mariso untuk mendapatkan informasi yang lebih mendalam mengenai tantangan dan solusi dalam sistem pengantaran *J&T Express*.

## 2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juni 2025

**Tabel 2 1 Waktu Penelitian**

#### B. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang mendukung penelitian ini:

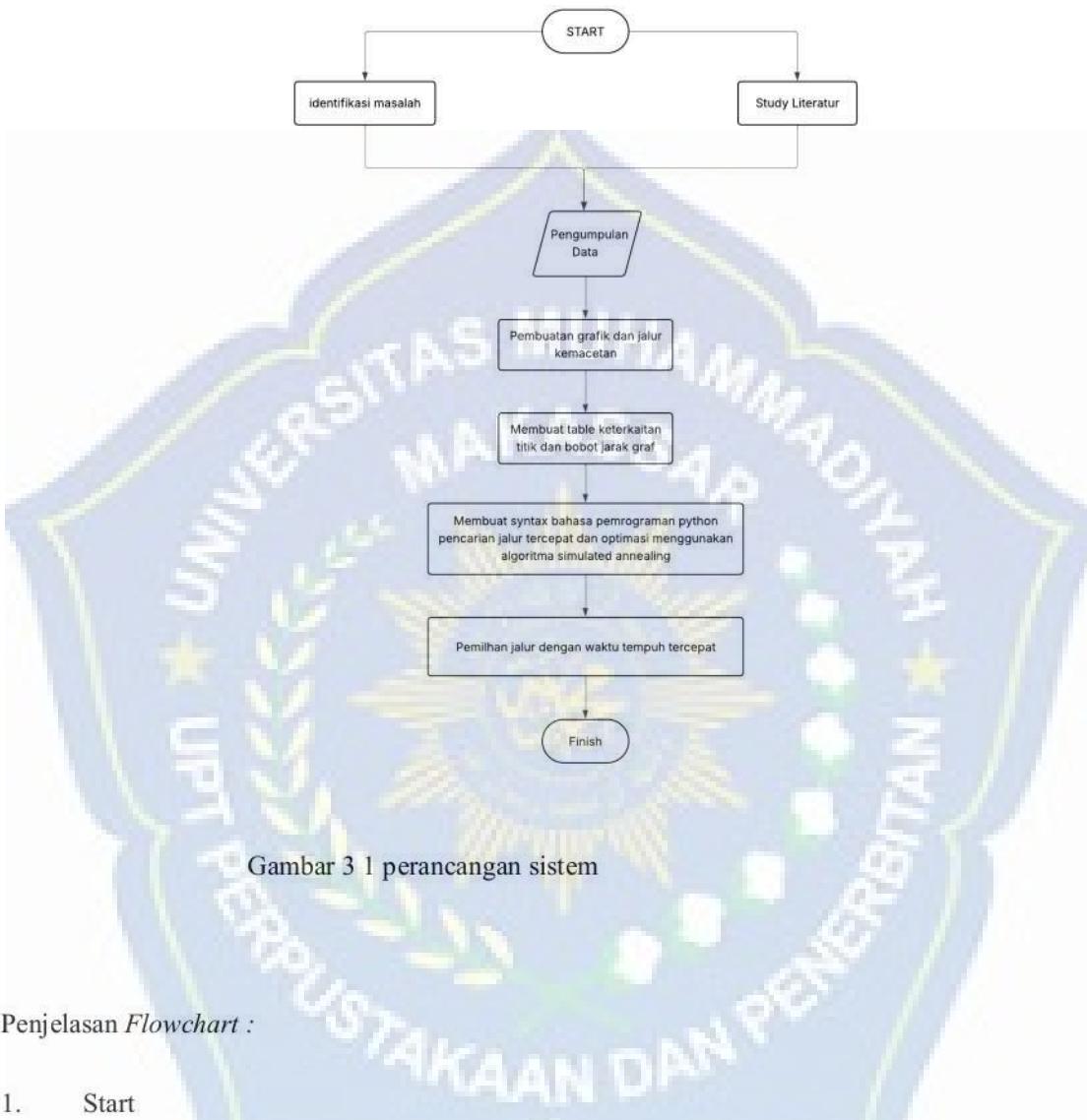
1. *Hardware* (Perangkat Keras)
    - a. *RAM 16 GB*
    - b. *AMD Ryzen 7 6800H with Radeon Graphics*
    - c. *Samsung s22+ Snapdragon 8 gen 1*
  2. *Software* (Perangkat Lunak)
    - a. *Windows 11*
    - b. *Google collab*
    - c. *Phyton*
    - d. *Text editor Visual Studio*
    - e. *64-bit operating system, x64-based processor*
    - f. *Versi 24H2*

## C. Perancangan Sistem

Perancangan sistem adalah tahap krusial dalam pengembangan perangkat lunak, di mana ide-ide serta kebutuhan pengguna mulai diterjemahkan menjadi bentuk rancangan teknis yang lebih nyata dan terstruktur. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk merancang bagaimana sistem akan bekerja secara keseluruhan, baik dari segi struktur maupun fungsinya.

Dalam proses ini, berbagai elemen penting seperti diagram, skema, hingga spesifikasi teknis yang lebih rinci mulai disusun. Semua itu berfungsi sebagai panduan bagi tim pengembang

ketika memasuki tahap implementasi dan pengujian, agar sistem yang dibangun sesuai dengan kebutuhan dan dapat berjalan dengan baik.



Gambar 3 1 perancangan sistem

Penjelasan *Flowchart* :

1. Start

Proses dimulai dari titik awal yang menandakan inisiasi penelitian.

2. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Tahap ini terbagi menjadi dua jalur *parallel* :

a. Identifikasi Masalah

Peneliti mengidentifikasi permasalahan utama, yaitu bagaimana menentukan jalur terpendek dalam sistem pengantaran J&T Express di Kecamatan Mariso. Identifikasi mencakup berbagai variabel seperti kondisi jalan, jumlah titik pengiriman, dan kemungkinan kemacetan. Masalah dipecah menjadi komponen-komponen kecil agar dapat dianalisis lebih efektif.

b. Studi Literatur

Studi ini mencakup penelusuran teori-teori terkait jalur terpendek, graf berbobot, serta algoritma optimasi seperti *Simulated Annealing*. Literatur yang dikaji membantu dalam memahami metode terbaik yang dapat diterapkan dan memberikan referensi ilmiah untuk menyusun pendekatan solusi.

3. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dari berbagai sumber seperti peta digital, dan observasi lapangan. Informasi meliputi lokasi titik pengantaran, kondisi jalan, dan estimasi waktu tempuh antar titik.

Perkiraan waktu tempuh dan kemacetan tidak diperoleh secara *real-time*, melainkan berasal dari data historis dan estimasi rata-rata berdasarkan kondisi umum yang dihimpun peneliti.

4. Membuat Jalur Terpendek

Berdasarkan data lokasi dan estimasi waktu tempuh, dibuat perhitungan awal jalur terpendek. Ini bertujuan untuk membentuk gambaran umum rute optimal secara teoritis sebelum dilakukan optimasi.

5. Membuat Tabel Keterkaitan Titik dan Bobot Jarak Graf

Informasi lokasi dikonversi menjadi graf berbobot, di mana titik-titik (*node*) mewakili lokasi pengiriman dan sisi (*edge*) mewakili jalan penghubung antar titik. Bobot diberikan berdasarkan jarak dan estimasi waktu tempuh—semakin jauh atau rawan macet, bobotnya makin tinggi.

6. Membuat Syntax Bahasa Python untuk Pencarian Jalur Terpendek dengan Algoritma *Simulated Annealing*

Pada tahap ini dibuat kode *Python* yang mengimplementasikan algoritma *Simulated Annealing*. Algoritma ini bekerja dengan mencari solusi optimal dari berbagai kemungkinan jalur pengiriman, dengan meminimalkan total bobot (jarak + estimasi waktu tempuh).

7. Pemilihan Jalur tercepat berdasarkan rute pengantaran

Hasil akhir dari proses adalah rute optimal yang dapat digunakan oleh kurir J&T Express

dalam melakukan pengiriman barang. Jalur ini mempertimbangkan bobot graf yang telah dianalisis sebelumnya.

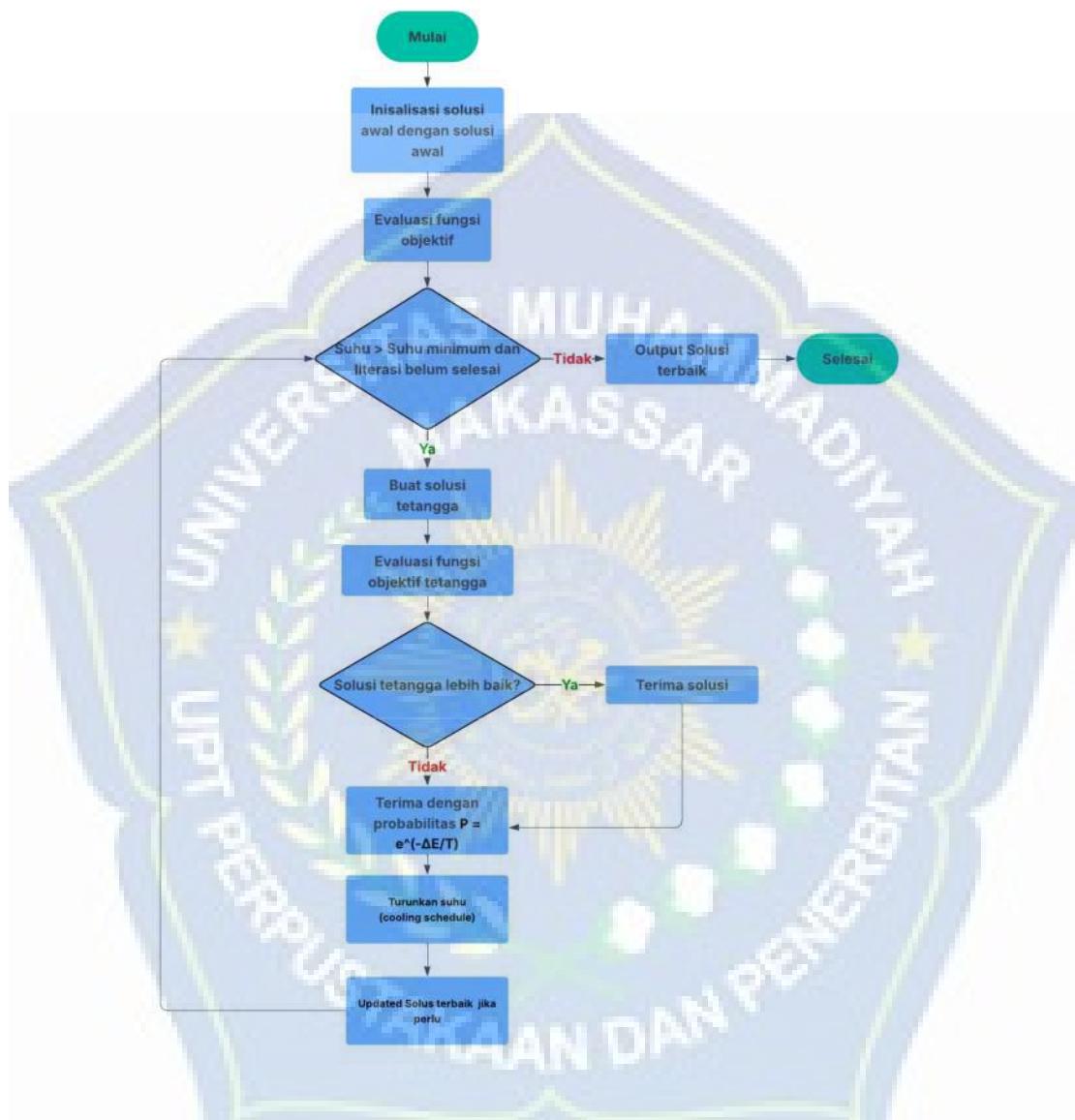
Namun demikian, jalur ini tidak bersifat dinamis terhadap kondisi lalu lintas *real-time*, karena estimasi waktu tempuh berasal dari data rata-rata atau historis, bukan dari sensor atau sistem pelacakan lalu lintas langsung.

#### 8. Finish

Proses penelitian selesai setelah diperoleh hasil jalur optimal berdasarkan simulasi algoritma.



#### D. Flowchart Algoritma SA (Simulated Annealing)



Gambar 3 2 algoritma simulated annealing

Penjelasan Alur Kerja Algoritma *Simulated Annealing* :

1. Mulai (Inisiasi) Proses

Titik awal eksekusi algoritma *Simulated Annealing*.

2. inisialisasi Solusi awal dan suhu awal

a. Solusi Awal: Menentukan solusi kandidat pertama (bisa *random* atau menggunakan heuristik tertentu)

b. Suhu Awal ( $T_0$ ): Menetapkan suhu tinggi yang memungkinkan penerimaan solusi buruk dengan probabilitas tinggi di awal iterasi

c. Parameter lain: Menentukan suhu minimum, faktor pendinginan, dan jumlah iterasi maksimum.

1. Efaluasi Fungsi objektif

Menghitung nilai fitness atau cost dari solusi saat ini menggunakan fungsi objektif yang telah didefinisikan. Nilai ini akan menjadi acuan untuk perbandingan dengan solusi tetangga.

2. Kondisi Terminasi

Mengecek dua kondisi utama untuk melanjutkan atau menghentikan algoritma:

Suhu > Suhu Minimum: Memastikan suhu belum terlalu rendah

Iterasi belum selesai: Memastikan belum mencapai batas iterasi maksimum.

Jika TIDAK (salah satu kondisi tidak terpenuhi):

→ Algoritma berhenti dan mengeluarkan solusi terbaik yang ditemukan

Jika YA (kedua kondisi terpenuhi):

→ Lanjut ke tahap berikutnya

3. Buat Solusi Tetangga

Menghasilkan solusi baru yang "dekat" dengan solusi saat ini melalui:

a. Mutasi kecil: Mengubah sedikit elemen dari solusi saat ini

b. *Neighborhood operation*: Operasi seperti *swap*, *insert*, atau pertukaran elemen

6. Evaluasi fungsi objektif tetangga

Menghitung nilai *fitness/cost* dari solusi tetangga yang baru dibuat untuk dibandingkan dengan solusi saat ini.

7. Kriteria Penerimaan

Menentukan apakah solusi tetangga akan diterima atau ditolak:

Jika Solusi Tetangga LEBIH BAIK:

Untuk masalah minimasi:  $f(\text{tetangga}) < f(\text{saat\_ini})$

Untuk masalah maksimasi:  $f(\text{tetangga}) > f(\text{saat\_ini})$

→ Langsung terima solusi (*greedy acceptance*)

Jika Solusi Tetangga TIDAK LEBIH BAIK:

→ Terima dengan probabilitas

#### 1. Penerimaan *Probabilistik*

Ketika solusi tetangga lebih buruk, masih ada kemungkinan diterima berdasarkan:

Formula Probabilitas:  $P = e^{(-\Delta E/T)}$

Dimana:

$\Delta E$ : Selisih nilai objektif (*energy difference*)

$\Delta E = f(\text{tetangga}) - f(\text{saat\_ini})$

T: Suhu saat ini (*temperature*)

Karakteristik:

Suhu tinggi: Probabilitas penerimaan solusi buruk tinggi (eksplorasi)

Suhu rendah: Probabilitas penerimaan solusi buruk rendah (eksploitasi)

$\Delta E$  kecil: Solusi yang sedikit lebih buruk memiliki peluang diterima lebih besar

#### 2. *Cooling schedule*

Menurunkan suhu secara bertahap untuk mengontrol transisi dari eksplorasi ke eksploitasi

#### 3. Update Solusi Terbaik

Menyimpan dan memperbarui solusi terbaik yang pernah ditemukan selama proses iterasi:

a. Membandingkan solusi saat ini dengan solusi terbaik global

b. Jika lebih baik, *update* solusi terbaik

c. Solusi terbaik ini yang akan menjadi *output akhir*

#### 4. *Loop* Kembali

Kembali ke tahap pengecekan kondisi terminasi untuk iterasi berikutnya hingga kriteria berhenti terpenuhi.

#### 5. *Output* Solusi terbaik dan selesai

Mengeluarkan solusi optimal atau *near-optimal* yang telah ditemukan sebagai hasil akhir algoritma.

### E. Pengumpulan Data

1. Waktu Tempuh & Jarak : Selama proses pengiriman, catat waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap rute dan jarak sebenarnya yang ditempuh oleh kurir. Pengukuran ini harus dilakukan secara akurat untuk memastikan hasil yang valid.

2. Umpam Balik Kurir: Kumpulkan informasi dari kurir tentang pengalaman pengiriman mereka, termasuk kemudahan navigasi, tantangan yang dihadapi seperti jumlah lampu lalu lintas yang dilalui, Perkiraan jadwal kemacetan di jam-jam tertentu dan efisiensi rute yang dirasakan. Umpam balik ini dapat dikumpulkan melalui kuesioner atau wawancara yang dilakukan pasca pengiriman.

3. Analisis Prioritas pengantaran : Kumpulkan Jumlah Pengantaran Paket Setiap Harinya Data ini dikumpulkan untuk mengukur beban kerja kurir di setiap titik pengantaran. Jumlah paket yang harus diserahkan di tiap lokasi serta estimasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pengantaran dicatat melalui observasi dan wawancara dengan kurir J&T Express

4. Pemetaan Titik Pengantaran ke dalam Struktur Graf Berbobot : Dalam penelitian ini, data titik pengantaran yang diperoleh dari observasi lapangan dan wawancara dengan kurir J&T Express dipetakan ke dalam bentuk graf berbobot. Setiap titik pengantaran dianggap sebagai simpul (*node*), dan setiap jalur penghubung antar titik direpresentasikan sebagai sisi (*edge*). Bobot dari sisi ini ditentukan oleh:

- Estimasi waktu tempuh antar titik (diperoleh dari Google Maps),
- Jumlah lampu lalu lintas yang dilalui,
- Dan bisa juga mempertimbangkan estimasi kemacetan berdasarkan waktu tertentu.

Dengan model graf ini, maka permasalahan pengiriman barang dapat diselesaikan sebagai persoalan *Travelling Salesman Problem* (TSP), yakni mencari urutan titik (simpul) yang

menghasilkan total waktu tempuh minimum, tanpa mengunjungi titik yang sama lebih dari satu kali.

Struktur graf inilah yang digunakan sebagai dasar bagi algoritma *Simulated Annealing* dalam mengevaluasi berbagai kemungkinan rute, dengan memanfaatkan bobot graf sebagai *input* untuk menghitung fungsi objektif.

## F. Analisis Data

Setelah proses pengumpulan data selesai, dilakukan analisis untuk menilai kinerja algoritma *Simulated Annealing* (SA) dalam mengoptimalkan waktu tempuh pengiriman. Analisis ini meliputi:

1. Perbandingan dilakukan antara waktu pengiriman aktual oleh kurir J&T Express di Kecamatan Mariso (data lapangan) dan
2. Waktu pengiriman yang dioptimalkan yang dicapai melalui algoritma *Simulated Annealing*.
3. Menganalisi Prioritas Pengantaran Paket apakah memprioritaskan berdasarkan Jumlah Paket yang diantar atau Memprioritaskan Lokasi Titik Pengantaran Paket Terdekat.

Perbandingan ini bertujuan untuk melihat apakah algoritma mampu memberikan rute yang lebih cepat atau lebih efisien dibandingkan rute yang biasanya digunakan oleh kurir. Hasil ini akan menjadi dasar untuk menilai seberapa efektif algoritma SA dalam pengambilan keputusan rute yang lebih cepat.

### 1. Statistik Deskriptif

Untuk menggambarkan hasil secara lebih menyeluruh dan mudah dipahami, digunakan beberapa ukuran statistik sederhana, antara lain:

- a. Rata-rata waktu pengiriman, untuk melihat seberapa cepat pengantaran biasanya dilakukan dengan dan tanpa optimasi,

- b. Deviasi standar, yang menunjukkan seberapa besar variasi waktu pengiriman dari satu rute ke rute lainnya,
- c. Persentase kesalahan dalam jarak tempuh, yaitu seberapa jauh perbedaan antara rute aktual dan rute yang dihasilkan oleh algoritma.

## 2. Identifikasi Faktor Eksternal

Faktor Eksternal yang bisa mempengaruhi hasil di lapangan

- a. Jumlah Lampu lalu lintas (*Traffic Light*) yang di lalui
- b. Prediksi Jadwal Kemacetan di jam-jam tertentu
- c. Kondisi jalan, misalnya adanya perbaikan jalan yang tidak dapat di prediksi.

## 3. Membuat Syntax Bahasa Python terhadap waktu tempuh dalam sistem pengantaran J&T

Tahap selanjutnya adalah realisasi implementasi dari algoritma SA dengan memanfaatkan bahasa pemrograman *Python*. Pemilihan algoritma *Simulated Annealing (SA)*, sebuah metode heuristik yang dikenal luas akan efektivitas dan efisiensinya dalam menangani permasalahan optimasi kombinatorial, khususnya *Travelling Salesman Problem (TSP)*. Esensi dari TSP adalah menemukan Optimasi waktu pengantaran.

## G. Teknik Pengujian Sistem

Berikut ini adalah penjelasan tentang teknik pengujian mengenai implementasi algoritma SA (*Simulated Annealing*) untuk menentukan rute terpendek dalam sistem pengiriman J&T Express di Kecamatan Mariso Kota Makassar.

### 1. Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menilai efektivitas algoritma SA dalam menentukan rute dengan waktu tempuh tercepat untuk sistem pengiriman J&T Express di Kecamatan Mariso. Evaluasi ini mencakup beberapa aspek utama, yaitu:

- a. Optimalisasi rute untuk pengiriman: Menilai efektivitas algoritma SA dalam mengatur urutan titik pengiriman secara efisien untuk meminimalkan jarak dan waktu tempuh.

- b. Efisiensi waktu: Mengevaluasi potensi penghematan waktu dalam pengiriman dibandingkan dengan rute konvensional berdasarkan pendekatan jarak terpendek.
- c. Evaluasi dilakukan dengan mempertimbangkan performa algoritma saat menghadapi titik-titik pengantaran untuk menilai *adaptivitas* terhadap beban kerja yang tidak merata

Melalui pengujian ini, diantisipasi bahwa algoritma *Simulated Annealing* akan meningkatkan efisiensi operasional *J&T Express*, khususnya dalam mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh rute pengiriman yang padat, bervariasi, dan sering kali tidak selalu optimal ketika hanya mengandalkan metode konvensional berdasarkan jarak terpendek.

## 1. Metodologi

### A. Pemilihan dan Pengumpulan Data Lokasi Rute

Lokasi Pengiriman Pemilihan titik dilakukan di Kecamatan Mariso, meliputi berbagai jenis lokasi, seperti:

- 1. Kantor J&T dan titik distribusi primer.
- 2. Kawasan permukiman di sepanjang jalan utama atau jalan raya utama.
- 3. Pertokoan, usaha kecil.

### B. Data Geospasial dan Estimasi Lalu Lintas

- 1. Sumber data: Peta digital, observasi lapangan, dan data sekunder.
- 2. Jenis data: Jarak antar titik pengiriman, kondisi jalan utama (tidak termasuk gang sempit), dan estimasi waktu tempuh berdasarkan kondisi lalu lintas historis.
- 3. Gang sempit, dan jalan dengan halangan tidak permanen tidak termasuk.

### C. Implementasi Algoritma *Simulated Annealing*:

#### 1. Algoritma & Parameterisasi :

Terapkan algoritma *Simulated Annealing* untuk membuat rute pengiriman berdasarkan titik data, jarak, perkiraan waktu tempuh, dan potensi kemacetan lalu lintas di Distrik Mariso. Parameter utama meliputi:

- 2. Suhu awal (*initial temperature*)

Suhu awal adalah nilai awal dari "temperatur" dalam algoritma Simulated Annealing (SA). Nilai ini memengaruhi kemungkinan menerima solusi yang lebih buruk di awal proses pencarian. Suhu awal yang lebih tinggi meningkatkan peluang untuk mengeksplorasi rentang solusi yang lebih luas.

### 3. Laju pendinginan (*cooling rate*)

Laju pendinginan adalah parameter yang menentukan kecepatan penurunan suhu selama iterasi algoritma, biasanya direpresentasikan oleh nilai antara 0 dan 1 (misalnya, 0,95 atau 0,99). Nilai yang lebih kecil menghasilkan penurunan suhu yang lebih cepat, yang mengarahkan algoritma untuk beralih dari eksplorasi ke eksloitasi.

### 4. Fungsi objektif berdasarkan jarak atau estimasi waktu tempuh

Fungsi tujuan digunakan untuk menilai kualitas solusi. Dalam konteks sistem pengiriman, fungsi ini sering kali mewakili total jarak yang ditempuh atau perkiraan waktu tempuh rute yang diambil. Tujuan dari algoritma ini adalah untuk meminimalkan nilai fungsi tujuan ini untuk mengidentifikasi rute tercepat atau terpendek.

Proses simulasi ini untuk perbaikan solusi dilakukan secara berulang, dengan mempertahankan kemungkinan untuk penerimaan solusi sementara yang mungkin lebih rendah, agar tidak terjebak pada solusi lokal.

#### A. Pelaksanaan Pengujian Di Lapangan

1. Pemilihan Kurir : Kurir yang di pilih untuk melakukan pengiriman menggunakan rute yang di pilih (tidak termasuk Lorong atau gang sempit).
2. Identifikasi jumlah *Traffic Light*(jumlah lampu lalu lintas) yang berkemungkinan di lalui di rute.
3. Perkiraan jadwal kemacetan (pada jam-jam tertentu) Pada Rute yang di lalui.
4. Ujicoba Algoritma pada dataset kecil (Beberapa titik Pengantaran dari hasil rute yang di pilih) untuk mengetahui bahwa fungsi objektif seperti (total jarak & waktu tempuh) sehingga menghasilkan penerimaan Solusi berjalan baik.



# BAB III Andika Saputra 105841100521

## ORIGINALITY REPORT



## PRIMARY SOURCES

Exclude quotes

On

Exclude bibliography

On

Exclude matches

< 2%



# BAB IV Andika Saputra

## 105841100521

*by Tahap Tutup*



---

**Submission date:** 21-Aug-2025 08:35AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2732635496

**File name:** BAB\_IV\_11.docx (2.02M)

**Word count:** 2361

**Character count:** 13782

## <sup>1</sup> BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengumpulan Data

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan rute tercepat yang dapat ditempuh oleh kurir dalam proses pengantaran paket J&T Express di wilayah Kecamatan Mariso. Pengumpulan data dilakukan secara sistematis dan terstruktur, diawali dengan pengurusan surat izin penelitian dari pihak kampus sebagai bentuk legalitas pelaksanaan penelitian. Setelah surat izin diterbitkan, dokumen tersebut diajukan ke pihak J&T Express di Kecamatan Mariso sebagai bentuk koordinasi dan permohonan dukungan pelaksanaan penelitian.

Setelah memperoleh persetujuan dan dukungan dari pihak J&T Express, kegiatan penelitian dapat dilaksanakan langsung di lapangan. Prosedur ini dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh proses penelitian berjalan secara resmi dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku,<sup>3</sup> sehingga data yang diperoleh memiliki tingkat validitas yang tinggi, dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, serta bermanfaat bagi pengembangan sistem distribusi logistik yang lebih efisien.

<sup>2</sup> Selain itu, proses pengumpulan data juga dilakukan melalui wawancara dengan kurir J&T Express yang bertugas di wilayah Kecamatan Mariso. Dari wawancara tersebut, diperoleh informasi penting mengenai rute-rute yang paling sering dilalui, kendala yang dihadapi selama proses pengantaran, serta strategi yang digunakan oleh kurir dalam menentukan rute tercepat berdasarkan pengalaman langsung di lapangan. Data tersebut menjadi komponen utama dalam proses pemodelan rute untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan algoritma *Simulated Annealing*.

Adapun titik-titik kemacetan pada beberapa wilayah di bawah ini :



Gambar 4. 1 Titik-Titik Kemacetan

## B. Penggambaran Peta Wilayah

Sebagai bagian dari upaya untuk meningkatkan kecepatan pengiriman pada sistem pengantaran J&T Express di Kecamatan Mariso, dilakukan pemetaan ulang terhadap wilayah pengantaran guna memperoleh hasil yang mendekati akurat. Pemetaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua elemen penting dalam proses distribusi, seperti titik pengantaran, jalan utama, dan keberadaan lampu lalu lintas, terpetakan dengan baik dan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.

Proses pemetaan dilakukan dengan memadukan data sekunder dari peta digital (seperti *Google Maps*) dengan hasil observasi langsung di lapangan. Selain memverifikasi informasi yang sudah ada, pemetaan ini juga memperhatikan dinamika perubahan infrastruktur, seperti pembangunan jalan baru, perubahan arah jalan, atau akses yang tidak dapat dilalui akibat kemacetan atau penutupan jalan sementara. Dengan pendekatan ini, data yang diperoleh menjadi lebih representatif dan relevan dengan kondisi pengantaran saat ini.

Peta yang dihasilkan dari pemetaan ulang ini digunakan sebagai dasar untuk membentuk struktur graf berbobot yang merepresentasikan hubungan antar titik pengantaran. Bobot pada setiap sisi dalam graf dihitung berdasarkan estimasi waktu tempuh, jarak antar titik, serta jumlah lampu lalu lintas yang dilalui. Representasi ini menjadi bagian penting dalam penerapan algoritma *Simulated Annealing* untuk menentukan rute pengiriman yang cepat.

Gambar berikut memperlihatkan hasil pemetaan ulang wilayah Kecamatan Mariso yang difokuskan pada jaringan jalan utama dan titik-titik pengantaran paket *J&T Express* yang menjadi objek dalam skenario optimasi rute:



Gambar 4. 2 Penggambaran Peta

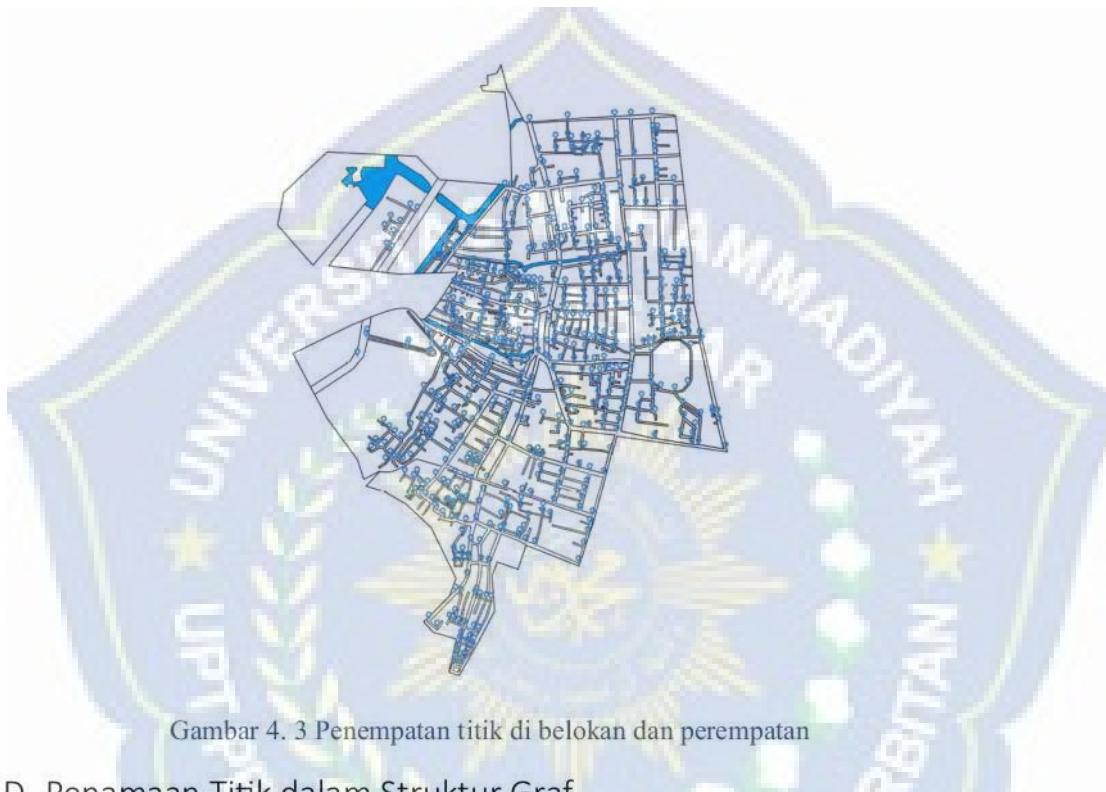
### C. Penentuan Titik Graf

Dalam konteks sistem pengantaran J&T Express di Kecamatan Mariso, setiap titik pembelokan dan persimpangan jalan direpresentasikan sebagai simpul (*node*) dalam struktur graf. Titik-titik ini merupakan lokasi strategis di mana kurir memiliki kemungkinan untuk memilih jalur berbeda berdasarkan arah pengantaran dan kondisi lalu lintas yang dihadapi di lapangan.

Setiap simpul dibentuk berdasarkan lokasi pertemuan dua atau lebih ruas jalan yang memiliki potensi sebagai titik pengambilan keputusan dalam penentuan rute. Hal ini penting karena pada setiap simpul tersebut, kurir dihadapkan pada opsi untuk melanjutkan perjalanan ke berbagai arah, yang masing-masing memiliki konsekuensi terhadap waktu tempuh, jumlah lampu lalu lintas yang dilalui, serta tingkat kemacetan.

Pemetaan simpul dilakukan secara sistematis melalui pengamatan langsung serta referensi dari peta digital, dengan memperhatikan karakteristik jalan utama di Kecamatan Mariso yang menjadi jalur pengantaran. Dalam visualisasi graf yang dibangun, simpul-simpul ini dihubungkan oleh sisi (*edge*) yang mewakili ruas jalan antar titik. Setiap *edge* memiliki bobot tertentu yang merepresentasikan parameter penting seperti jarak antar titik, estimasi waktu tempuh berdasarkan data historis, serta jumlah lampu lalu lintas yang dilalui pada segmen tersebut.

Gambar peta kawasan di bawah ini memperlihatkan representasi visual dari simpul dan sisi yang membentuk struktur graf pengantaran. Setiap titik biru pada peta menunjukkan lokasi persimpangan atau pembelokan yang telah ditetapkan sebagai simpul. Struktur graf ini menjadi dasar dalam pemodelan *permasalahan Travelling Salesman Problem* (TSP) dan dioptimalkan menggunakan algoritma *Simulated Annealing* untuk menentukan rute dengan waktu tempuh minimum dalam sistem pengantaran J&T Express di Kecamatan Mariso:



Gambar 4. 3 Penempatan titik di belokan dan perempatan

#### D. Penamaan Titik dalam Struktur Graf

Penamaan titik-titik dalam graf pengantaran J&T Express di Kecamatan Mariso dilakukan secara sistematis untuk memastikan setiap simpul (*node*) dalam graf dapat diidentifikasi dengan jelas, unik, dan konsisten. Proses penamaan ini menggunakan format huruf abjad yang dimulai dari huruf A hingga Z, di mana setiap titik mendapatkan label unik tanpa pengulangan pada tahap awal.

Setelah abjad mencapai huruf Z, penamaan dilanjutkan dengan menambahkan angka di belakang huruf, seperti A1, A2, A3, dan seterusnya. Penamaan terus berlanjut hingga jumlah

simpul terpenuhi, mengikuti pola bertahap seperti **B1**, **B2**, **B3**, dan sebagainya, dengan tetap menjaga struktur berurutan untuk memudahkan pelacakan serta pemetaan graf.

Secara keseluruhan, graf pengiriman ini terdiri dari **675 titik simpul**, yang masing-masing merepresentasikan persimpangan, pembelokan, maupun titik keputusan dalam jaringan pengantaran. Titik terakhir dalam sistem penamaan ini diberi label **M53**, menunjukkan urutan akhir dari proses identifikasi simpul yang dilakukan.



Gambar 4. 4 Penamaan titik graf

Gambar menampilkan peta kawasan dengan penanda berwarna biru dan penamaan titik berwarna merah, di mana setiap titik biru merepresentasikan titik graf yang berjumlah 671 titik. Penamaan titik dimulai dari titik A hingga titik M53, dengan titik F37 merupakan lokasi Kantor Pos Kecamatan Mariso.

#### A. Pengukuran jalan

Dalam penelitian ini, proses pengukuran jalan dilakukan untuk menentukan jarak antar titik simpul (*node*) pada *graf*, yang terdiri dari persimpangan dan belokan jalan di wilayah Kecamatan Mariso. Pengukuran ini mempertimbangkan arah utama pada jaringan jalan, yakni barat, timur,

utara, dan selatan. Data hasil pengukuran tersebut digunakan sebagai *input* utama dalam penerapan algoritma optimasi, khususnya *Simulated Annealing*, untuk menentukan rute pengantaran tercepat dalam sistem distribusi J&T Express.

Pendekatan ini bertujuan untuk menghasilkan rute optimal dengan meminimalkan waktu tempuh dan total jarak yang dilalui, melalui pemodelan graf berbobot yang merepresentasikan kondisi nyata dari jaringan jalan yang digunakan kurir J&T Express saat menjalankan proses pengantaran paket.

Langkah-langkah Pengukuran Jalan :

### 1. Identifikasi Titik-Titik pada *Graf*

Titik-titik simpul pada graf ditempatkan secara sistematis pada lokasi strategis seperti perempatan, pembelokan, dan persimpangan penting yang berada di jaringan jalan utama di Kecamatan Mariso. Penempatan titik-titik ini mempertimbangkan arah dominan arus kendaraan (barat–timur dan utara–selatan), serta keberadaan lampu lalu lintas yang dapat memengaruhi kecepatan tempuh.

### 2. Setiap simpul merepresentasikan posisi geografis yang secara operasional menjadi titik keputusan

bagi kurir dalam memilih arah perjalanan. Penentuan simpul ini bertujuan untuk menciptakan representasi graf yang akurat terhadap kondisi jalan sebenarnya, sehingga proses optimasi rute yang dilakukan oleh algoritma dapat memperhitungkan kompleksitas navigasi di lapangan secara realistik.

### 3. Pengukuran Jarak Antar Titik

Pengukuran jarak antar simpul dilakukan dengan mengacu pada data peta digital, seperti Google Maps, guna memperoleh estimasi jarak yang akurat dan representatif terhadap kondisi Lalulintas. Pengukuran ini mengikuti arah horizontal (barat–timur) dan vertikal (utara–selatan), serta mempertimbangkan jalur diagonal apabila struktur jalan menunjukkan belokan kompleks, seperti dari barat laut ke tenggara atau sebaliknya.

Untuk ruas jalan dengan arah lurus, pengukuran dilakukan langsung berdasarkan estimasi jarak tempuh kendaraan. Sementara untuk jalur diagonal atau bercabang, dilakukan pengukuran

sesuai jalur aktual kendaraan mengikuti kontur jalan yang tersedia. Pendekatan ini memastikan bahwa bobot antar simpul dalam graf tidak hanya merepresentasikan jarak matematis, tetapi juga mencerminkan kondisi medan yang dilalui oleh kurir.

Dengan demikian, hasil pengukuran ini akan digunakan sebagai nilai bobot pada edge (sisi) dalam struktur graf, yang kemudian menjadi *input* penting dalam evaluasi fungsi objektif pada proses simulasi algoritma *Simulated Annealing* untuk menghasilkan rute pengantaran yang optimal.

## B. Simulasi dan Hasil Optimasi Rute Algoritma *Simulated Annealing* Pada Sitem Pengantaran J&T Express di kecamatan Mariso

### 1. Hasil Pengujian Algoritma

Pada bagian ini disajikan hasil evaluasi terhadap kinerja *algoritma Simulated Annealing* (SA) dalam menentukan rute pengantaran tercepat untuk kurir J&T Express di Kecamatan Mariso. Pengujian dilakukan secara bertahap melalui beberapa skenario simulasi dengan parameter yang bervariasi, meliputi jumlah titik pengantaran, bobot estimasi waktu tempuh, serta distribusi lokasi.

Data pengujian diperoleh melalui pendekatan pengukuran jarak antar simpul berdasarkan panjang ruas jalan yang tersedia, serta estimasi waktu tempuh yang diperoleh dari data historis dan observasi lapangan. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan rute konvensional yang biasa dilalui oleh kurir dengan rute yang dihasilkan oleh algoritma, untuk menilai efektivitas optimasi waktu tempuh yang dicapai.

Penelitian ini menggunakan algoritma Simulated Annealing untuk mencari rute optimal dari suatu titik awal (Titik K35) menuju sejumlah titik tujuan (Titik I50, J32, dan L41) dalam konteks distribusi barang. Pemilihan rute didasarkan pada estimasi waktu tempuh total, yang mencakup faktor jarak, kecepatan kendaraan, kondisi kemacetan, serta waktu delay saat proses drop barang di masing-masing titik.

Kecepatan kendaraan diasumsikan sebagai berikut:

- a. Kecepatan normal: 30 km/jam → 500 meter/menit
- b. Delay drop barang :
  1. Titik **L42** → **L41** : 3 menit

2. Titik **J15 → J32** : 3 menit
  3. Titik **J24 → I50** : 7 menit
  4. Total Delay drop barang(berhenti) : 13 menit
- c. Waktu mulai perjalanan adalah pukul 07:00 WITA.

Simulasi ini bertujuan untuk mengkaji sejauh mana algoritma SA mampu mengidentifikasi rute yang lebih efisien dibandingkan pendekatan manual, serta mengukur pengaruh faktor eksternal seperti estimasi kemacetan pada jam-jam tertentu.

#### 1. Rute Awal dan Perhitungan waktu tempuh

Rute awal yang digunakan dalam eksperimen ini adalah: Titik Awal K35 → Titik I50 → Titik J32 → Titik L41 :

- a. Titik Awal K35 → Titik I50
  1. Awal mulai : Jl.Opu Daeng Siradju
  2. Lokasi Tujuan : Jl. Nuri Lama
  3. Rute yang di lalui : Jl. Opu Daeng Siradju → Jl. Kakatua → Jl. Gagak → Jl. Merak → Jl. Nuri Lama
  4. Jarak : 1.2 Km
  5. Status macet: Ya
  6. Waktu tempuh: 3 Menit 30 detik
  7. Delay drop barang di I50: 7 menit
  8. Tiba di I50: 07:03 WITA

#### b. Titik I50 → Titik J32

1. Awal mulai : Jl. Nuri Lama
2. Lokasi Tujuan : Jl. Seruni
3. Rute yang di lalui : Jl. Nuri lama → Jl. Nusa Indah → Jl. Dahlia → Jl. Seruni
4. Jarak : 500 M
5. Status macet: tidak
6. Waktu tempuh: 2 Menit
7. Delay drop barang di J32: 3 menit
8. Tiba di J32: 07:12 WITA

#### c. Titik J32 → Titik L41

- a. Awal mulai : Jl. Seruni
  - b. Lokasi Tujuan : Jl. Nuri Baru
  - c. Rute yang di lalui : Jl. Seruni → Jl. Dahlia → Jl. Kenanga → Jl. Nuri Lama → Jl. Nuri Baru
  - d. Jarak : 650 M
  - e. Status macet: Ya
  - f. Waktu tempuh: 3 Menit 20 detik
  - g. Delay drop barang di L41: 3 menit
  - h. Tiba di L41: 07:15 WITA
- d. Hasil Rute Manual K35(Titik Awal) → Titik I50 → Titik J32 → Titik L41

Komponen	Total
Total Jarak	2.350 Km
Total Waktu Tempuh	8 menit 50 detik
Total Delay Drop	13 menit
Total Waktu Keseluruhan	21 menit 50 detik
Estimasi Waktu Tiba Akhir	07:21 WITA

Tabel 4. 1Table Rute Manual

## 2. Mekanisme Kerja Algoritma

Setelah menentukan rute awal K35 → I50 → J32 → L41 sebagai rute Manual, algoritma Simulated Annealing (SA) digunakan untuk mengevaluasi beberapa kemungkinan pertukaran urutan titik pengiriman, dengan tujuan untuk meminimalkan total waktu tempuh keseluruhan. Evaluasi ini mempertimbangkan jarak antar titik, status kemacetan pada masing-masing segmen jalan, serta waktu delay saat proses drop barang ke costumer.

Simulasi memperhitungkan kecepatan kendaraan yang dibedakan berdasarkan kondisi lalu lintas:

- a. Kecepatan normal: 30 km/jam
- b. Waktu mulai pengantaran: 07:00 WITA

Algoritma Simulated Annealing dalam penelitian ini diterapkan untuk mencari urutan rute pengantaran yang paling optimal berdasarkan waktu tempuh dan kondisi kemacetan. Proses dimulai dari titik awal K35 (lokasi JNT Express) dan diarahkan menuju beberapa titik lokasi pengantaran, yaitu Titik L41, J32 dan I50. Mekanisme pencarian dilakukan dengan cara menukar urutan titik tujuan secara acak dan mengevaluasi setiap kemungkinan rute berdasarkan total waktu tempuh serta delay akibat kemacetan.

Untuk mencari kemungkinan rute yang lebih optimal, algoritma SA melakukan pertukaran urutan titik pengiriman secara acak dan mengevaluasi setiap kombinasi berdasarkan total waktu tempuh serta delay akibat kemacetan.

Hasil Optimasi yang dioleh :

- a. Hasil dari proses optimasi menunjukkan bahwa urutan rute terbaik adalah sebagai berikut :

$$K35 \rightarrow L41 \rightarrow J32 \rightarrow I50$$

Urutan ini di anggap optimal karena :

- b. Mampu meminimalkan total waktu tempuh menjadi 19.12 menit, dengan total jarak 1.706 meter dan delay berhenti sebesar 13 menit.
- c. Menghindari Jalur Berulang *backtracking*.
- d. Mempertimbangkan kondisi kemacetan pada jam sibuk, di mana sebagian besar ruas jalan yang dilalui adalah non-macet, dan rute yang melewati jalan macet hanya dipilih jika tidak ada alternatif lebih baik.

3. Pemilihan Jalur Berdasarkan Algoritma SA

Titik Utama K35 :

- a.  $K35 \rightarrow L41$

Jalur yang dihasilkan adalah:  
 $K35 \rightarrow K39 \rightarrow K40 \rightarrow K41 \rightarrow L4 \rightarrow L5 \rightarrow L42 \rightarrow L41$

Rute ini melewati Jl. Baji Minasa dan Jl. Nuri Baru, yang sebagian besar statusnya macet, dengan satu titik berhenti di L42 ke L41 menyebabkan delay berhenti selama 3 menit.

- Waktu tiba di L41: **07:05 WITA**

- Total delay berhenti: **3 menit**

b. L41 → J32

Jalur yang dihasilkan adalah :

L41 → L7 → L6 → L40 → J44 → J43 → J42 → L31 → L30 → L29 → J22 → J21 → J20  
→ J16 → J15 → J32

Rute ini melalui jalan alternatif seperti Jl. Nuri Baru, Jl. Anggrek I & II, dan Jl. Dahlia. Secara umum, rute ini lancar meskipun tidak terdapat titik kemacetan yang menyebabkan penurunan kecepatan di J15, namun menyebabkan delay berhenti 3 menit.

- Waktu tiba di J32: **07:11 WITA**

- Delay berhenti di J15: **3 menit**

c. J32 → I50

Jalur yang dihasilkan adalah:  
J32 → J31 → J30 → J25 → J27 → J26 → J24 → I50

Rute ini melewati Jl. Matahari, Jl. Nusa Indah 1, dan Jl. Nuri, dengan beberapa titik macet dan mengalami penurunan kecepatan namun tidak berdampak pada waktu tempuh.

- Waktu tiba di I50: **07:19 WITA**

- Delay berhenti di I50: **7 menit**

#### 4. Perbandingan Rute

Aspek	Rute Manual	Simulated Annealing
Urutan Kunjungan	K35 → I50 → J32 → L41	K35 → L41 → J32 → I50
Total waktu	21 menit 50 detik	19 menit
Pertimbangan Kondisi	-	Berdasarkan Algortima

Pemilihan		Berdasarkan jarak			Berdasarkan total waktu tempuh			
-----------	--	-------------------	--	--	--------------------------------	--	--	--

Tabel 4. 2 Perbandingan Rute

No.	Titik Asal	Titik Tujuan	Nama Jalan	Jarak (m)	Macet	Waktu Tempuh (mnt)	Delay Berhenti (mnt)	Tiba di
1	K35	K39	Jl. Baji Minasa	216	Ya	1.3	0	7:01
2	K39	K40	Jl. Baji Minasa	44	Ya	0.26	0	7:01
3	K40	K41	Jl. Baji Minasa	34	Ya	0.2	0	7:01
4	K41	L4	Jl. Baji Minasa	80	Ya	0.48	0	7:02
5	L4	L5	Jl. Baji Minasa	48	Ya	0.29	0	7:02
6	L5	L42	Jl. Baji Minasa 2	88	Tidak	0.13	0	7:02
7	L42	L41	Jl. Nuri Baru	41	Ya	0.25	6	7:08
8	L41	L7	Jl. Nuri Baru	95	Ya	0.57	0	7:09
9	L7	L6	Jl. Nuri Baru	82	Ya	0.49	0	7:09
10	L6	L40	Jl. Nuri Baru	55	Tidak	0.08	0	7:10
11	L40	J44	Jl. Anggrek I	85	Tidak	0.13	0	7:10
12	J44	J43	Jl. Anggrek I	32	Tidak	0.05	0	7:10
13	J43	J42	Jl. Anggrek I	44	Tidak	0.07	0	7:10

Tabel 4. 3 Rincian Jalur Pengantaran

14	J42	L31	Jl. Anggrek II	59	Tidak	0.09	0	7:10
15	L31	L30	Jl. Anggrek II	25	Tidak	0.04	0	7:10
16	L30	L29	Jl. Anggrek II	42	Tidak	0.06	0	7:10
17	L29	J22	Jl. Dahlia	68	Tidak	0.1	0	7:10
18	J22	J21	Jl. Dahlia	37	Tidak	0.06	0	7:10
19	J21	J20	Jl. Dahlia	25	Tidak	0.04	0	7:10
20	J20	J16	Jl. Dahlia	93	Tidak	0.14	0	7:10
21	J16	J15	Jl. Dahlia	49	Ya	0.29	0	7:11
22	J15	J32	Jl. Seruni	110	Tidak	0.16	3	7:14
23	J32	J31	Jl. Matahari	45	Tidak	0.07	0	7:14
24	J31	J30	Jl. Matahari	43	Tidak	0.06	0	7:14
25	J30	J25	Jl. Matahari	49	Tidak	0.07	0	7:14
26	J25	J27	Jl. Nusa Indah 1	54	Ya	0.32	0	7:14
27	J27	J26	Jl. Nuri	15	Tidak	0.02	0	7:14
28	J26	J24	Jl. Nuri	23	Ya	0.14	0	7:14
29	J24	I50	Jl. Nuri	25	Ya	0.15	4	7:19

Tabel 4. 4 Rute Optimal Hasil Simulated Annealing

Tujuan	Titik Awal	Titik Akhir	Jarak (m)	Waktu Tempuh (menit)	Delay Total (menit)	Jam Tiba
<b>Tujuan 1</b>	K35	L41	646	4.82	Macet	7:05
<b>Tujuan 2</b>	L41	J32	915	6.84	Stop 13	7:11
<b>Tujuan 3</b>	J32	I50	145	7		07:19
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>1706</b>	<b>13.82</b>	<b>13</b>	<b>7:19</b>

Tabel 4. 5Ringkasan Perjalanan pertujuan



## ORIGINALITY REPORT



## PRIMARY SOURCES



1	adoc.pub Internet Source	<1 %
2	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
3	www.slideshare.net Internet Source	<1 %

Exclude quotes

Off

Exclude bibliography

Off

Exclude matches

Off

# BAB V Andika Saputra

## 105841100521

*by Tahap Tutup*



---

**Submission date:** 21-Aug-2025 08:37AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2732636444

**File name:** BAB\_V\_14.docx (1.85M)

**Word count:** 232

**Character count:** 1566

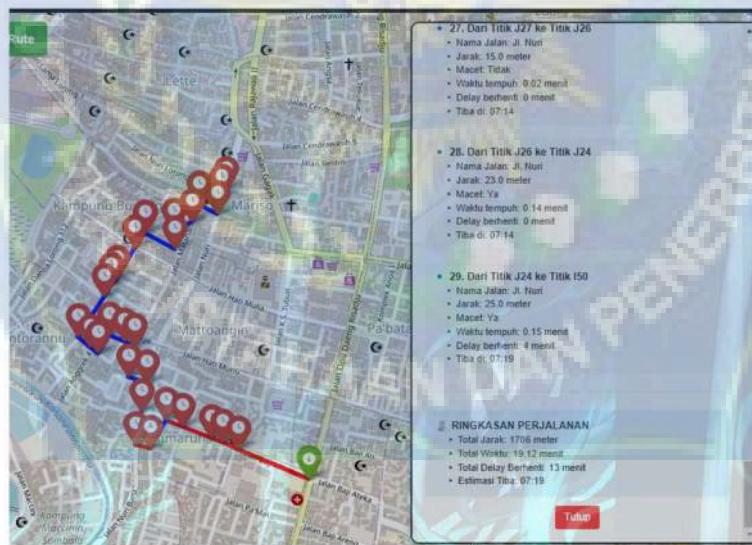
## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penambahan delay akibat kemacetan dan berhenti di titik drop barang secara signifikan mempengaruhi waktu total tempuh. Rute dengan jalur langsung dan urutan yang memperkecil jumlah putar balik menghasilkan waktu optimal. Proses pertukaran titik pada Simulated Annealing yang tidak menghasilkan rute lebih cepat secara otomatis ditolak.

Pengaruh kondisi jalan (macet atau tidak) yang diambil berdasarkan data aktual sangat penting dalam memodelkan pergerakan kendaraan dan perencanaan distribusi. Oleh karena itu, integrasi data kemacetan dalam algoritma SA terbukti meningkatkan akurasi hasil pencarian rute optimal.



## B. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Integrasi Real-Time Traffic Data:

Untuk meningkatkan akurasi estimasi waktu tempuh, sebaiknya sistem diintegrasikan dengan data lalu lintas real-time seperti dari Google Traffic atau API navigasi lainnya.

2. Optimasi Berbasis Kategori Paket:

Tambahkan logika prioritas berdasarkan jenis layanan (reguler vs kilat) atau berat paket, sehingga algoritma mempertimbangkan urutan berdasarkan urgensi pengantaran.

3. Perbandingan dengan Algoritma Lain:

Lakukan eksperimen pembanding dengan algoritma heuristik lainnya seperti Genetic Algorithm atau Ant Colony Optimization untuk mengetahui kelebihan dan kelemahan relatif Simulated Annealing.

4. Visualisasi Hasil:

Penerapan visualisasi hasil rute dalam bentuk peta interaktif atau GUI sederhana akan sangat membantu stakeholder J&T Express dalam memahami manfaat sistem.

5. Automatisasi Sistem Logistik J&T:

Penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan sistem navigasi otomatis untuk kurir J&T berbasis algoritma optimasi, yang diintegrasikan ke dalam sistem logistik mereka.

ORIGINALITY REPORT



MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

3%

★ download.garuda.ristekdikti.go.id

Internet Source

Exclude quotes

On

Exclude bibliography

On

Exclude matches

< 2%

