

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap perusahaan perlu mengoptimalkan penggunaan jalur distribusi dalam melaksanakan proses distribusinya. Menurut Fandi Tjiptono, distribusi di artikan sebagai kegiatan pemasaran yang memperlancar dan mempermudah penyampaian barang dan jasa dari produsen ke konsumen. Penting bagi perusahaan untuk memiliki sistem distribusi dan transportasi yang efisien agar produk dapat sampai tepat waktu pada lokasi yang ditentukan kepada konsumen. Sedangkan transportasi adalah aspek terpenting dari logistik dan infrastruktur dasar bagi pertumbuhan ekonomi (Sembiring et al., 2023). Oleh karena itu, dalam melakukan pendistribusian perlu dilakukan penentuan rute yang optimal. Dalam pemilihan rute yang optimal, perlu diketahui jarak antar lokasi tujuan sehingga dapat dipilih jalur terbaik dari titik awal ke titik tujuan tersebut. Dengan demikian, pendistribusian yang sukses memerlukan pemilihan rute yang optimal dan efisien.

Proses pemindahan suatu produk atau jasa harus dikembangkan dan dikelola sesuai dengan visi dan misi perusahaan dalam memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen untuk menghadapi kondisi lingkungan tertentu yang bisa juga dinamakan manajemen distribusi. Manajemen Distribusi dapat didefinisikan sebagai suatu strategi dalam mengembangkan saluran distribusi dengan melakukan perencanaan, pengorganisasian, pengoperasian, dan pengawasan untuk mencapai tujuan perusahaan. Dengan adanya manajemen, saluran distribusi yang direncanakan diharapkan dapat menyesuaikan dengan kondisi lingkungan perusahaan dan memberikan penyesuaian untuk mencapai tujuan yang diinginkan perusahaan. Tujuan perusahaan tak lepas dari kebutuhan dan keinginan konsumen agar kepuasan dapat terjaga atau bahkan meningkat karena dalam distribusi ada 2 peran yang saling mempengaruhi yaitu produsen sebagai sisi prinsipal yang memiliki peran untuk memastikan bahwa produk bisa tersebar secara merata dan konsumen yang memiliki peran sebagai bagaimana konsumen dapat menerima produk atau jasa dengan mudah (Zepamungkas & Handayani, 2021).

Optimisasi merupakan suatu upaya sistematis untuk memilih elemen terbaik dari suatu kumpulan elemen yang ada. Optimisasi bisa dinyatakan sebagai suatu usaha sistematis untuk mencari nilai minimum atau maksimum dari suatu fungsi. Dengan kata lain, optimisasi merupakan proses mencari nilai terbaik berdasarkan fungsi tujuan dengan daerah asal yang telah didefinisikan (Risqiyanti et al., 2019). Permasalahan yang berkaitan dengan optimisasi sangat kompleks dalam kehidupan sehari-hari.

Menurut Darina, et al (2021) *Vehicle Routing Problem* (VRP) yaitu permasalahan dalam menentukan rute yang kurang optimal. VRP menjadikan masalah yang sering ditemui dalam proses distribusi seperti bagaimana melayani pelanggan yang tersebar di berbagai tempat. Penyelesaian VRP akan memberikan jarak atau waktu yang terpendek atau tercepat sehingga biaya operasional dapat ditekan seefisien mungkin (Sepadyati et al., 2023). Jarak minimum dan biaya minimum seringkali terkait erat. *Traveling Salesman Problem* (TSP) dan *Bin Packing Problem* (BPP) adalah dua masalah pengoptimalan lainnya yang dapat digabungkan untuk membentuk VRP.

Menurut Suparmi, et al (2020) *Travelling Salesman Problem* dapat didefinisikan sebuah masalah optimasi yang bisa diterapkan di berbagai aktivitas seperti pendistribusian barang, penjadwalan dan pencarian jarak dan rute. Optimalisasi pada TSP digunakan untuk menentukan jalur perjalanan terpendek untuk melewati jalur yang diberikan yaitu menarik di rute tertentu sehingga setiap tujuan yang dilalui hanya sekali kirim dan diakhiri dengan pengembalian ke titik awal keberangkatan. *Travelling Salesman Problem* dapat didefinisikan sebagai pencarian urutan semua lokasi yang harus dikunjungi, mulai dari kota tertentu dan kembali lagi ke kota tersebut. Permasalahan pencarian rute terpendek dapat diselesaikan dengan algoritma optimasi. Salah satu algoritma optimasi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan rute terpendek atau *traveling salesman problem* adalah *tabu search* dan *simulated annealing*.

Dalam industri teknologi informasi (IT), TSP digunakan untuk penjadwalan rute teknisi lapangan dan untuk mengoptimalkan proses distribusi data, penjadwalan jaringan, dan rute pengiriman produk. Banyak perusahaan IT menerapkan TSP untuk berbagai skenario yang membutuhkan efisiensi waktu dan pengurangan biaya dalam penyampaian layanan. Banyak perusahaan IT yang juga mengembangkan perangkat lunak atau aplikasi yang bergantung pada pengiriman data secara cepat dan efisien. TSP digunakan untuk mengoptimalkan distribusi *software* update ke server global. Dengan menggunakan algoritma optimasi, perusahaan dapat menentukan rute pengiriman yang paling efisien untuk mendistribusikan pembaruan ke pengguna di berbagai lokasi.

PT Visionet Data Internasional adalah Perusahaan total *IT Managed Services* di Indonesia yang menawarkan cakupan nasional di 150 titik yang tersebar di seluruh Indonesia. PT. Visionet Data Internasional berfokus untuk membantu dan mendukung pelanggan dalam mengelola operasi IT dan memastikan kinerja optimal. PT Visionet Data Internasional menawarkan *outsourcing* yang terintegrasi dari layanan operasi data *Center* untuk berbagai aplikasi bisnis IT hampir di seluruh bagian Indonesia. Mulai beroperasi pada tahun 2006, PT Visionet Data Internasional sekarang telah didukung oleh lebih dari 1300 personel di sekitar Indonesia yang berada di 34 provinsi, 126 kota dan 155 titik di seluruh Indonesia. PT Visionet Data Internasional menyediakan layanan jasa di mana saja, kapan saja melalui titik pelayanan nasional dan didukung penuh oleh *contact center* yang beroperasi 24 jam selama 7 hari penuh.

SAE (*Service Area Engineer*) merupakan seseorang yang bertugas melakukan pemasangan mesin EDC pada *merchant* dan melakukan kunjungan ke *merchant* saat EDC *merchant* bermasalah sesuai dengan *request service* yang diterima. Dikarenakan ada banyak jumlah target kunjungan dalam satu hari, perusahaan perlu memperhatikan efisiensi waktu dan biaya yang dikeluarkan dalam melakukan pekerjaannya. Dalam melakukan kunjungan, SAE menentukan rute berdasarkan perkiraan saja tanpa mengetahui apakah jarak tempuh rute yang dipilih sudah minimal atau belum, sehingga mengakibatkan biaya bahan bakar yang dikeluarkan pun belum tentu minimal. Oleh karena itu diperlukan suatu metode dalam penentuan rute yang efektif sehingga dapat menghasilkan total jarak, biaya dan waktu tempuh yang minimal.

Berdasarkan uraian di atas, penulis melakukan penelitian sebagai tugas akhir dengan judul “Optimasi Rute Kunjungan *Service Area Engineer* Dengan

Membandingkan Algoritma *Tabu Search* Dan *Simulated Annealing* (Studi Kasus PT. Visionet Data Internasional)”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diangkat pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Bagaimana rute kunjungan usulan yang optimal untuk *Service Area Engineer* dengan menggunakan algoritma *Tabu Search* dan *Simulated Annealing*?
- Bagaimana perbandingan jarak dan waktu tempuh serta biaya antara rute usulan menggunakan algoritma *Tabu Search* dan *Simulated Annealing* dengan rute awal SAE?
- Bagaimana perbandingan dan efektivitas penggunaan algoritma *Tabu Search* dan *Simulated Annealing* dalam penentuan rute optimum pada SAE?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang terjadi, maka dapat diuraikan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Menentukan rute terpendek SAE yang optimal dari segi jarak tempuh, waktu tempuh dan biaya yang dikeluarkan menggunakan algoritma *Tabu Search* dan *Simulated Annealing*.
- Membandingkan jarak dan waktu tempuh serta biaya antara rute usulan menggunakan algoritma *Tabu Search* dan *Simulated Annealing* dengan rute awal SAE.
- Mengetahui perbandingan dan efektivitas penggunaan algoritma *Tabu Search* dan *Simulated Annealing* dalam penentuan rute optimum pada SAE.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini berfokus pada *Service Area Engineer* (SAE) PT. Visionet Data Internasional dengan jangkauan cluster Minasaupa, Alauddin, Talasalapang, Andi tonro, Mannuruki, Dg Tata, Cendrawasih, Kakatua, Nuri, Rajawali, Mappanyukki, Merpati, Arief Rate, Haji bau, Lagaligo, Lamadukelleng, Lasinrang, Karunrung dan Maipa dengan layanan *customer preventive maintenance* yang memenuhi syarat kunjungan dimulai dari kantor dan kembali ke kantor lagi menggunakan kendaraan sepeda motor dengan jumlah kunjungan 23-38 *merchant* perhari.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat dalam beberapa aspek yakni sebagai berikut:

- Memberikan kontribusi pada Perusahaan dalam menentukan rute kunjungan *Service Area Engineer* yang optimal agar jarak tempuh, waktu tempuh dan biaya yang dikeluarkan menjadi seminimal mungkin sehingga produktivitas perusahaan dapat meningkat.
- Memberikan gambaran betapa pentingnya penentuan rute dalam kunjungan *Service Area Engineer*.

- c. Memberikan landasan atau referensi bagi peneliti lain dalam penggunaan algoritma *Tabu search* dan *Simulated annealing* di penelitian berikutnya.

1.6 Teori

1.6.1 Distribusi

a. Definisi

Menurut Auliasari, et al (2018) Distribusi merupakan proses perencanaan dan penyediaan informasi terkait dengan proses penyimpanan hingga pengiriman suatu barang dan jasa. Distribusi merupakan salah satu faktor penting bagi suatu perusahaan dalam melakukan pengiriman produk atau jasa secara tepat kepada pelanggan. Dalam hal ini, ketepatan tersebut berkaitan dengan dasar penjadwalan dan pemilihan rute teroptimal hingga sampai ke tangan pelanggan sesuai dengan batas waktu dan permintaan pelanggan.

b. Manajemen Distribusi

Manajemen Distribusi dapat didefinisikan sebagai suatu strategi dalam mengembangkan saluran distribusi dengan melakukan perencanaan, pengorganisasian, mengoperasikan, dan pengawasan untuk mencapai tujuan perusahaan. Dengan adanya manajemen, saluran distribusi yang direncanakan diharapkan dapat menyesuaikan dengan kondisi lingkungan perusahaan dan memberikan penyesuaian untuk mencapai tujuan yang diinginkan perusahaan (Zepamungkas & Handayani, 2021).

Terdapat 2 sistem manajemen distribusi menurut Zepamungkas & Handayani, (2021), yakni:

1. Paradigma lama (*old paradigm*), yang berarti penentuan target penjualan untuk setiap jalur distribusi lebih berorientasi pada produsen sehingga produsen memiliki kuasa dalam menentukan permintaan dari mitra dan timnya dalam pendistribusian. Kunci keberhasilan distribusi ini adalah SCP (*spreading, coverage, dan penetration*)
2. Paradigma Baru (*new paradigm*), yang dimana permintaan penjualan produk atau jasa berdasarkan kebutuhan pelanggan sehingga produsen hanya sebagai sarana untuk pemenuhan permintaan dari sejumlah produk atau jasa yang dibutuhkan pelanggan. Sehingga produsen harus mengatur logistiknya sedemikian rupa agar hal tersebut bisa dilaksanakan. Keberhasilan logistik tersebut adalah Ditotef (*delivery in full on time error free*).

1.6.2 Optimasi

Optimasi merupakan suatu upaya sistematis untuk memilih elemen terbaik dari suatu kumpulan elemen yang ada. Optimasi bisa dinyatakan sebagai suatu usaha sistematis untuk mencari nilai minimum atau maksimum dari suatu fungsi. Dengan kata lain, optimasi merupakan proses mencari nilai terbaik berdasarkan fungsi tujuan dengan daerah asal yang telah didefinisikan (Risqiyanti et al., 2019).

Secara sederhana, optimasi dapat dinyatakan dengan:

$$\min/\max f(x) \quad (1)$$

Sebagai contoh, kita ambil sebuah fungsi $f(x) = x^2$, dimana x adalah anggota bilangan *real*. Di dalam contoh ini, $\min f(x)$ merupakan fungsi tujuannya karena yang dicari adalah hasil minimal dari fungsi tersebut, sedangkan x adalah daerah asal yang didefinisikan sebagai anggota bilangan *real*.

Optimasi ini umumnya mengacu pada teknik program matematika yaitu pemrograman *linier*. Pemrograman *linier* adalah suatu teknik aplikasi matematika dalam menentukan pemecahan masalah yang bertujuan untuk memaksimalkan atau meminimumkan sesuatu yang dibatasi oleh batasan-batasan tertentu, dimana hal ini dikenal juga sebagai teknik optimalisasi. Optimasi digunakan hampir di semua bidang ilmu antara lain bidang teknik, sains, ilmu sosial, ekonomi dan bisnis. Banyak permasalahan di bidang teknik, sains dan ekonomi yang dapat dinyatakan sebagai permasalahan optimasi seperti meminimalkan biaya, mempersingkat waktu, memperkecil resiko maupun memaksimalkan keuntungan dan kualitas. Optimasi juga seringkali menjadi fokus utama dalam pengambilan keputusan suatu tindakan (Chairunisah & Sihotang, 2021).

1.6.3 Traveling Salesman Problem

a. Definisi

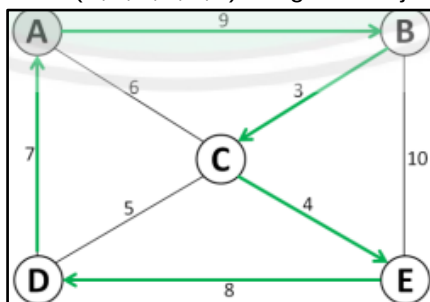
Menurut Wiyanti (2019), *Travelling Salesman Problem* (TSP) merupakan masalah klasik mencari rute terpendek yang bisa dilalui *salesman* ketika ingin mengunjungi beberapa kota tanpa harus mendatangi kota yang sama lebih dari satu kali. *Travelling Salesman Problem* adalah suatu permasalahan yang ada didalam suatu usaha pengiriman barang atau jasa. Secara formal TSP merupakan sebuah graf tidak langsung, dengan tiap titik simpul graf memiliki nilai dan akan dicari sirkuit *Hamilton* dengan nilai total minimum. Sirkuit *Hamilton* ialah sirkuit yang melalui tiap titik di dalam graf tepat satu kali, kecuali titik asal (sekaligus titik akhir) yang dilalui dua kali (Wiyanti, 2019).

Menurut Wiyanti (2019), berikut adalah aturan-aturan yang mengidentifikasi bahwa permasalahan tersebut adalah TSP:

1. Perjalanan dimulai dan diakhiri di kota yang sama sebagai kota asal *sales*.
2. Seluruh kota harus dikunjungi tanpa satupun kota yang terlewatkan.
3. *Salesman* tidak boleh kembali ke kota asal sebelum seluruh kota dikunjungi.
4. Tujuan penyelesaian permasalahan ini adalah mencari nilai optimum dengan meminimumkan jarak total rute yang dikunjungi dengan mengatur urutan kota.

Traveling Salesman Problem (TSP) diilustrasikan sebagai perjalanan *salesman* untuk menentukan jalan yang ditempuh dari suatu simpul untuk melewati semua simpul dan kembali kesimpul awal, dengan ketentuan setiap simpul hanya boleh dilewati dalam satu kali perjalanan. Penentuan lintasan dan meminimumkan biaya merupakan salah satu masalah yang dihadapi dalam perusahaan. Penentuan lintasan terpendek pada *Traveling Salesman Problem* (TSP) adalah salah satu masalah dari *graph*, bagaimana membentuk sebuah sirkuit minimum. Bobot pada sisi yang menghubungkan sepasang simpul merepresentasikan waktu, biaya, dan jarak. Data yang digunakan terdiri dari graf komplit dan berbobot, dan tujuannya adalah untuk

menemukan sebuah lintasan *Hamilton*, yaitu lintasan yang melewati seluruh titik dari graf tersebut dengan total bobot yang paling minimum. Dalam konteks TSP, lintasan *Hamilton* biasa disebut perjalanan atau rute (Sagala et al., 2022). Sebagai contoh diberikan peta seperti pada gambar 1, rute terpendeknya adalah (A,B,C,E,D,A) dengan total jarak 31



Gambar 1. Rute A-B-C-E-D-A sebagai rute terpendek

Secara umum, tujuan metode *Traveling Salesman Problem* digunakan untuk memperoleh jarak tur perjalanan terpendek atau terdekat sehingga dapat memberikan *impact* bagi biaya distribusi yang dikeluarkan oleh perusahaan. Metode *Traveling Salesman Problem* (TSP) dapat menyelesaikan permasalahan pendistribusian dengan penemuan penghematan jarak, waktu tempuh, & total waktu tempuh (Zepamungkas & Handayani, 2021).

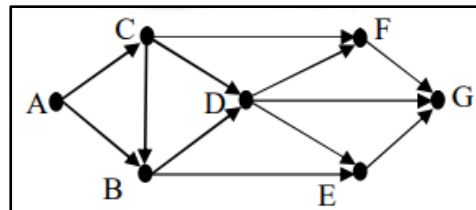
b. Algoritma Optimasi

Menurut Permana, et al (2020) Algoritma optimasi adalah suatu jenis algoritma yang berfungsi untuk memaksimalkan solusi dari suatu permasalahan agar didapatkan sebuah proses dan hasil yang optimal. Operasi algoritma optimasi terbagi menjadi dua metode, yaitu algoritma deterministik dan algoritma probabilistik. Perbedaan mendasar dari kedua jenis algoritma optimasi adalah setiap langkah eksekusi dalam proses algoritma optimasi deterministik hanya terdapat satu jalan untuk diproses, namun jika tidak ada jalan lain, maka algoritma akan dianggap selesai. Dengan demikian algoritma akan selalu menghasilkan solusi tetap dari suatu input yang diberikan. Algoritma optimasi digunakan untuk suatu permasalahan dengan skala yang tidak terlalu besar. Pada algoritma optimasi probabilistik, algoritma probabilistik digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan ruang solusi yang lebih besar, bahkan tidak terbatas. Algoritma optimasi probabilistik akan menemukan solusi yang bagus tanpa melewati batasan waktu yang telah ditetapkan. Solusi bagus optimasi probabilistik belum tentu paling optimal, namun sudah dapat diterima *user*. Contoh dari algoritma optimasi yaitu *Tabu Search*, *Dynamic Programming*, *Monte Carlo*, *Simulated Annealing* dan lain sebagainya.

c. Lintasan Terpendek

Menurut Mukti & Mulyono, (2018) Lintasan terpendek adalah lintasan minimum yang diperlukan untuk mencapai suatu tempat dari tempat tertentu. Lintasan minimum yang dimaksud dapat dicari dengan menggunakan graf. Graf adalah sekumpulan titik di dalam bidang dua dimensi yang dihubungkan dengan

sekumpulan *edge*. Sebuah graf dibentuk dari kumpulan titik yang dihubungkan dengan *edges*. Masalah lintasan terpendek sebenarnya merupakan sebuah persoalan optimasi. Masalah lintasan terpendek dapat direpresentasikan menggunakan graf terhubung yang berbobot. Bobot dalam graf tersebut dapat berupa biaya, waktu, dan jarak. Oleh karena itu, masalah lintasan terpendek tidak hanya dilihat dari sudut pandang jarak saja. Namun inti dari masalah lintasan terpendek ini adalah menemukan bobot minimal dari lintasan yang dilalui dalam graf.



Gambar 2. Graf ABCDEFG

Berdasarkan gambar 2, apabila dari *dealer* A ingin menuju *dealer* G maka dapat dipilih rute yang tersedia, yaitu.

A - C - F - G
 A - C - D - F - G
 A - C - D - G
 A - C - D - E - G
 A - C - B - D - F - G
 A - C - B - D - G
 A - C - B - D - E - G
 A - C - B - E - G
 A - B - D - F - G
 A - B - D - G
 A - B - D - E - G
 A - B - E - G

Berdasarkan data di atas, dapat dihitung jarak terpendek dari *dealer* A menuju *dealer* G dengan menghitung jarak antar *dealer* tersebut. Apabila jarak antar *dealer* belum diketahui, jarak dapat dihitung berdasarkan koordinat *dealer-dealer* tersebut dan dihitung jarak terpendek dari *dealer* A menuju *dealer* G. Secara umum pencarian rute terpendek dapat dibedakan menjadi dua metode, yaitu metode *konvensional* dan metode *metaheuristik*. Metode *konvensional* menggunakan perhitungan matematis murni, sedangkan metode *metaheuristik* diterapkan menggunakan perhitungan kecerdasan buatan. Metode *metaheuristik* terdiri dari beberapa macam algoritma seperti *Simulated Annealing*, *Genetic Algorithm*, *Cross Entropy*, *Partial Swarm Optimization*, dan *Tabu Search Algorithm* (Togatorop et al., 2022).

d. Perhitungan Waktu Tempuh

Menurut Oktarina et al., 2016 Waktu tempuh adalah waktu yang dibutuhkan kendaraan selama proses pendistribusian berlangsung. Waktu tempuh dalam TSP dihitung berdasarkan jarak antara kota-kota dan kecepatan rata-rata

kendaraan atau moda transportasi yang digunakan. Misalnya, jika jarak antar dua kota adalah S dan kecepatan rata-rata kendaraan adalah V , maka waktu tempuh antara kota A dan kota B adalah

$$T = \frac{S}{V} \times 60 \text{ menit} \quad (2)$$

e. Perhitungan Biaya Tempuh

Menurut Oktarina et al., 2016 Biaya perjalanan bisa berbeda-beda tergantung dari faktor-faktor seperti harga bahan bakar, konsumsi energi, biaya penginapan, atau lainnya. Secara umum, biaya dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Biaya} = \text{Jarak Total} \times \text{Biaya per kilometer} \quad (3)$$

1.6.4 *Tabu Search*

a. Definisi

Tabu search (TS) adalah suatu metode optimasi matematis yang termasuk ke dalam kelas *local search*. *Tabu Search* memperbaiki performansi *local search* dengan memanfaatkan penggunaan struktur *memory*. *Tabu Search* diperkenalkan pertama kali oleh Glover pada tahun 1970-an. Algoritma *Tabu Search* menyimpan solusi terbaik dan terus mencari berdasarkan solusi terakhir. Selain itu, metode ini mengingat sebagian solusi yang pernah ditemui dan melarang untuk menggunakan solusi yang telah ditelusuri untuk menghindari pengulangan yang sia-sia. Sebagian solusi yang pernah dibangkitkan ditandai dengan "tabu" (dalam ejaan lain "taboo" yang berarti sesuatu yang terlarang), sehingga algoritma TS tidak akan mengunjungi solusi tersebut secara berulang. Algoritma TS juga bisa menerima solusi yang lebih buruk daripada solusi saat ini. Untuk menjaga agar solusi terbaik tidak hilang, TS menyimpan solusi terbaik dan terus mencari berdasarkan solusi terakhir. Hal ini yang membuat TS menjadi lebih efisien dalam hal usaha dan waktu. Tujuan dari algoritma ini adalah mencegah terjadinya perulangan dan ditemukannya solusi yang sama pada suatu iterasi yang akan digunakan lagi pada iterasi selanjutnya. Hasil yang diperoleh pada serangkaian masalah menunjukkan dengan jelas bahwa *tabu search* lebih unggul dari metode heuristik terbaik yang ada (Muladi et al., 2020).

b. Komponen Dalam *Tabu Search*

Menurut Muladi et al., 2020 *Tabu Search* memiliki lima komponen utama, yaitu:

1. *Tabu List* merupakan memori jangka pendek yang digunakan untuk menyimpan beberapa atribut dan *move* yang sedang dilakukan untuk menentukan status *tabu* di *move* selanjutnya.
2. *Tabu Restriction* merupakan kriteria untuk menentukan status *move* yang *tabu*. Ada beberapa arahan yang dapat digunakan untuk membuat *tabu restriction*, misalnya untuk *2-interchange mechanism* dan *2-consecutive node interchange mechanism*, *move* dikatakan *tabu* jika konsumen i dan j dan konsumen i dan s kembali ke rute semula.

3. *Aspiration Criteria* yang mengesampingkan status *tabu* dari sebuah *move* yang merupakan *tabu active* dan membuat *move* tersebut diijinkan jika *move* tersebut menghasilkan solusi terbaik baru.
 4. *Stopping Rule* merupakan aturan atau kriteria untuk menghentikan seluruh proses *Tabu Search*.
 5. *Tabu Tenure* merupakan periode waktu (jumlah iterasi) di mana suatu gerakan atau solusi akan tetap berada di dalam daftar *tabu* dan tidak bisa dipilih lagi.
- c. Keunggulan *Tabu Search*
- Adapun keunggulan dari Algoritma *Tabu Search* sebagai berikut:
1. Menurut Glover (1990), Keunggulan Algoritma *Tabu Search* adalah adanya *tabu list* yang fleksibel sehingga membedakan metode ini dengan metode *Branch and Bound* yang menggunakan struktur memori yang kaku serta Metode *Simulated Annealing* yang tidak menggunakan struktur memori dan tidak menggunakan pembentukan kandidat solusi secara acak. Metode *Tabu Search* menyimpan solusi terbaik serta terus mencari berdasarkan solusi terakhir. Hal ini yang membuat Metode *Tabu Search* menjadi lebih efisien dalam hal usaha dan waktu. Kemampuan metode ini dalam menghasilkan solusi telah dimanfaatkan dalam berbagai macam permasalahan klasik dan praktis yang salah satunya dalam pemodelan graf (Peranginangin et al., 2021).
 2. Genreau & Potvin, (2010) mengemukakan bahwa Algoritma *Tabu Search* adalah pendekatan yang paling efektif untuk pemecahan masalah penentuan jalur kendaraan. Algoritma *Tabu Search* sangat populer ditahun 90an, dan sampai sekarang tetap menjadi salah satu solusi yang banyak dipakai untuk menyelesaikan permasalahan optimasi.
 3. Algoritma *Tabu Search* umumnya tidak menggunakan pembentukan kandidat solusi secara acak sebagaimana *Simulated Annealing* dan *Genetic Algorithm*. Pemilihan kandidat solusi dalam Algoritma *Tabu Search* juga tidak dilakukan secara probabilistik sebagaimana *Ant Colony*, *System Simulaed Anealling* dan *Genetic Algorithm*. Karakteristik ini menjadikan solusi yang dihasilkan Algoritma *Tabu Search* akan sama setiap kali dilakukan proses pencarian solusi untuk suatu permasalahan. Karakteristik ini juga menjadi salah satu keunggulan Metode *Tabu Search* dibandingkan dengan metode lainnya (Mubarak, 2020).
- d. Langkah langkah *Tabu Search*
- Langkah-langkah menyelesaikan TSP menggunakan algoritma *Tabu Search* adalah sebagai berikut:
1. Menentukan solusi awal. Solusi ini akan menjadi titik awal proses pencarian solusi-solusi lain yang mendekati optimal.
 2. Menentukan solusi tetangga atau solusi alternatif didapat melalui *move*. *Move* yang dilakukan tidak boleh *tabu*, dalam artian gerakan yang terdapat di dalam *tabu list* tidak boleh digunakan lagi untuk mencari solusi tetangga.
 3. Mengevaluasi solusi-solusi alternatif dengan *tabu list* untuk melihat apakah

kandidat solusi (solusi alternatif) tersebut sudah ada pada *tabu list*. Apabila solusi alternatif sudah ada dalam *tabu list*, maka solusi alternatif tersebut tidak akan dievaluasi lagi. Apabila solusi alternatif belum terdapat dalam *tabu list*, maka solusi alternatif tersebut disimpan dalam *tabu list* sebagai solusi alternatif terbaik.

4. Memilih solusi terbaik dari semua daftar calon solusi alternatif dan menetapkan sebagai solusi optimum baru.
5. Memperbarui *tabu list* dengan memasukkan solusi optimum baru.
6. Apabila kriteria pemberhentian terpenuhi maka proses berhenti dan diperoleh solusi optimum. Jika tidak, proses kembali berulang dimulai dari langkah kedua. Kriteria pemberhentian dapat berupa salah satu dari kondisi-kondisi berikut ini:
 - a. Solusi yang dihasilkan telah mencapai nilai tertentu yang diharapkan.
 - b. Tidak didapatkan *neighborhood* dari solusi yang dihasilkan.
 - c. Jumlah iterasi telah melampaui batas maksimum iterasi yang diperbolehkan.
 - d. Jumlah iterasi melampaui batas jumlah maksimum iterasi yang ditentukan.

(Aisyah & Ahyaningsih, 2019)

1.6.5 Simulated Annealing

a. Definisi

Simulated Annealing (SA) adalah penyelesaian secara *heuristic* untuk mencari penyelesaian optimal dari sebuah persoalan dengan beberapa kali melakukan pencarian lokal optimal, dan secara dinamis melakukan penggantian secara probabilitas penyelesaian yang telah diterima namun lebih lemah dari penyelesaian yang lebih kuat. Teknik SA pertama kali diperkenalkan oleh Kirkpatrick (1982). Teknik SA melakukan proses simulasi pendinginan dari bahan padat dan keras yang dikenal dengan istilah *Annealing*. Walau demikian analogi ini dibatasi dengan gerak fisik dari molekul tanpa melibatkan kompleksitas *system thermo* dinamik. SA telah mendapatkan perhatian karena dapat diaplikasikan pada lingkup yang luas suatu persoalan optimasi *diskrit* dan *kontinyu*. *Simulated Annealing* adalah sebuah metode berdasarkan terbentuknya pemrosesan logam. *Annealing* (memanaskan kemudian mendinginkan) dalam proses logam adalah suatu proses bagaimana membuat logam bentuk cair berangsur-angsur menjadi bentuk yang lebih padat seiring dengan penurunan temperatur. *Simulated Annealing* merupakan suatu algoritma pencarian acak, yang tidak hanya dapat menerima nilai obyektif yang selalu turun, juga terkadang dapat menerima nilai obyektif yang naik. *Simulated Annealing* adalah algoritma optimasi yang mempunyai sifat generik. Dengan berbasis mekanik statistik dan probabilitas, algoritma ini mempunyai kelebihan dalam pencarian pendekatan suatu permasalahan dengan solusi optimum global dan melalui proses *annealing* (pendinginan). Pada umumnya, suatu masalah yang membutuhkan algoritma *Simulated Annealing* adalah optimasi

kombinatorial, seperti halnya tidak memungkinkan solusi optimum untuk sebuah permasalahan dalam ruang pencarian solusi yang begitu kompleks (Mubarak, 2020).

b. Istilah Dalam *Simulated Annealing*

Istilah yang akan digunakan pada algoritma *simulated annealing* menurut Andriansyah, et al (2020) antara lain:

1. Parameter awal, ditentukan sendiri dan memegang peranan yang sangat penting karena akan mempengaruhi jalannya algoritma. Parameter awal ini terdiri dari: suhu awal (T_0), merupakan penanda awal iterasi dimana suhu awal ini akan terus berkurang hingga mencapai suhu akhir. suhu akhir (T_a), merupakan batas akhir dari iterasi dimana iterasi sudah dapat dihentikan. Faktor reduksi suhu (r), merupakan angka yang digunakan untuk menurunkan suhu secara bertahap. Angka replikasi (R), merupakan angka yang menunjukkan berapa kali *loop* (perulangan) yang harus dilakukan sebelum menurunkan suhu.
2. Solusi awal (S_a), adalah suatu state yang menjadi acuan awal dimulainya algoritma *simulated annealing*. Dalam hal ini *state* awal dicari dengan random.
3. Tetangga / *neighborhood* (S_b), adalah solusi yang didapatkan dari solusi sebelumnya dengan metode tertentu. Cara pembuatan solusi *neighborhood* ini tidak ada teorinya sehingga harus ditentukan suatu metode yang akan digunakan.
4. Probabilitas (P), ciri dari algoritma *simulated annealing* adalah dimungkinkannya penerimaan solusi yang lebih jelek dari solusi sebelumnya asalkan dapat memenuhi suatu probabilitas tertentu. Hal inilah yang membuat solusi tidak terjebak dalam optimum lokal.
5. *Cooling rate* adalah kecepatan penurunan suhu selama proses pencarian solusi optimal.

c. Keunggulan *Simulated Annealing*

Menurut Nugracia (2020) algoritma *Simulated Annealing* (SA) memiliki sejumlah keunggulan dalam konteks penentuan rute optimal antara lain:

1. Pencarian Global yang Efektif
Berbeda dengan metode lain yang lebih cenderung pada pencarian lokal, SA melakukan pencarian global yang lebih luas pada ruang solusi. Ini memungkinkan SA untuk menemukan solusi yang lebih optimal, terutama pada masalah optimisasi yang memiliki banyak solusi lokal.
2. Kemampuan untuk Memperbaiki Solusi Secara Bertahap
Dalam penentuan rute optimal, SA melakukan perbaikan solusi secara bertahap, dimulai dari solusi awal acak. Dengan proses yang menyerupai proses fisik pelonggaran (*annealing*) pada logam, suhu secara bertahap menurun seiring waktu, sehingga algoritma secara perlahan semakin sulit menerima solusi yang lebih buruk dan cenderung memperbaiki solusi yang lebih baik.

d. Proses *Simulated Annealing*

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam proses *Simulated Annealing* yaitu sebagai berikut:

1. Inisialisasi rute awal yang dipilih secara random. Memilih rute awal dengan cara random sebagai posisi awal iterasi dalam proses *Simulated Annealing*.
2. Parameter awal memiliki nilai yang cukup besar agar dapat terhindar dari *bad local optimal*.
3. Mekanisme pertukaran. Proses pertukaran dilakukan dengan menentukan kota yang dibutuhkan sebagai pertukaran solusi yang dianggap sebagai iterasi.
4. Fungsi objektif permasalahan. Proses evaluasi dari setiap fungsi biaya yang berubah karena proses iterasi dari mekanisme pertukaran.
5. *Annealing schedule*. Fungsi *annealing schedule* yang digunakan adalah:

$$T_{i+1} = \alpha \times T_i \quad (4)$$

α (*alpha*) adalah sebuah konstanta untuk menurunkan parameter kontrol dengan $\alpha < 1$. Pengalaman menunjukkan bahwa α yang digunakan sebaiknya adalah antara 0,8 sampai 0,99. Hasil yang baik biasanya diperoleh ketika α mendekati 0.99. Tetapi, semakin besar α maka akan semakin lama pula proses penurunan temperatur untuk mencapai kriteria berhenti.

6. Kriteria penghentian proses *Simulated Annealing*. Beberapa metode yang biasa digunakan sebagai mengontrol penghentian algoritma yaitu dilihat dari:
 - 1) Maksimum jumlah iterasi.
 - 2) Nilai minimum parameter kontrol.
 - 3) Nilai minimum fungsi objektif.
 - 4) Nilai minimum dari tingkat penerimaan

Struktur algoritma *Simulated Annealing* pada *Travelling Salesman Problem* adalah sebagai berikut

- Evaluasi rute awal. Jika rute awal merupakan sebuah tujuan, maka pencarian keluar dan selesai. Jika bukan, maka lanjutkan dengan menetapkan rute awal sebagai rute sekarang.
- Inisialisasi *BEST-SO-FAR* dengan rute sekarang.
- Inisialisasi sesuai dengan *annealing schedule*.
- Ulangi hingga solusi ditemukan atau sudah tidak ada lagi aturan yang bisa diaplikasikan ke rute sekarang.
 - 1) Pilih sebuah aturan belum pernah digunakan untuk menghasilkan rute baru.
 - 2) Evaluasi rute yang baru dengan menghitung menggunakan:

$$\Delta E = Z_c - Z_n \quad (5)$$

- I. Jika rute baru merupakan sebuah tujuan, maka pencarian keluar dan berhasil.

- II. Jika rute baru bukan merupakan tujuan tetapi mempunyai nilai yang lebih baik daripada rute sekarang ($Z_n \leq Z_c$) maka tetapkan rute baru sebagai rute sekarang. Demikian juga tetapkan *BEST-SO-FAR* ke rute yang baru.
- III. Jika nilai rute baru tidak lebih baik dibandingkan nilai rute sekarang ($Z_n > Z_c$) maka rute baru ditetapkan sebagai rute sekarang dengan probabilitas:

$$p = e^{-\frac{Z_c - Z_n}{T_i}} \quad (6)$$

Z_c = Nilai rute sekarang

Z_n = Nilai rute baru

T_i = Sebuah parameter yang cenderung untuk menerima rute baru.

Langkah ini dikerjakan dengan membangkitkan sebuah bilangan random pada interval 0,1. Jika $r < p$, maka rute baru menjadi rute sekarang. Jika tidak, maka tidak akan dikerjakan apapun.

3) Perbaiki T berdasarkan *annealing schedule*

- *BEST-SO-FAR* merupakan solusi minimum global yang diharapkan.

Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan pada *Travelling Salesman Problem*:

- 1) Tentukan rute awal dengan memilih rute awal yang dilalui *salesman* secara random dan hitung total biaya perjalanan (Z_c).
 - 2) Tentukan T awal yaitu $T_i = \alpha \times Z_c$ dengan $i = 1$, $\alpha = 0,99$ dan Z_c biaya, jarak tempuh dan waktu rute awal yang dilalui *salesman* secara random atau acak.
 - 3) Jalankan iterasi dengan menukarkan posisi kota dari rute yang dilalui *salesman* secara random tadi dengan cara membangkitkan bilangan random pada range 0,1. Evaluasi rute baru dengan cara sebagai berikut:
 - a) Jika rute baru merupakan sebuah tujuan, maka iterasi dilanjutkan hingga maksimum jumlah iterasi yang dilakukan.
 - b) Jika rute baru bukan merupakan sebuah tujuan, namun mempunyai nilai yang lebih baik dari rute sekarang ($Z_n \leq Z_c$) maka rute baru dapat di tetapkan sebagai rute sekarang.
 - c) Jika nilai rute baru tadi tidak lebih baik dibandingkan nilai rute sekarang ($Z_n > Z_c$), maka tetapkan rute baru sebagai rute sekarang dengan probabilitas seperti pada persamaan (3). Langkah ini dapat dikerjakan dengan membangkitkan sebuah bilangan random r pada range 0,1. Jika kondisi nilai $r \leq p$, maka rute baru boleh menjadi rute sekarang. Jika kondisi nilai $r > p$, maka rute baru tidak boleh menjadi rute sekarang.
 - 4) Perbaiki nilai dari T sesuai dengan *annealing schedule* seperti pada persamaan (1).
 - 5) Lakukan kembali langkah 3 dan 4 untuk selanjutnya menentukan rute yang akan dihitung.
 - 6) Terus lakukan iterasi sampai kriteria terpenuhi.
- (Permana et al., 2020)

1.6.6 Matrix Laboratory (MATLAB)

Menurut Irawan (2012), *Matlab* adalah paket perangkat lunak yang memungkinkan melakukan perhitungan matematika dan komputasi, menganalisis data, mengembangkan algoritma, melakukan simulasi dan pemodelan, dan menghasilkan tampilan grafis dan antarmuka pengguna grafis. *Matlab* dikembangkan sebagai bahasa pemrograman sekaligus alat *visualisasi* yang menawarkan banyak kemampuan untuk menyelesaikan berbagai kasus yang berhubungan langsung dengan disiplin keilmuan matematika. Pada akhirnya bahasa pemrograman akan semakin memberikan kemudahan bagi pemakainya dengan penambahan fungsi-fungsi yang mudah digunakan (Risqiyantri et al., 2019)

1.7 Penelitian Terdahulu

Peneliti membutuhkan berbagai penelitian terdahulu sebagai bahan referensi dalam melakukan penelitian ini. Berikut penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini.

Penelitian berjudul penugasan rute distribusi PT. Yakult Indonesia Persada Cabang Lhokseumawe dengan menggunakan Algoritma *Tabu Search*, oleh Ritonga dkk (2021) diaplikasikan melalui *software Python*. PT. Yakult Indonesia Persada menghadapi tantangan dalam distribusi produk ke berbagai wilayah di Aceh, menggunakan 7 mobil boks dan 1 sepeda motor, tanpa mempertimbangkan efisiensi kendaraan dan kapasitas angkut secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi total jarak distribusi sehingga dapat menghemat biaya operasional. Dengan memanfaatkan algoritma *Tabu Search*, penelitian ini berhasil mempersingkat jarak distribusi pada semua rute yang dianalisis. Seperti pada rute 1 jarak berkurang dari 1133,9 km menjadi 1065,4 km, dan pada rute 7 dari 1304,4 km menjadi 1248,6 km. Penelitian ini juga memanfaatkan algoritma heuristik lainnya, seperti *Nearest Neighbour*, untuk menentukan solusi awal sebelum optimasi lebih lanjut dilakukan. Penggunaan data koordinat geografis setiap titik distribusi membantu meningkatkan akurasi dalam pencarian rute optimal. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan Algoritma *Tabu Search* mampu memberikan efisiensi signifikan dalam sistem distribusi perusahaan. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional perusahaan, baik dalam memenuhi permintaan pelanggan saat ini maupun untuk pengelolaan distribusi di masa mendatang. Penelitian ini juga mencatat bahwa penghematan yang dicapai menjadi dasar penting untuk implementasi solusi serupa pada perusahaan lain dengan permasalahan distribusi serupa.

Penelitian yang dilakukan oleh Permana dkk (2020) membahas mengenai optimasi rute distribusi barang dengan menggunakan metode *Simulated Annealing* pada PD Bumi Jaya Indah, sebuah *distributor* barang di Kota Pontianak. Masalah utama yang dihadapi perusahaan adalah rute distribusi yang belum optimal, menyebabkan ketidakefisienan dalam jarak, waktu, dan biaya pengantaran. Dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*, penelitian ini menghitung berbagai kemungkinan kombinasi rute, kemudian memilih solusi terbaik berdasarkan parameter jarak, waktu, dan biaya. Implementasi dilakukan menggunakan aplikasi berbasis web yang dirancang dengan bahasa pemrograman PHP dan menampilkan rute melalui *Google Maps*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini berhasil mengurangi

total jarak distribusi dibandingkan rute konvensional perusahaan. Pada salah satu pengujian, rute distribusi awal sepanjang 23,35 km berhasil dioptimalkan menjadi 22,75 km, dengan penghematan biaya menjadi Rp 11.287,50 dan waktu tempuh 34,125 menit untuk 6 titik pengantaran. *Simulated Annealing* terbukti efektif dalam mencari solusi optimal global dan menghindari jebakan optimal lokal. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa *Simulated Annealing* dapat menjadi solusi untuk mengoptimalkan rute distribusi barang, dengan hasil yang lebih efisien dibandingkan metode tradisional. Saran untuk penelitian mendatang mencakup pengembangan aplikasi berbasis *Android* dan eksplorasi metode optimasi lain, seperti algoritma *Greedy*, *Dijkstra*, atau *Ant Colony Optimization*, untuk membandingkan efektivitas masing-masing metode.

Penelitian yang dilakukan oleh Hidayati dkk (2019) yang berjudul penggunaan metode *Simulated Annealing* untuk menyelesaikan masalah *Travelling Salesman Problem* bertujuan untuk menentukan rute terpendek saat mengunjungi sejumlah kota dan kembali ke kota asal tanpa mengunjungi kota yang sama lebih dari sekali. Metode SA diadaptasi dari prinsip pendinginan logam, memungkinkan keluar dari jebakan lokal minimum dan mencapai solusi optimal dengan menghitung nilai probabilitas. Penelitian dilakukan menggunakan data sekunder berupa 10 titik kota dan jarak antar kota. Proses pengujian dilakukan dengan batas iterasi maksimum yang bervariasi, yaitu 50, 100, dan 500 iterasi. Hasil menunjukkan bahwa rute optimal adalah 1-8-4-6-2-9-7-5-3-10 dengan total jarak 234 pada iterasi maksimum 100 dan 500. Parameter iterasi maksimum ditemukan memiliki pengaruh signifikan terhadap probabilitas mendapatkan solusi optimal, di mana nilai iterasi yang lebih besar meningkatkan peluang mencapai hasil terbaik. Penelitian menyimpulkan bahwa SA adalah metode yang efektif untuk menyelesaikan TSP, dan penerapannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik, seperti batas iterasi untuk mengoptimalkan solusi.

Penelitian yang dilakukan oleh Prayoga dan Mardiana (2023) membahas implementasi dua metode optimasi, yaitu *Nearest Neighbour* dan *Tabu Search*, dalam mencari rute distribusi produk yang lebih efisien untuk perusahaan PT. Industri Jamu Borobudur di Kota Bandung. Masalah utama yang dihadapi adalah penentuan rute distribusi produk yang optimal untuk mengurangi jarak tempuh, waktu pengiriman, dan biaya distribusi. Penelitian dilakukan dengan analisis data rute distribusi aktual perusahaan, yang mencakup 4 jalur distribusi dengan total jarak tempuh 201,15 km, waktu tempuh 1.612,95 menit, dan biaya distribusi Rp275.361,54. Dalam penerapannya, metode *Nearest Neighbour* digunakan untuk membentuk rute awal berdasarkan jarak terdekat, kemudian hasilnya diperbaiki menggunakan metode *Tabu Search* untuk mencari solusi optimal dengan iterasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Nearest Neighbour* berhasil mengurangi jarak tempuh sebesar 17,7 km (8,8%), waktu tempuh 388,75 menit (24,1%), dan biaya distribusi Rp40.430,77 (14,68%). Sementara itu, metode *Tabu Search* menghasilkan penghematan yang lebih baik, yakni 21,25 km (10,57%), 412,1 menit (25,55%), dan Rp43.525,64 (15,8%). Kesimpulan penelitian menegaskan bahwa kombinasi metode *Nearest Neighbour* dan *Tabu Search* dapat menjadi solusi efektif dan efisien dalam mengoptimalkan rute distribusi produk, terutama dalam konteks penghematan jarak, waktu, dan biaya operasional.

Penelitian berjudul Penentuan Rute Distribusi Tabung Oksigen dengan Menggunakan Metode *Tabu Search* dilakukan oleh Sakiah dkk (2024). PT Gresik Cipta Sejahtera mengalami ketidakefisienan dalam rute distribusi akibat ketidaksesuaian antara jumlah produk yang diangkut dan kapasitas kendaraan. Dua jenis kendaraan yang digunakan adalah truk 6 roda dengan kapasitas 95 tabung dan truk pickup dengan kapasitas 25 tabung. Penelitian dilakukan dengan membandingkan metode *Clarke and Wright Savings* dengan *Tabu Search*. Metode *Tabu Search* diterapkan melalui operator permutasi yang bertujuan mengoptimalkan rute distribusi dengan iterasi yang melibatkan daftar tabu untuk menghindari pengulangan solusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Tabu Search* menghasilkan total jarak tempuh 275,35 km, lebih hemat 14,7 km (5,07%) dibandingkan metode *Clarke and Wright Savings* yang mencatat jarak 290,05 km. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan metode *Tabu Search* terbukti lebih efektif dan efisien dalam menyelesaikan CVRP untuk distribusi tabung oksigen. Rute yang dihasilkan tidak hanya lebih pendek tetapi juga dapat membantu perusahaan mengurangi biaya transportasi dan meningkatkan efisiensi operasional. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi metode ini dengan lebih banyak operator untuk hasil yang lebih optimal.

Penelitian yang membahas penerapan algoritma *Simulated Annealing* dan *Ant System* untuk menyelesaikan masalah *Travelling Salesman Problem* di PT. J&T Kabupaten Bandung dilakukan oleh Mutakin dkk (2022). TSP adalah permasalahan optimasi yang bertujuan mencari rute terpendek untuk mengunjungi sejumlah lokasi dan kembali ke titik awal. Dalam penelitian ini, data sekunder berupa titik-titik lokasi di Kabupaten Bandung dikumpulkan, dan jaraknya dihitung menggunakan *Google Maps*. Dua algoritma heuristik, SA dan AS, digunakan untuk menentukan rute optimal. *Simulated Annealing* diadaptasi dari prinsip fisika pendinginan logam untuk menemukan solusi optimal dengan pendekatan acak dan pengurangan bertahap suhu simulasi. Algoritma ini efektif untuk mencari rute optimal meskipun proses manualnya memakan waktu. Sementara itu, *Ant System*, yang terinspirasi oleh perilaku semut mencari makanan menggunakan jejak feromon, mampu menyelesaikan masalah TSP dengan efisiensi tinggi melalui pendekatan berbasis probabilitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua algoritma menghasilkan rute optimal yang sama. Namun, dalam hal efisiensi pengolahan data, AS lebih unggul dengan waktu proses 0,31 detik dibandingkan SA yang membutuhkan 3,89 detik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kedua metode efektif dalam menyelesaikan TSP, namun AS lebih efisien untuk implementasi program. Peneliti juga merekomendasikan agar PT. J&T mempertimbangkan penggunaan algoritma ini untuk meningkatkan efisiensi operasional mereka.

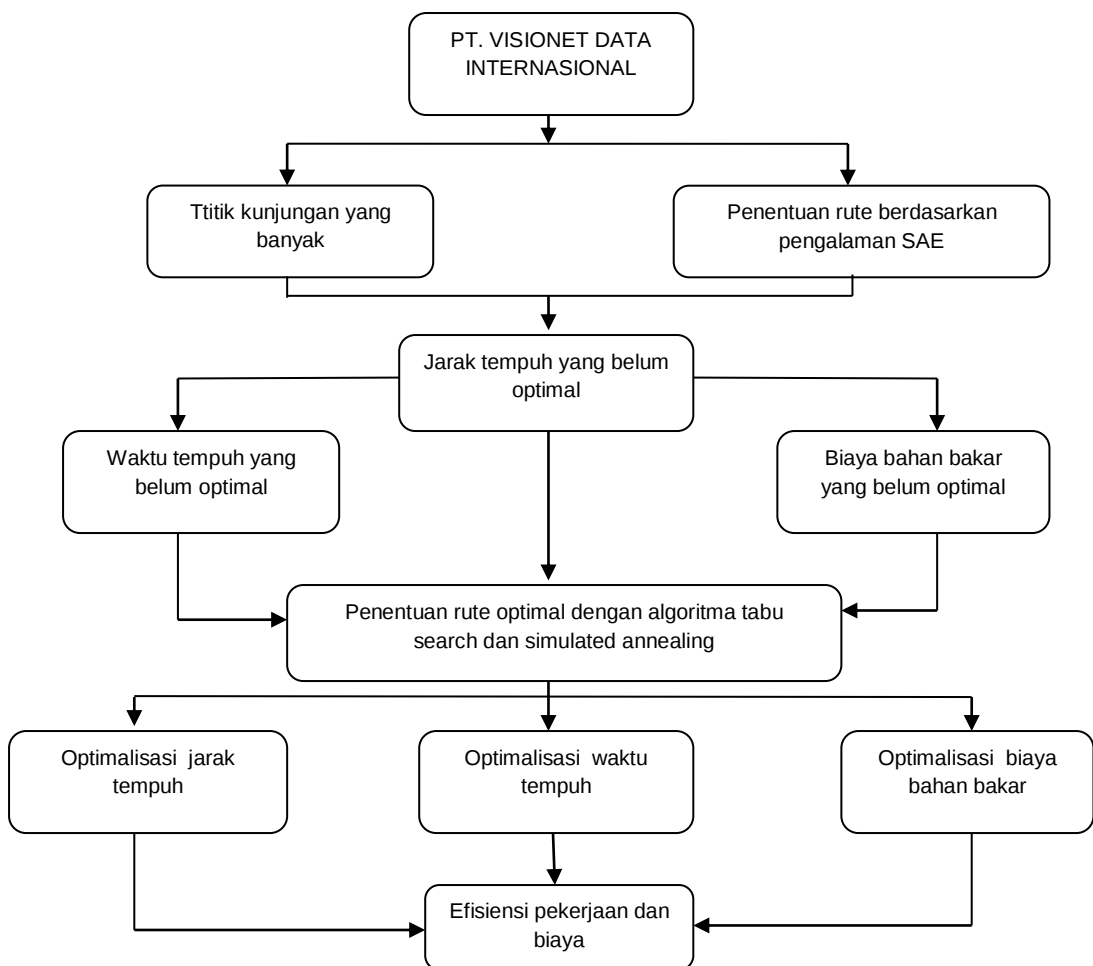
BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2024 dan bertempat di PT. Visionet Data Internasional yang terletak di Kelurahan Masale, Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan.

2.2 Kerangka Penelitian

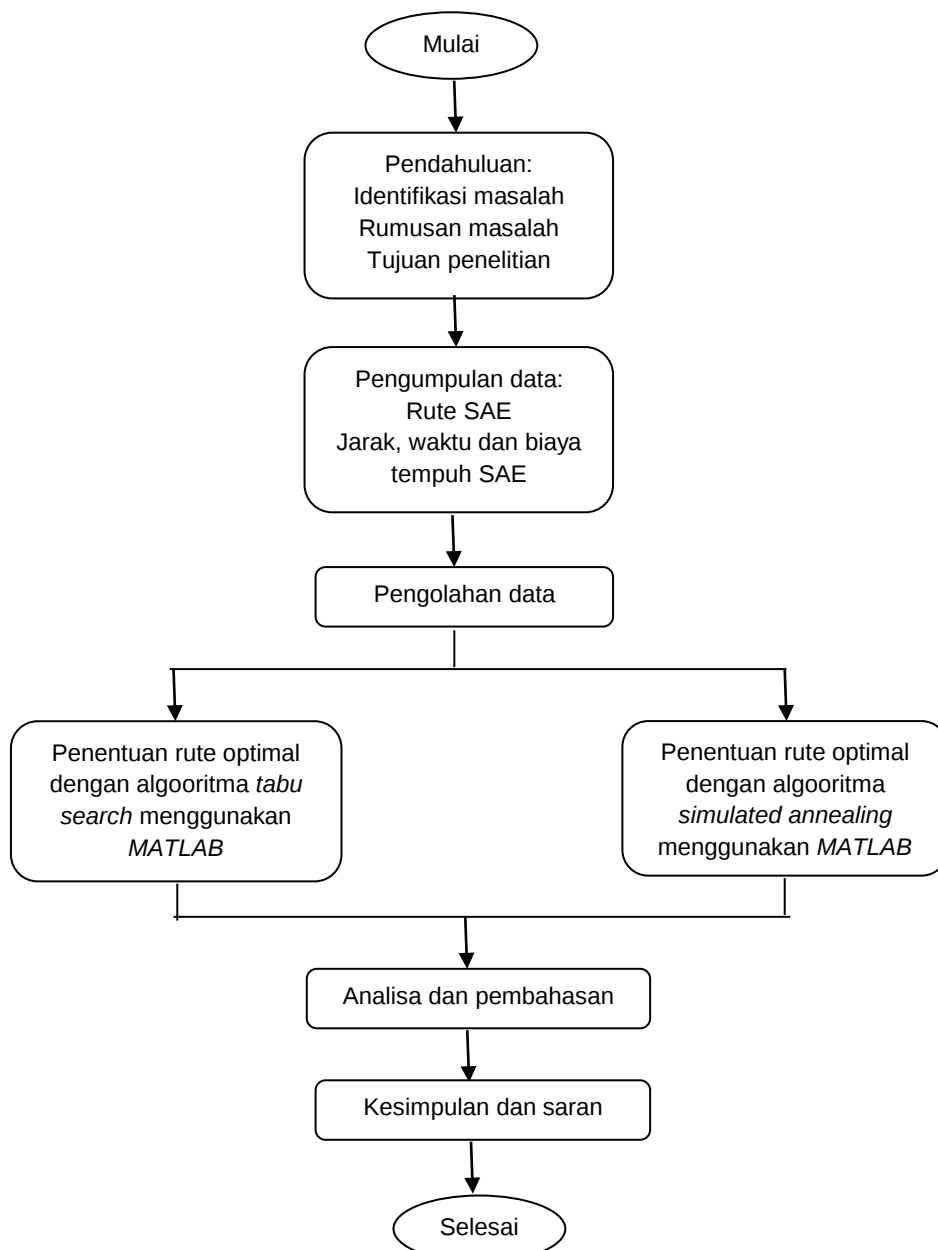
Kerangka penelitian merupakan alur pemikiran peneliti sebagai dasar untuk memperkuat fokus yang menjadi latar belakang dari penelitian ini. Di bawah ini adalah gambar kerangka berpikir penelitian



Gambar 3. Kerangka berpikir penelitian

2.3 Metode dan Alur Penelitian

Prosedur penelitian dalam proses pengoptimalan rute SAE digambarkan secara sistematis dalam gambar 4.



Gambar 4. Alur Penelitian

Penelitian yang dilakukan dibagi menjadi beberapa tahapan sehingga membentuk suatu kerangka yang sistematis. Adapun masing-masing tahapan tersebut adalah:

a. Tahap pendahuluan

Proses penelitian dimulai dari tahap awal, yaitu mempersiapkan langkah-langkah untuk mencapai tujuan penelitian dengan melakukan observasi terlebih dahulu

untuk mengetahui keadaan rute kunjungan harian yang dilakukan oleh SAE. Kemudian menentukan masalah utama yang akan diselesaikan dan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu membuat rute kunjungan usulan yang optimal.

b. Pengumpulan data

Mengumpulkan data terkait rute kunjungan harian SAE, termasuk jarak, waktu tempuh, dan biaya dari rute awal.

c. Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah menggunakan dua metode yaitu *Tabu Search* dan *Simulated Annealing* dengan bantuan *software* MATLAB untuk membantu dalam simulasi dan perhitungan sehingga didapatkan rute kunjungan usulan yang optimal dari segi jarak, waktu maupun biaya.

d. Analisa dan pembahasan

Pada tahap ini, dilakukan analisis terkait hasil dari pengolahan data dengan menggunakan algoritma *Tabu Search* dan *Simulated Annealing*. Pembahasan dilakukan untuk membandingkan hasil yang diperoleh serta menjelaskan implikasinya terhadap tujuan penelitian.

e. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, disusun kesimpulan yang menjawab rumusan masalah. Selain itu, disampaikan saran untuk penelitian selanjutnya atau untuk penerapan hasil penelitian di dunia nyata

2.4 Sumber Data

Jenis data yang diambil dari penelitian ini adalah:

a. Data Primer

Data primer diambil dari internal perusahaan berupa lokasi titik koordinat *merchant* yang menjadi rute kunjungan SAE. Data diperoleh dari observasi dan wawancara langsung oleh peneliti dengan SAE terkait rute kunjungan harian, baik dari segi jarak, waktu dan biaya.

b. Data Sekunder

Data sekunder diambil dari sumber-sumber penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

2.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan faktor terpenting dalam keberhasilan suatu penelitian. Hal tersebut disebabkan karena data yang dikumpulkan digunakan untuk pemecahan masalah yang ada, sehingga data tersebut harus dapat dipercaya dan akurat.

Proses pengumpulan data dilakukan dengan tiga cara, yakni:

a. Studi Pustaka

Melakukan pemahaman dan analisis teori teori yang ditemukan dalam berbagai literatur terkait dengan topik penelitian.

b. Observasi

Melakukan observasi terkait titik kunjungan dan pemilihan rute SAE.

c. Wawancara

Melakukan wawancara kepada SAE untuk memperoleh informasi berupa rute kunjungan harian, baik dari segi jarak, waktu dan biaya.