

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era persaingan bisnis yang semakin ketat, efisiensi dalam proses distribusi menjadi salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan sebuah perusahaan. Menurut Adi dan Gunawan (2017) distributor dituntut menyalurkan produk dengan cepat dan tepat untuk mencegah kekosongan stok yang ada di konsumen atau pelanggan. Salah satu faktor pendukung dalam menyalurkan produk yaitu peningkatan pelayanan pendistribusian dengan jarak, waktu dan biaya yang efektif. Pola distribusi yang efektif berdampak pada tingkat efisiensi biaya transportasi (Supriyadi dkk, 2017). Pendistribusian produk dari sumber ke banyak tujuan tentunya menjadi masalah yang cukup rumit, karena dengan adanya beberapa titik tujuan untuk distribusi produk akan menyebabkan jalur distribusi semakin banyak (Muhammad dkk, 2017). Peningkatan efisiensi waktu dalam pendistribusian sangat relevan dengan kondisi industri makanan yang memiliki kebutuhan untuk menjaga kualitas produk selama proses pengiriman.

Salah satu permasalahan yang sering dihadapi dalam proses pendistribusian adalah menentukan rute optimal dengan banyak tujuan distribusi yang terbesar di berbagai lokasi. Dengan menentukan rute terpendek yang harus diambil oleh setiap truk untuk mengirimkan barangnya ke agen, perusahaan mencoba untuk mengurangi biaya yang terkait dengan transportasi selama proses distribusi. Menurut Ramadhania dan Rani (2021), jarak adalah aspek yang paling penting untuk diperhitungkan saat mengarahkan truk apa pun. Oleh karena itu, pihak manajemen perusahaan harus memfokuskan tujuan utama dalam pengoptimalan rute pengiriman agar dapat meminimalisir biaya distribusi yang keluar namun waktu yang dibutuhkan lebih cepat, sehingga pendistribusian yang dilakukan akan lebih mudah dan lancar (Utomo dkk, 2018). Penentuan rute terpendek pendistribusian ini menggunakan Metode *Simulated Annealing* dan *Ant Colony Optimization*.

Metode *Simulated Annealing* (SA) menggunakan pendekatan probabilistik untuk memperbaiki solusi awal. Dengan teknik eksplorasi yang terinspirasi dari proses pendinginan logam, SA dapat menghindari perangkap pada solusi lokal dan mendekati solusi optimal. Sedangkan, *Ant Colony Optimization* (ACO) merupakan salah satu metode optimasi metaheuristik yang terbukti mampu menemukan solusi dengan baik dan cepat serta efisien dalam menyelesaikan masalah rute terpendek. ACO merupakan Metode optimasi global yang diinspirasi oleh kemampuan koloni semut dalam mencari makanan. Menurut Yang dkk. (2013). Dalam berbagai penelitian menunjukkan bahwa metode – metode *Swarm Intelligence* mampu menghasilkan solusi yang mendekati optimum global dalam waktu singkat, dengan hanya mengeksplorasi sebagian ruang pencarian yang ada.

Pabrik kue ima brownies merupakan salah satu industri yang bergerak di bidang makanan. Aktivitas usaha yang dimiliki dari perusahaan ini yaitu memproduksi, menjual dan mendistribusikan kue kue kepada toko dan konsumennya yang membutuhkan produk tersebut dalam kegiatan operasional usaha. Dalam proses penjualan pada perusahaan ini saluran distribusi sangat berperan besar yaitu semakin meningkatnya penjualan yang dicapai maka akan semakin luas distribusi perusahaan.

Pendistribusian di pabrik kue ima brownies dilakukan dengan cara memenuhi permintaan pada setiap lokasi toko atau perusahaan yang ingin tanpa mempertimbangkan jarak tempuh untuk mencapai lokasi tersebut, sehingga waktu distribusi dapat melebihi waktu yang tersedia dan mengakibatkan terjadinya keterlambatan pengiriman produk. Salah satu yang menyebabkan adanya keterlambatan pengiriman produk pada pabrik karena pengaturan rute pengiriman yang masih salah.

Ketidaktepatan waktu dalam pendistribusian kue di pabrik kue ima brownies terjadi karena belum adanya penyusunan rute yang efisien, sehingga rute perjalanan sering kali berubah sewaktu-waktu. Dengan menentukan rute perjalanan secara terencana, target pengantaran dapat tercapai secara optimal yang akan meminimalkan waktu pengiriman dan biaya produksi. Penyusunan rute yang baik mampu mengoptimalkan jarak tempuh dan waktu pengiriman, sehingga perusahaan dapat menghemat biaya distribusi, memenuhi kepercayaan pelanggan, serta meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Berdasarkan pengamatan dan analisis tentang masalah tersebut, peneliti melakukan riset mendalam dengan judul **“Perbandingan Kinerja Metode *Simulated Annealing* dan *Ant Colony Optimization* dalam Menentukan Rute Terpendek (Studi Kasus: Pabrik Kue Ima Brownies)”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan yang akan dikaji dalam penelitian ini sebagai berikut:

Bagaimana perbandingan kinerja metode *Simulated Annealing* dan *Ant Colony Optimization* dalam mengoptimalkan rute distribusi barang?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan rute terbaik dalam distribusi barang dengan membandingkan dua metode *Simulated Annealing* dan *Ant Colony Optimization*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini akan memfokuskan pada kondisi pendistribusian kue pada Pabrik Kue Ima Brownies di Jl. Menteng, Jl. Jamin Ginting, Jl. Bromo, Jl. Kapten Maulana Lubis, Jl. Pangeran Diponegoro, dan Jl. Imam Bonjol.
2. Metode yang digunakan *Simulated Annealing* dan *Ant Colony Optimization*.
3. Asumsi bahwa jalanan tidak mengalami kemacetan selama proses pendistribusian kue
4. Melakukan perhitungan untuk menentukan rute dengan jarak tempuh terpendek dari rute yang telah ada.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah wawasan ilmiah terkait penerapan Metode *Simulated Annealing* dan *Ant Colony Optimization* dalam optimasi rute terbaik.
2. Menjadi salah satu masukan bagi pihak terkait agar mendapatkan rute pendistribusian yang optimal dan efisien.

1.6 Landasan Teori

1.6.1 Pendistribusian

Menurut Hall (2001) Pendistribusian atau distribusi adalah kegiatan untuk mengirimkan produk ke pelanggan setelah penjualan. Dalam hal pendistribusian, kegiatan penyaluran produk sangat mempertimbangkan waktu yang tepat untuk menguntungkan distributor. Menurut Anwar (2008) dalam kamus besar bahasa Indonesia, pengertian distribusi adalah pembagian pengiriman barang-barang kepada orang banyak atau ke beberapa tempat. Pemilihan proses distribusi merupakan suatu masalah yang sangat penting karena kesalahan dalam memilih proses distribusi akan memperlambat proses penyaluran barang dan jasa sampai ketangan konsumen.

Tujuan penyalur produk dari produsen ke konsumen yaitu:

1. Menyalurkan produk dari produsen ke konsumen

Pendistribusian memiliki tujuan utama yaitu mengantarkan barang maupun jasa dari produsen ke konsumen.

2. Mempertahankan dan mengembangkan kualitas produksi
Pross pendistribusian memberikan produsen waktu untuk lebih fokus pada kegiatan produksi. Kegiatan pendistribusian yang dilakukan oleh distributor memberikan produsen kesempatan untuk mengembangkan kualitas produksinya.
3. Menjaga stabilitas perusahaan
Selain membuat fokus produsen atau Perusahaan, aktivitas pendistribusian juga mampu mengembangkan saluran baru dan kesempatan bagi banyak orang. Sehingga perusahaan akan lebih banyak yang menopang dan lebih stabil.
4. Sebagai pemerataan perolehan produk di setiap wilayah
Semakin banyak distributor dari berbagai daerah maka akan semakin banyak pula konsumen yang memperoleh produk. Produk yang diperoleh juga dapat lebih mudah untuk tersebar di berbagai wilayah.
5. Peningkatan nilai barang dan jasa
Melalui kegiatan distribusi maka akan ada peningkatan nilai suatu produk.
6. Mempertahankan kontinuitas proses produksi
Adanya distributor aktif menandakan adanya permintaan dari produk. Berdasarkan hal ini maka kegiatan produksi akan terus berjalan selagi pasar masih ada.
7. Menjaga stabilitas harga barang dan jasa
Melalui proses pendistribusian maka produk di pasaran akan stabil.

1.6.2 Simulated Annealing

Menurut Samana dkk. (2015), metode *simulated annealing* didasarkan pada proses *annealing*, yaitu pendinginan cairan logam hingga akhirnya membentuk kristal. Prinsip kerjanya adalah molekul cairan memiliki tingkat energi yang tinggi pada suhu tinggi, sehingga mereka lebih mudah bergerak daripada molekul lain. Jika temperatur diturunkan secara bertahap, molekul-molekul dapat mengatur dirinya untuk mencari konfigurasi atau susunan dengan tingkat energi yang lebih rendah. Dengan menurunkan temperatur secara bertahap, molekul-molekul memiliki kesempatan untuk mengatur diri mereka sendiri sehingga mereka dapat mencapai keadaan yang stabil.

Kelahiran *simulated annealing* dibandingkan dengan metode lainnya adalah kemampuannya untuk menghindari jebakan optimal local (Hidayati et al., 2009). Algoritmanya merupakan algoritma pencarian acak, tetapi tidak hanya menerima nilai obyektif yang selalu turun, melainkan terkadang menerima nilai obyektif yang naik juga.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Damanik (2011) dalam Husen dkk. (2015) metode *simulated annealing* memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan solusi awal rute, pada tahap ini dilakukan perhitungan sesuai dengan rute yang sudah ada.
2. Menentukan parameter. Pada metode *simulated annealing* sekumpulan parameter harus didefinisikan terlebih dahulu diawal proses. Pendefinisian parameter-parameter ini disebut *cooling schedule*, yang melibatkan:
 - a. Nilai awal untuk parameter kontrol atau temperature awal (T_0) untuk temperature awal dapat digunakan $T = 100^\circ$. Menurut Santosa (2011), penentuan suhu awal yang tidak terlalu tinggi bertujuan agar pengurangan temperatur yang terlalu banyak dengan hasil yang sama dapat dihindari dan suhu awal ini juga tidak terlalu kecil, tujuannya agar dapat mengurangi kemungkinan titik-titik yang dapat menjadi global optimum akan terlewat.
 - b. Jumlah iterasi dalam tiap nilai parameter kontrol (i)
 - c. Kriteria terminasi untuk menghentikan eksekusi. Dalam hal ini digunakan kriteria *steady state* (keadaan tidak berubah seiring waktu) dalam Metode SA dapat berupa dicapainya suatu jumlah iterasi tertentu atau ketika mencapai temperatur akhir tertentu di mana

selama itu tidak ada solusi baru yang diterima atau dicapainya nilai parameter kontrol tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya.

3. Menentukan kondisi baru
4. Mengevaluasi solusi baru yang layak diterima dari rute baru yang dijadwalkan

$$\Delta f = f_{i+1} - f_i \quad (1.2)$$

Jika $\Delta f \leq 0$, maka solusi baru diterima. Namun jika Δf bernilai positif, maka dibangkitkan bilangan random (r) dalam interval $[0,1]$ yang dibandingkan dengan probabilitas penerimaan:

$$P = e^{-\frac{\Delta f}{T}} \quad (1.3)$$

Dengan:

P = Probabilitas penerimaan solusi baru

f_{i+1} = Total jarak rute baru

f_i = Total jarak rute sekarang

T_i = Temperatur pada iterasi ke- n

Jika $r < P$, maka rute baru menjadi rute sekarang. Jika tidak, maka tetap memakai rute yang sekarang digunakan.

5. Faktor penurunan nilai parameter kontrol disimbolkan α . Nilai ini menentukan seberapa cepat parameter kontrol mengalami penurunan. α (*alpha*) adalah sebuah konstanta untuk menurunkan parameter kontrol dengan $\alpha < 1$. Berdasarkan penelitian Permana dkk. (2020) dikatakan bahwa α yang digunakan sebaiknya antara 0,8 sampai 0,99. Untuk melakukan penurunan suhu dapat menggunakan persamaan berikut:

$$T_{i+1} = T_i \times \alpha \quad (1.1)$$

Dengan:

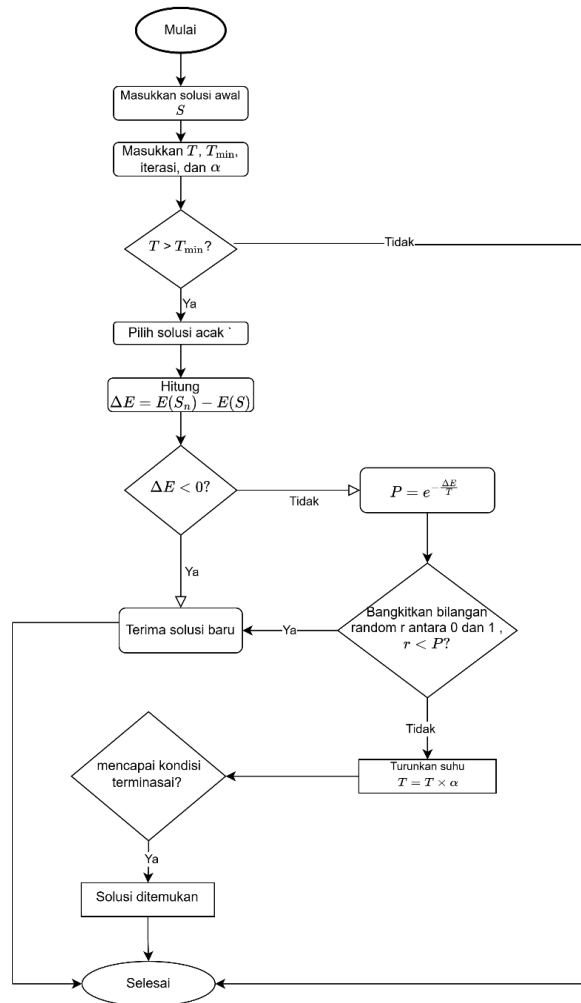
α = Konstanta untuk menurunkan temperatur

T_i = Temperatur pada iterasi ke n

T_{i+1} = Laju penurunan suhu

6. Menentukan solusi yang terbaik. Penentuan solusi terbaik dilakukan setelah Metode dihentikan atau sudah berada dalam kondisi *stady state*. Dalam kondisi ini, Metode dapat dihentikan dan solusi yang telah ditemukan sudah optimal.

Berikut *flowchart* dari proses *simulated annealing*



GAMBAR 1.1 Flowchart Simulated Annealing

Contoh 1.1 Penerapan Metode Simulated Annealing pada Pendistribusian

Sebuah kantor JNE akan mengirimkan barang dari tempat satu ke tempat lainnya menggunakan kendaraan minibus grand max. Berdasarkan kendaraan yang digunakan berjumlah satu armada, maka rute pengiriman barang menjadi satu wilayah (Maxsi, 2022). Daftar kantor cabang JNE sebagai berikut:

Tabel 1.1 Contoh Pendistribusian

NO	Kantor Cabang	Kode
1	JNE Kantor Agen Ahmad Yani bandung	A
2	JNE Cikadut	B
3	JNE Antapani	C
4	JNE Babakan	D

Tabel 1.2 Jarak antar pendistribusian

	Jarak antar JNE (km)			
	A	B	C	D
A	0	1,9	1,6	1,9
B	1,9	0	3,1	4,8
C	1,6	3,1	0	3,8
D	1,9	4,8	3,8	0

Penyelesaian:

Iterasi 1:

1. Menentukan solusi awal, pada tahap ini dilakukan sesuai dengan rute yang biasa dilalui sebagai berikut:
Rute awal: A-C-B-D-A
2. Pendefinisian parameter-parameter
 $T_{awal} = 100$
 $T_{akhir} = 0,1$
 $\alpha = 0,98$
 $i = 2$ iterasi pada setiap temperatur
3. Perhitungan solusi awal: 11,4 km
4. Pembangkitan solusi baru
 Dapat dilakukan dengan menukar, menambahkan, atau mengurangi titik pada solusi awal dari rute tersebut. Pilih 2 titik untuk urutan mana saja yang nanti akan diubah, misal pilih rute b dan d maka menjadi
 Rute baru : A-C-D-B-A
5. Membandingkan solusi lama dengan solusi baru dengan persamaan (1.2)
 Rute awal : 11,4 km
 Rute baru : 12,1 km
 $\Delta f = \text{rute baru} - \text{rute awal}$
 $\Delta f = 12,1 - 11,4 = 0,7 \text{ km}$
 Karena $\Delta f > 0$, maka solusi baru perlu dibangkitkan bilangan random (r)[0,1] yang dibandingkan dengan probabilitas penerimaan dengan persamaan 1.3

$$P = e^{-\frac{0,7}{100}}$$

 $P = 0,993$
 Misalkan $r = 0,2$ maka $r < P$, sehingga solusi baru diterima, maka diperoleh:
 rute baru : A-C-D-B-A
6. Update iterasi
 Update nilai iterasi dengan mengevaluasi solusi baru. Dimana, solusi awal yaitu solusi baru yang telah didapat

Iterasi 2:

1. Solusi awal melalui rute A-C-D-B-A
2. Perhitungan fungsi tujuan yaitu 12,1 km
3. Pembangkitan solusi baru
 Dapat dilakukan dengan menukar, menambahkan, atau mengurangi titik pada solusi awal dari rute tersebut. Pilih 2 titik untuk urutan mana saja yang nanti akan diubah, misal pilih rute c dan d maka menjadi
 Rute baru : A-D-C-B-A
4. Membandingkan solusi lama dengan solusi baru dengan Persamaan (1.2)
 Rute awal : 12,1 km
 Rute baru : 10,7 km
 $\Delta f = \text{rute baru} - \text{rute awal}$
 $\Delta f = 12,1 - 10,7 = 1,4 \text{ km}$
 Karena $\Delta f > 0$, maka solusi baru perlu dibangkitkan bilangan random (r) yaitu [0,1] yang dibandingkan dengan probabilitas penerimaan dengan persamaan 1.3

$$P = e^{-\frac{1,4}{100}}$$

 $P = 0,9861$
 $r = 0,2$
 karena $r < P$, maka solusi baru diterima, maka diperoleh:

rute baru : A-D-C-B-A

5. Stopping Criteria

Setelah mencapai iterasi ke-2, lakukan penurunan temperatur. Begitupun seterusnya, penurunan temperature dilakukan setiap kali telah mencapai 2 iterasi. Lakukan hingga temperatur ke-n.

Tabel 1.3 Hasil Metode Simulated Annealing untuk contoh penerapan

Iterasi	Rute	Temperatur	Jarak
	A-C-B-D-A	100	11,4
1	A-C-D-B-A	100	12,1
2	A-D-C-B-A	100	10,7
⋮	⋮	⋮	⋮
10	A-B-C-D-A	86,81	10,7
⋮	⋮	⋮	⋮
256	A-C-D-B-A	0,1	12,1

Pada awalnya, rute diinisialisasi sebagai A-C-B-D-A dengan jarak 11,4 km. Namun melalui proses simulated annealing, solusi optimal rute awal berhasil ditemukan dengan rute A-D-C-B-A yang memiliki jarak lebih pendek, yaitu 10,7 km.

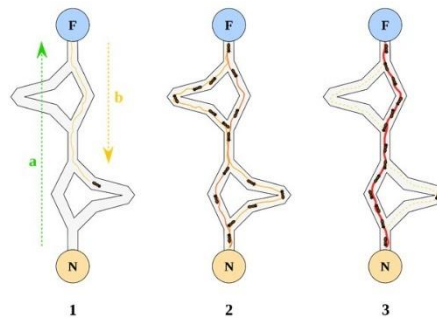
1.6.3 Ant Colony Optimization

Metode Ant Colony Optimization (ACO) dimulai sejak tahun 1996 yang diperkenalkan oleh Manderick dan Moyson kemudian dikembangkan oleh Marco Dorigo, dimana teknik probabilistik untuk menyelesaikan masalah komputasi dalam menentukan jalur terbaik. Dorigo Marco & Thomas (2004) menyatakan bahwa metode semua ini berasal dari pengamatan terhadap perilaku semut dan dari pengamatan ini kemudian muncul inspirasi baru pada desain metode untuk mengatasi masalah optimasi. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Mereka juga dapat beradaptasi dengan perubahan lingkungan. Semut bergerak secara acak dalam mencari makanan. Saat menemukan makanan dan kembali ke koloni, mereka meninggalkan jejak *feromon*.

Feromon adalah zat kimia yang berasal dari kelenjar endokrin dan digunakan oleh makhluk hidup untuk mengenali sesama jenis, individu lain dan kelompok. Saat semut lain menemukan jejak tersebut maka mereka cenderung mengikuti jejak tersebut dan memperbarui jejak tersebut jika menemukan makanan. Semut yang melewati lintasan yang pendek akan meninggalkan aroma *feromon* yang lebih tajam daripada yang menempuh lintasan yang lebih panjang. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui (Fariza dkk, 2020). Semakin lama waktu yang dibutuhkan seekor semut dalam mencari makanan dan kembali ke koloni, maka semakin banyak juga *feromon* yang menguap. Penguapan *feromon* ini bertujuan untuk menghindari terjadinya solusi optimum lokal. William (2019) menyatakan perhitungan yang menyebar dapat menghindari terjebak pada keadaan lokal optimum, serta dengan penerapan Metode *greedy* yang mampu menghasilkan solusi cukup baik pada tahap awal pencarian.

Proses dalam ACO bisa dijelaskan sebagai berikut, misalkan ada m semut dalam satu koloni. Semut – semut akan memulai dari sarang mereka menuju tujuan akhir melalui beberapa simpul dan berakhir pada simpul tujuan di akhir setiap siklus atau iterasi. Jika semua semut sudah menyelesaikan lintasannya, jumlah *feromon* pada lintasan terbaik secara global akan diperbarui. Lintasan global terbaik artinya terbaik diantara semua semut. Pada awal proses yaitu pada iterasi pertama, semua ruas dari simpul awal akan diberi jumlah *feromon* yang sama. Sehingga pada iterasi pertama, semua semut akan mulai dari simpul awal dan berakhir pada simpul tujuan. Proses berakhir jika jumlah iterasi

maksimum sudah tercapai atau tidak ada lagi solusi yang lebih baik yang bisa didapat dalam beberapa iterasi.



GAMBAR 1.2 Ilustrasi rute yang dibentuk koloni semut

Sumber: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142061515005840>

Jarak yang pendek akan menyisakan sinyal yang lebih kuat. Semut berikutnya, pada saat memutuskan jalur mana yang harus dipilih, biasanya akan cenderung memilih untuk mengikuti jalur dan sinyal yang paling kuat, sehingga jalur terpendek akan ditemui karena lebih banyak semut yang akan melewati jalur tersebut. Semakin banyak semut yang menempuh suatu lintasan tertentu, maka aroma feromon pada lintasan tersebut akan semakin kuat.

Adapun alur pada penyelesaian masalah dengan ACO menurut (Cholissodin dan Riyandani, 2016) adalah sebagai berikut:

1. Penempatan rute
Semut akan ditempatkan pada rute awal keberangkatan yang berbeda dan acak (Ilmadira dan Farisi, 2016)
2. Inisialisasi parameter
 - a. Pilih α atau pengendali intensitas jejak *feromon* dalam mempengaruhi pemilihan jalur, ($\alpha > 0$)
 - b. Pengaruh visibilitas (β) yang mengatur informasi heuristik dalam hal ini yaitu rute, ($\beta > 0$),
 - c. Tingkat evaporasi feromon (ρ) Dalam menentukan seberapa cepat feromon menguap, ($0 < \rho \leq 1$),
 - d. Jumlah semut (m) dalam populasi
 - e. Tetapan siklus semut (Q) untuk mengatur jumlah feromon yang ditambahkan ke jalur setelah semut menyelesaikan jalurnya.
 - f. Banyaknya siklus maksimum (NC_{max})
 - g. Iterasi Maximum (i_{max})
3. Menghitung visibilitas antar simpul
Visibilitas antar simpul (η_{ij}) digunakan dalam persamaan probabilitas simpul yang akan dikunjungi. Nilai (η_{ij}) diperoleh dari persamaan berikut:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \quad (1.4)$$

Keterangan:

η_{ij} = Visibilitas pada titik i ke titik j

d_{ij} = jarak *matrix* titik i ke titik j

4. Menentukan parameter perubahan intensitas jejak kaki semut
Menentukan feromon awal (τ_{ij}) dan setelah satu siklus selesai terdapat perhitungan perubahan nilai intensitas feromon semut antar simpul. Dihitung dengan persamaan:

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (1.5)$$

Keterangan:

$\Delta\tau_{ij}$ = Hasil hitung perubahan jejak *feromon* i ke j semua semut

Dengan $\Delta\tau_{ij}^k$ adalah perubahan nilai intensitas feromon semut antar simpul di setiap semut yang dihitung berdasarkan persamaan:

$$\Delta\tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_K} \quad (1.6)$$

Keterangan:

$\Delta\tau_{ij}^k$ = Hasil perubahan *feromon* titik i ke j pada semut k

Q = Tetapan siklus semut

L_K = Jarak tempuh

5. Menghitung nilai intensitas feromon antar simpul untuk siklus selanjutnya

Untuk melakukan pembaruan jejak *feromon* semut diperlukan nilai penguapan semut (ρ) yang telah ditetapkan sebelumnya, proses ini dilakukan agar tidak terjadi dominasi nilai feromon atau terpilihnya jalur yang sama untuk iterasi selanjutnya (Yang dan Wang, 2016). Pembaruan ini menggunakan Persamaan (1.9)

$$\tau_{ij} = \rho * \tau_{ij}(awal) + \Delta\tau_{ij} \quad (1.7)$$

Keterangan:

$\tau_{ij}(awal)$ = inisialisasi feromon semut

ρ = perubahan jejak *feromon*

$\Delta\tau_{ij}$ = perubahan feromon semut

6. Penyusunan jalur kunjungan setiap semut

a. Penyusunan jalur kunjungan semut untuk menentukan titik selanjutnya yang akan dikunjungi mengacu pada hasil hitung peluang atau probabilitas tertinggi yang dihasilkan (Cholissodin dan Riyandani, 2016). Untuk menghitung nilai probabilitas tersebut menggunakan rumus pada Persamaan (1.6)

$$P_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{t=1}^n [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta} \quad (1.8)$$

Keterangan:

P_{ij}^k = Probabilitas semut k dari kota i ke kota j

τ_{ij} = Nilai *feromon* pada jalur (i, j)

η_{ij} = Nilai visibilitas semut pada jalur (i, j)

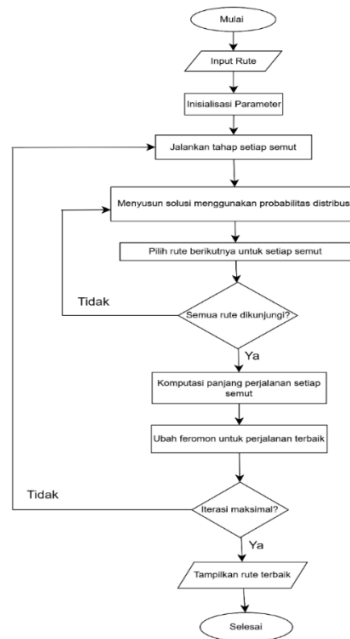
τ_{ik} = Nilai *feromon* pada jalur (i, k)

η_{ik} = Nilai visibilitas semut pada jalur (i, k)

α = Bobot untuk tingkat feromon, $\alpha > 0$

β = Bobot untuk informasi heuristik, $\beta > 0$

7. Ulangi langkah ke-3 sampai ke-6 sampai semua iterasi terpenuhi
8. Tentukan jarak terpendek dari semua iterasi



GAMBAR 1.3 Flowchart Penelitian *Ant Colony Optimization*

Contoh 1.2 Penerapan Metode Ant Colony Optimization dalam Pendistribusian

Sebuah kantor JNE akan mengirimkan barang dari tempat satu ke tempat lainnya menggunakan kendaraan minibus grand max. Berdasarkan kendaraan yang digunakan berjumlah satu armada, maka rute pengiriman barang menjadi satu wilayah (Maxsi, 2022). Daftar kantor cabang JNE sebagai berikut:

Tabel 1.4 Contoh pendistribusian

NO	Kantor Cabang	Kode
1	JNE Kantor Agen Ahmad Yani bandung	A
2	JNE Cikadut	B
3	JNE Antapani	C
4	JNE Babakan	D

Parameter yang digunakan untuk menentukan rute kunjungan dengan metode Metode Ant Colony Optimization

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 1 \\
 \beta &= 1 \\
 \rho &= 0,5 \\
 \tau_{ij} &= 0,5 \\
 Q &= 1 \\
 NC_{max} &= 1 \\
 i_{max} &= 100
 \end{aligned}$$

Dalam penentuan rute kunjungan diperlukan data jarak antar titik. Berikut data jarak antar titik kunjungan

Tabel 1.5 Jarak antar pendistribusian

	Jarak antar JNE (km)			
	A	B	C	D
A	0	1,9	1,6	1,9
B	1,9	0	3,1	4,8
C	1,6	3,1	0	3,8
D	1,9	4,8	3,8	0

Penentuan rute kunjungan dimulai dari titik A dan akan kembali ke titik A, sebagai berikut :

Tabel 1.6 Rute perjalanan

No	Perjalanan yang terbentuk	Jarak (km)	Total Jarak
1	A-B-C-D-A	1,9 + 3,1 + 3,8 + 1,9	10,7
2	A-C-B-D-A	1,9 + 3,1 + 4,8 + 1,9	11,4
3	A-C-D-B-A	1,6 + 3,8 + 4,8 + 1,9	12,1

Selanjutnya dihitung nilai visibilitas antar titik η_{ij} dengan menggunakan persamaan 1.3, seperti berikut:

$$\eta_{AB} = \frac{1}{d_{AB}} = \frac{1}{1,9} = 0,526$$

Jadi nilai visibilitas titik A menuju titik B adalah 0,526. Nilai visibilitas lainnya didapat dengan cara yang sama, sebagai berikut:

Tabel 1.7 Nilai Visibilitas antar titik

	A	B	C	D
A	0	0,526	0,625	0,526
B	0,526	0	0,323	0,208
C	0,625	0,323	0	0,263
D	0,526	0,208	0,263	0

Hitung perubahan nilai intensitas feromon semut dengan persamaan 1.6, sebagai berikut:

$\Delta\tau_{ij} = \frac{1}{10,7} + \frac{1}{11,4} + \frac{1}{12,1} = 0,263$. Jadi perubahan intensitas feromon semut dari penggabungan rute kunjungan semut yaitu :

Tabel 1.8 Perubahan Intensitas feromon semut

	A	B	C	D
A	0	0,263	0,263	0,263
B	0,263	0	0,263	0,263
C	0,263	0,263	0	0,263
D	0,263	0,263	0,263	0

Selanjutnya, menghitung nilai jejak semut antar titik dengan menggunakan persamaan (1.9) dengan nilai feromon awal (τ_{ij}) yang ditetapkan adalah 0,5. Maka hasilnya yaitu:

$\tau_{AB} = (1 \times 0,5) + 0,263 = 0,513$. Jadi nilai intensitas feromon semut untuk siklus selanjutnya adalah 0,513. Pencarian intensitas jejak semut dicari dengan cara yang sama dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.9 Intensitas feromon semut (τ_{ij})

	A	B	C	D
A	0	0,513	0,513	0,513
B	0,513	0	0,513	0,513
C	0,513	0,513	0	0,513
D	0,513	0,513	0,513	0

Terakhir, penentuan jalur dengan mencari nilai probabilitas tertinggi dari titik dengan menggunakan persamaan 1.10, seperti

$$P_{AB} = \frac{[0,513]^1 \cdot [0,526]^1}{[0,513]^1 \cdot [0]^1 + [0,513]^1 \cdot [0,526]^1 + [0,513]^1 \cdot [0,625]^1 + [0,513]^1 \cdot [0,526]^1} = 0,3138$$

Perhitungan nilai probabilitas dari titik B menuju lainnya dapat dilakukan dengan cara yang sama. Berikut hasil keseluruhan nilai probabilitas rute pengiriman antar titik.

Tabel 1.10 Probabilitas feromon semut

	A	B	C	D
A	0	0,313	0,372	0,313
B	0,497	0	0,305	0,196
C	0,515	0,266	0	0,217
D	0,528	0,209	0,264	0

Hasil pada tabel bahwa probabilitas rute pengiriman dari simpul A menuju simpul C dengan nilai probabilitas tertinggi yaitu 0,372. Selanjutnya rute terpilih dari simpul C menuju simpul B dengan nilai probabilitas 0,266. Rute dilanjutkan menuju simpul D dari simpul B dengan nilai probabilitas 0,196. Setelah semua rute telah dikunjungi maka rute terakhir yaitu rute A dengan nilai probabilitas 0,528.

Hasil menunjukkan rute pengiriman yaitu A-C-B-D-A dengan total jarak rute pengiriman yang di tempuh 11,4 km. Untuk mendapatkan rute yang lebih optimal lakukan cara yang sama untuk semut selanjut atau dapat menggunakan python sebagai alternatif penyelesaian. Rute terbaik dengan menggunakan Metode ACO jika menggunakan python adalah A-D-C-B-A dengan total jarak rute pengiriman yaitu 10,7 km

1.6.4 Python

Menurut Donald Ervin Knuth (1997), python adalah sekumpulan aturan berhingga yang memberikan sederet operasi untuk menyelesaikan suatu jenis masalah yang khusus. Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang biasa dipakai untuk membangun situs, software/aplikasi, mengotomatiskan tugas dan melakukan analisis data. Python adalah bahasa pemrograman yang paling banyak digunakan karena sifatnya yang serbaguna dan mudah digunakan.

Pada penelitian ini, python digunakan untuk membangkitkan matriks sebagai data input dan menerapkan Metode Simulated Annealing dan Ant Colony Optimization untuk masalah pendistribusian barang. Metode Simulated Annealing adalah Metode heuristik yang terinspirasi oleh proses pendinginan secara perlahan dalam metalurgi untuk mendapatkan struktur yang lebih stabil. Di sisi lain, Ant Colony Optimization merupakan Metode optimasi berbasis metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku alami semut dalam mencari jalur terpendek menuju sumber makanan.

BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pendekatan dan Jenis Penelitian

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif yaitu data yang dapat diukur atau dihitung secara langsung sebagai variabel angka atau bilangan. Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari skripsi penentuan rute terpendek pendistribusian produk kue dengan menggunakan Metode *Dinamic Programming* pada pabrik kue ima brownies yang ada di Jl. Menteng VII No.193 A, Medan Tenggara, Kota Medan, Sumatera Utara tahun 2020.

Waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai dari bulan Desember sampai bulan Januari 2025. Dalam mengumpulkan data memakai metode yaitu studi literatur yang mencakup pengumpulan informasi dari berbagai sumber seperti jurnal dan artikel.

Objek dalam penelitian yang akan dilakukan adalah pengoptimalan rute transportasi pendistribusian produk kue di toko Kue Ima Brownies.

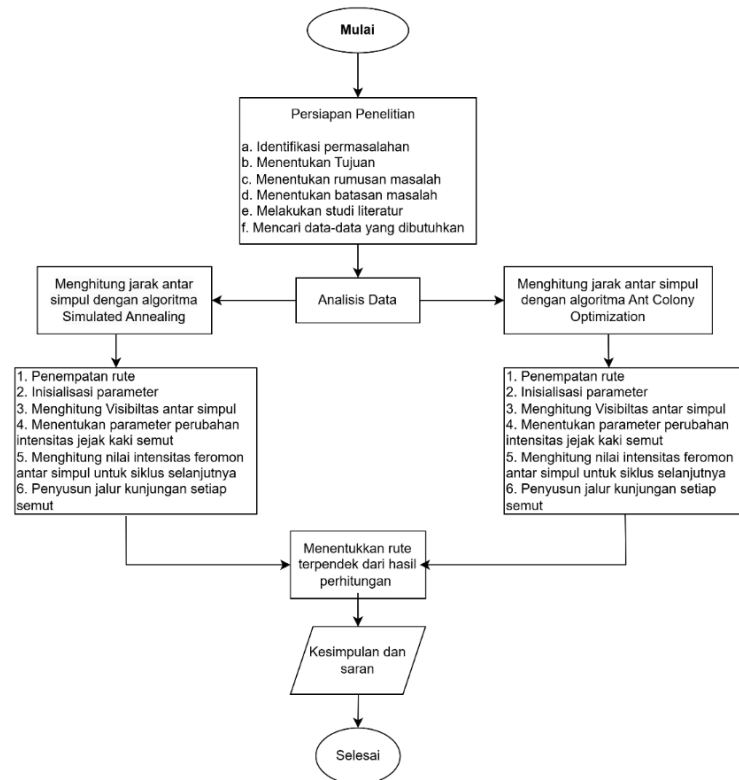
2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan terbagi dalam beberapa tahapan, yaitu:

1. Studi literatur, mengumpulkan berbagai informasi dari beberapa sumber terkait masalah yang dijadikan bahan penelitian.
2. Mengidentifikasi permasalahan, tujuan penelitian dan batasan masalah untuk mencari data-data yang dibutuhkan yang diperlukan untuk bahan penelitian.
3. Mengumpulkan data yakni data sekunder, dimana data tersebut merupakan data skripsi yang sudah ada terkait jarak antar tempat pelanggan yang disajikan kedalam tabel.
4. Mengolah data yang diperoleh dengan berpedoman pada landasan teori dan rumusan masalah dengan Metode *Simulated Annealing* dan Metode *Ant Colony Optimization*
5. Menganalisis data untuk penentuan pola pendistribusian kue pada toko kue ima brownies dengan rute terpendek dan membandingkan hasil dari dua metode.
6. Kesimpulan dan Saran.

2.3 Flowchart Penelitian

Berikut *flowchart* dari penelitian ini:



GAMBAR 2.1 Flowchart Penelitian