



**ANALISIS PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA DAN
ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION DALAM
OPTIMASI PENCARIAN RUTE DISTRIBUSI BARANG
(STUDI KASUS: TOKO BASMALAH REGION JEMBER)**

SKRIPSI

Oleh

**Dinda Putri Ani
192410101078**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
JEMBER
2023**

HALAMAN JUDUL



**ANALISIS PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA DAN
ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION DALAM
OPTIMASI PENCARIAN RUTE DISTRIBUSI BARANG
(STUDI KASUS: TOKO BASMALAH REGION JEMBER)**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana
Komputer, pada program studi Sistem Informasi*

SKRIPSI

Oleh

**Dinda Putri Ani
192410101078**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
JEMBER
2023**

PERSEMBAHAN

Penulisan skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis selama menimba ilmu dan mengerjakan penelitian skripsi sehingga diberi kemudahan dalam setiap prosesnya.
2. Ayah Samlawi dan Ibu Hani yang selalu memberikan support dan doa.
3. Kakak Imron Hidayat dan Kakak Dendi Tri Wahyudi yang selalu memberikan dukungan dan bantuan.
4. Seluruh dosen dan guru yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
5. Seluruh teman-teman kuliah dan teman seperjuangan yang selalu setia membantu penulis selama menimba ilmu di bangku perkuliahan.
6. Almamater Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember yang saya banggakan.

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh urusan yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”

(QS. Al-Insyirah: 6-8)

“Yang bisa kita atur adalah yang kita beri, bukan terima.”

(Anonymous)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dinda Putri Ani

NIM : 192410101078

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “*Analisis Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Ant Colony Optimization dalam Optimasi Pencarian Rute Distribusi Barang (Studi Kasus: Toko Basmalah Region Jember)*”

adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 25 Juli 2023

Yang menyatakan,

Dinda Putri Ani
NIM. 192410101078

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul "*Analisis Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Ant Colony Optimization dalam Optimasi Pencarian Rute Distribusi Barang (Studi Kasus: Toko Basmalah Region Jember)*", telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Kamis, 13 Juli 2023

Tempat : Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

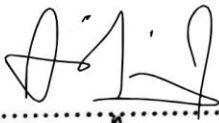
Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama: Prof. Drs. Slamir, M.Comp.Sc.,Ph.D

NIP : 196704201992011001

()

2. Pembimbing Anggota

Nama: Qurrota A'yuni Ar Ruhimat, S.Pd.,M.Sc

NRP : 760018029

()

Penguji

1. Penguji Utama

Nama: Prof. Dr. Saiful Bukhori, ST., M.Kom

NIP : 196811131994121001

()

2. Penguji Anggota 1

Nama: Nova El Maidah, S.Si.,M.Cs

NIP : 198411012015042001

()

ABSTRACT

Traveling Salesman Problem is an optimization problem to find the shortest route for a salesman to visit all points exactly once and then return to the point of origin. One of the activities included in the traveling Salesman Problem is product distribution. PT. Sidogiri Mandiri Utama also carries out distribution activities for mineral water products. The high demand for mineral water makes the distribution process a very important activity for the company. In the interviews conducted, problems were found, namely the number of distribution routes that had to be chosen by a courier and congestion. For this reason, an optimal route is needed so that the distribution process can run efficiently in terms of time and cost by using the Dijkstra algorithm and the Ant Colony Optimization algorithm. The two algorithms will be compared to find out which has better in finding the optimal route in the following stages: 1. Data Collection; 2. Data Analysis; 3. Algorithm Implementation; 4. Calculation of Cost and Time; 5. Comparative Analysis. The data to be used in this research is product distribution route data at PT. Sidogiri Mandiri Utama headed to the Basmalah store located in Jember Regency, distribution vehicles, distribution routes, travel time, and distribution costs. This research also uses the Google Maps platform to get details on the location of the research object. The implementation of both algorithms uses graphs and mathematical calculations with predetermined parameters. This research produces the optimal distribution route by Dijkstra's algorithm over a distance of 242km. And the distribution route generated by the ACO calculation has a distance of 260km. The travel time for the Dijkstra algorithm distribution route takes 5 hours and 22 minutes, which is shorter than the travel time for the ACO algorithm distribution route, which is 5 hours and 45 minutes. The distribution costs incurred when taking the Dijkstra algorithm's optimal route are Rp. 334,267, while the ACO algorithm requires a distribution fee of Rp. 354,667. From the distance traveled, travel time, and costs required during the distribution process, it can be concluded that Dijkstra's algorithm is more optimal than the Ant Colony Optimization algorithm.

Keywords: Ant Colony Optimization, Dijkstra, Travelling Salesman Problem, Graph Theory

RINGKASAN

Analisis Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma *Ant Colony Optimization* dalam Optimasi Pencarian Rute Distribusi Barang (Studi Kasus: Toko Basmalah Region Jember); Dinda Putri Ani; 65 Halaman; Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer.

Traveling Salesman Problem (TSP) merupakan permasalahan optimasi untuk menemukan rute terpendek oleh seorang salesman dalam mengunjungi semua titik tepat satu kali kemudian kembali ke titik asal. Salah satu kegiatan yang termasuk dalam TSP adalah distribusi produk. PT. Sidogiri Mandiri Utama juga melakukan kegiatan distribusi produk air mineralnya dari gudang ke toko-toko Basmalah yang tersebar di seluruh Indonesia. Permintaan yang tinggi akan air mineral dalam kemasan (AMDK) membuat proses distribusi menjadi kegiatan yang sangat penting untuk perusahaan. Dalam proses distribusi, ditemukan permasalahan yakni banyaknya rute distribusi yang harus di pilih oleh seorang kurir serta kemacetan. Untuk menemukan rute optimal agar proses distribusi dapat berjalan secara efisien, maka diperlukan algoritma untuk menyelesaikan permasalahan TSP, algoritma yang dapat digunakan adalah algoritma Dijkstra dan algoritma *Ant Colony Optimization*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui algoritma yang lebih baik antara dalam menyelesaikan masalah pencarian rute optimal pada proses distribusi AMDK PT. Sidogiri Mandiri Utama. Diawali dengan proses pengumpulan data dengan melakukan wawancara kepada pihak PT. Sidogiri Mandiri Utama untuk mengetahui proses distribusi produk serta permasalahan distribusi pada perusahaan. Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data rute distribusi produk pada PT. Sidogiri Mandiri Utama menuju toko Basmalah yang berada di Kabupaten Jember berupa lokasi Gudang distribusi dan tiap toko Basmalah, kendaraan distribusi, rute distribusi, waktu tempuh, serta biaya distribusi. Penelitian ini juga menggunakan platform Google Maps untuk mendapatkan detail lokasi objek penelitian. Implementasi kedua algoritma

menggunakan graf dan perhitungan matematis dengan parameter yang telah ditentukan. Penelitian ini menghasilkan rute distribusi optimal oleh algoritma Dijkstra dengan jarak tempuh sepanjang 242 km. Dan rute distribusi yang dihasilkan oleh perhitungan ACO memiliki jarak tempuh sepanjang 260 km. Waktu tempuh rute distribusi algoritma Dijkstra membutuhkan waktu 5 jam 22 menit, lebih pendek dibandingkan waktu tempuh rute distribusi algoritma ACO yakni 5 jam 45 menit. Biaya distribusi yang dikeluarkan saat menempuh rute optimal algoritma Dijkstra sebanyak Rp 334.267, sedangkan algoritma ACO membutuhkan biaya distribusi Rp 354.667. Dari jarak tempuh, waktu tempuh serta biaya yang dibutuhkan saat proses distribusi, dapat disimpulkan bahwa algoritma Dijkstra lebih optimal dibandingkan dengan algoritma *Ant Colony Optimization*.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma *Ant Colony Optimization* dalam Optimasi Pencarian Rute Distribusi Barang (Studi Kasus: Toko Basmalah Region Jember)” dengan baik dan selesai pada waktunya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Slamir, M.Comp.Sc.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu meluangkan waktu dan pikiran, serta memberikan ilmu untuk membantu penulisan skripsi ini hingga selesai.
2. Ibu Qurrota A'yuni Ar Ruhimat, S.Pd.,M.Sc selaku Dosen Pembimbing Pendamping dan Dosen Pembimbing Magang yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi dan studi.
3. Bapak Prof. Dr. Saiful Bukhori, ST., M.Kom dan Ibu Nova El Maidah, S.Si.,M.Cs selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan tanggapan, kritik dan saran yang sangat bermanfaat dalam perbaikan skripsi ini hingga dapat selesai.
4. Seluruh civitas akademik Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember.
5. Ayahanda Samlawi, Ibunda Hani, dan Kakak Imron Hidayat yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis agar segera menyelesaikan penulisan skripsi.
6. Kakak Dendi Tri Wahyudi yang telah mengorbankan waktu dan hasil kerja kerasnya untuk kegiatan studi saudara perempuannya.

7. Bapak Munir selaku staf distribusi PT. Sidogiri Mandiri Utama yang telah meluangkan waktu untuk penulis melakukan wawancara selama proses penelitian.
8. Teman-teman organisasi dan perkuliahan di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember dari semua angkatan atas bantuan, dukungan, dan ilmu yang diberikan.
9. Sahabat-sahabatku Raras, Jessica, Rafi, Mirzan, Rian, Sadhu dan Bagus atas segala bentuk diskusi, motivasi, dan doa yang telah diberikan.
10. Seluruh pihak dan orang-orang baik yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 25 Juli 2023

Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRACT	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Bagi Akademis.....	4
1.5.2 Bagi Peneliti.....	4
1.5.3 Bagi Objek Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Distribusi	6
2.3 Travelling Salesman Problem (TSP)	6
2.4 Teori Graf.....	7
2.5 Algoritma Dijkstra	8
2.6 Algoritma Ant Colony Optimization (ACO).....	10
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	13

3.1	Jenis Penelitian	13
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.3	Tahapan Penelitian.....	13
3.3.1	Pengumpulan Data.....	13
3.3.2	Analisis Data.....	14
3.3.3	Proses Implementasi Algoritma Dijkstra.....	14
3.3.4	Proses Implementasi Algoritma ACO	16
3.3.5	Hasil Perhitungan Algoritma	16
3.3.6	Analisis Perbandingan algoritma.....	16
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1	Analisis Data	17
4.2	Data Jarak.....	17
4.3	Parameter Jenis Kendaraan	17
4.4	Perhitungan Algoritma Dijkstra	18
4.4.1	Menentukan Peta Dasar	18
4.4.2	Pembentukan Graf Berarah Berbobot dan matriks Jarak ..	18
4.4.3	Perhitungan Pencarian Rute Algoritma Dijkstra	19
4.5	Perhitungan Algoritma Ant Colony Optimization.....	24
4.5.1	Menginisialisasi Parameter.....	24
4.5.2	Menghitung Invers Jarak (<i>Matrix Visibility</i>)	25
4.5.3	Penempatan Semut.....	25
4.5.4	Menghitung Nilai Probabilitas dan Probabilitas Kumulatif	26
4.5.5	Memperbarui Nilai <i>Pheromone</i>	36
4.5.6	Cek Iterasi	36
4.6	Analisis Waktu dan Biaya Distribusi.....	36
4.6.1	Analisis Waktu Tempuh Distribusi	36
4.6.2	Analisis Biaya Distribusi	37
4.7	Analisis Perbandingan Hasil Algoritma.....	37
BAB 5.	KESIMPULAN	38
5.1	Kesimpulan	38

5.2	Saran.....	38
	DAFTAR PUSTAKA.....	39
	LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Lokasi Distribusi	17
Tabel 4.2 Data Jarak (Km).....	17
Tabel 4.3 <i>Matrix Visibility</i>	25
Tabel 4. 4 TabuList 1	25
Tabel 4.5 Probabilitas dari PT. Sidogiri Mandiri Utama	26
Tabel 4.6 Probabilitas Kumulatif dari PT. Sidogiri Mandiri Utama.....	27
Tabel 4.7 TabuList 2	27
Tabel 4.8 Probabilitas Semut 1 dan Semut 2 dari Basmalah Gambirono	28
Tabel 4.9 Probabilitas Semut 3 dari Basmalah Jombang	29
Tabel 4.10 Probabilitas Kumulatif 2	30
Tabel 4. 11 TabuList 3	30
Tabel 4.12 Probabilitas Semut 1 dan Semut 2 dari Basmalah Gumukmas.....	31
Tabel 4.13 Probabilitas Semut 3 dari Basmalah Gambirono	32
Tabel 4.14 Probabilitas Kumulatif 3	32
Tabel 4.15 TabuList 4	33
Tabel 4. 16 Probabilitas S1 dari Basmalah Batu Urip dan S2 dari Basmalah Jombang	34
Tabel 4.17 Probabilitas Semut 3 dari Basmalah Gumukmas.....	34
Tabel 4.18 Probabilitas Kumulatif 4	35
Tabel 4.19 TabuList 5	35
Tabel 4.20 Jarak Rute yang Ditempuh Semut.....	35
Tabel 4.21 Nilai Pembaruan <i>Pheromone</i>	36
Tabel 4.22 Waktu Tempuh Distribusi.....	37
Tabel 4.23 Biaya Distribusi	37
Tabel 4.24 Hasil Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma ACO	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Graf Jembatan Königsberg (Munir, 2010)	7
Gambar 2.2 (a) Graf semi Hamilton, (b) Graf Hamilton, (c) Graf yang tidak memiliki lintasan dan sirkuit Hamilton.....	8
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	13
Gambar 3.2 Tahapan Algoritma Dijkstra.....	14
Gambar 4.1 Pembentukan Peta Dasar Menggunakan Google Maps	18
Gambar 4.2 Graf Berbobot Berarah	18
Gambar 4.3 Graf Hasil Rute Terpendek Algoritma Dijkstra	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perbandingan Penelitian TerdahuluPerbandingan Penelitian Terdahul	41
Lampiran 2. Tabel Iterasi Perhitungan Dijkstra	42
Lampiran 3. Parameter Algoritma ACO	42
Lampiran 4. Nilai r	42
Lampiran 5. Perhitungan Invers jarak	43
Lampiran 6. Perhitungan Pembaruan Pheromone.....	43
Lampiran 7. Indeks Jurnal.....	44
Lampiran 8. Analisis Jarak dan Waktu menggunakan Google Maps	46
Lampiran 9. Hasil Wawancara	46
Lampiran 10. Dokumentasi Kegiatan	48

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan permasalahan optimasi untuk menemukan rute terpendek oleh seorang *salesman* dalam mengunjungi semua titik tepat satu kali kemudian kembali ke titik asal. Salah satu kegiatan yang termasuk dalam TSP adalah distribusi produk. Menurut Walters, sebagaimana dikutip oleh Marius P. Angipora dalam bukunya (Angipora, 2002), distribusi adalah kumpulan pedagang dan agen komersial yang menggabungkan antara pentransferan wujud dari suatu produk berupa fisik, nama dan label untuk menciptakan penggunaan sasaran konsumen atau pasar secara mengerucut.

PT. Sidogiri Mandiri Utama merupakan bagian dari perusahaan Kopontren Sidogiri yang memproduksi air mineral dalam kemasan dengan label Santri dan bertanggung jawab atas pendistribusian produk air mineralnya dari gudang ke toko-toko Basmalah yang tersebar di seluruh Indonesia. Toko Basmalah merupakan salah satu jenis usaha retail milik Kopontren Sidogiri Pasuruan yang berlokasi di 16 Kabupaten atau Kota di Indonesia yang berjumlah sebanyak 161 gerai. Di wilayah Kabupaten Jember, total penyebaran usaha retail toko Basmalah berjumlah 20 gerai.

Proses pendistribusian merupakan kegiatan yang sangat penting bagi perusahaan retail, terutama bagi PT. Sidogiri Mandiri Utama yang memiliki tujuan distribusi yakni Toko Basmalah yang tersebar di seluruh Indonesia, membuat permintaan akan air mineral Santri juga semakin meningkat. Dalam proses pengiriman barang, seorang kurir akan memiliki beberapa opsi rute untuk sampai ke lokasi tujuan, sehingga diperlukan rute optimal dalam proses pendistribusian agar dapat berjalan efisien baik dari segi waktu tempuh, jarak rute yang dilalui maupun biaya yang harus dikeluarkan selama proses distribusi yakni biaya bahan bakar serta biaya tol. Untuk menemukan rute optimal agar proses distribusi dapat berjalan secara efisien, maka diperlukan algoritma untuk menyelesaikan permasalahan TSP, algoritma yang dapat digunakan adalah algoritma Dijkstra dan algoritma *Ant Colony Optimization*.

Algoritma Dijkstra merupakan algoritma konvensional paling populer dalam mencari lintasan terpendek dan tercepat yang memiliki cara kerja dengan melakukan perhitungan pada tiap-tiap kemungkinan dari *vertex* atau titik-titik yang terdapat dalam graf. Dalam implementasinya, algoritma Dijkstra merupakan algoritma dengan prinsip *greedy* (serakah), yakni membandingkan setiap nilai bobot terendah yang telah ditemukan kemudian datanya akan tercatat dalam bentuk himpunan lintasan sehingga mendapatkan hasil keluaran berupa rute yang dinilai optimal (Sunardi et al., 2019). Algoritma Dijkstra merupakan algoritma yang menyediakan solusi untuk mendapatkan jalur optimal antara dua titik dalam graf terhubung yang memiliki nilai bobot tepi (sisi) bernilai non-negatif (Baeza et al., 2017).

Algoritma lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). *Ant Colony Optimization* diambil dari sifat koloni semut yang bekerja dengan menganalisis lingkungannya yang kompleks dan rumit untuk menemukan sumber makanan lalu akan kembali lagi ke sarangnya dengan memanfaatkan jejak yang telah ditinggalkan berupa zat *pheromone* pada rute-rute yang telah dilaluinya (Agung et al., 2017). Secara logika, semut-semut akan berkumpul dari titik keberangkatan yang diasumsikan sebagai sarang, akan berjalan secara terpisah melewati rute masing-masing menuju titik tujuan yakni sumber makanan berada. Saat mereka sampai pada sumber makanan, tiap semut akan didata untuk mengetahui rute yang telah dilalui beserta bobot rutenya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Nurriszky et al., 2020) untuk mencari jalur terpendek distribusi *raw material* menggunakan algoritma Dijkstra, penelitian ini menghasilkan jalur optimal sehingga biaya distribusi dan waktu tempuh menurun. Namun penelitian ini tidak memasukkan parameter kemacetan dan kapasitas produk yang diangkut. Penelitian selanjutnya oleh (Manuputty et al., 2021) dalam mencari rute optimal menggunakan *Ant Colony Optimization* mendapatkan hasil rute distribusi 18,14 Km, lebih pendek dibandingkan jalur distribusi berdasarkan Google Maps yakni 19,60 Km. Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian sebelumnya adalah hasil analisis perbandingan dari algoritma Dijkstra dan Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk mencari rute optimal dalam

distribusi produk dengan memperhatikan parameter berupa kemacetan, kapasitas angkutan, serta jenis kendaraan.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, dapat disimpulkan bahwa algoritma *Ant Colony Optimization* dan algoritma Dijkstra merupakan algoritma populer yang memiliki kemampuan unggul dalam menyelesaikan TSP berdasarkan beberapa indikator, akan tetapi perlu diteliti lebih lanjut algoritma yang sesuai antara algoritma *Ant Colony Optimization* dan algoritma Dijkstra dalam mencari rute optimal dengan memperhatikan variabel-variabel distribusi sehingga dapat mengefisiensikan proses distribusi yang ada pada PT. Sidogiri Mandiri Utama. Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, maka penelitian ini mengambil judul “Analisis Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma *Ant Colony Optimization* dalam Optimasi Pencarian Rute Distribusi Barang (Studi Kasus: Toko Basmalah Region Jember)” dengan objek penelitian yakni rute distribusi produk dari PT. Sidogiri Mandiri Utama ke toko Basmalah yang tersebar di Kabupaten Jember.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana hasil perbandingan yang lebih optimal antara algoritma Dijkstra dan algoritma *Ant Colony Optimization* dalam menyelesaikan permasalahan optimasi rute distribusi pada PT. Sidogiri Mandiri Utama?.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah agar tidak terjadi penyimpangan selama proses penelitian dan penulisan. Batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini yaitu:

- a. Parameter yang digunakan dalam penelitian adalah perbandingan jarak rute, waktu tempuh, biaya tidak tetap distribusi berupa kebutuhan bbm serta akses tol yang dibutuhkan dari kedua algoritma.

- b. Daerah tujuan kegiatan distribusi dibatasi untuk 4 Toko Basmalah wilayah Jember, yakni Basmalah Batu Urip, Basmalah Jombang, Basmalah Gambirono, dan Basmalah Gumukmas.
- c. Titik awal pada graf yakni PT. Sidogiri Mandiri Utama sebagai Gudang distribusi.
- d. Mengikuti aturan TSP untuk satu mobil *box* dengan satu kali operasi.
- e. Diasumsikan jarak antara titik i ke titik j sama dengan jarak antara titik j ke titik i atau mengikuti aturan TSP simetris,
- f. Perhitungan waktu tempuh sesuai dengan tanggal dilakukan pengujian yakni saat diakses *Google Maps* pada tanggal 31 Mei 2023 pada pukul 08.00 pagi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai untuk menyelesaikan rumusan masalah yaitu mengetahui hasil rute yang lebih baik antara algoritma Dijkstra dan algoritma Ant Colony Optimization dalam menyelesaikan masalah pencarian rute optimal pada proses distribusi AMDK PT. Sidogiri Mandiri Utama.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.5.1 Bagi Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi kepada pembaca terkait dengan penelitian yang dilakukan.

1.5.2 Bagi Peneliti

Melatih kemampuan dan menerapkan ilmu yang didapatkan selama kegiatan perkuliahan, serta menambah referensi kepada peneliti terkait dengan penelitian yang dilakukan.

1.5.3 Bagi Objek Penelitian

Hasil dari penelitian diharapkan dapat menghemat jarak, biaya serta waktu pendistribusian air mineral pada PT. Sidogiri Mandiri Utama.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka membahas mengenai kajian dan teori yang terkait dengan permasalahan penelitian ini. Teori yang dibahas diperoleh dari berbagai literatur, jurnal, buku, dan *website*.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dilakukan oleh Daniel Baeza, Christian F. Ihle, dan Julian M. Ortiz pada tahun 2017, dengan judul “*A comparison between ACO and Dijkstra algorithms for optimal ore concentrate pipeline routing*”. Pada penelitian ini, Daniel Baeza, Christian F. Ihle, dan Julian M. Ortiz ingin menguji serta membandingkan performansi algoritma *Ant Colony Optimization* dan algoritma Dijkstra dalam optimasi *concentrate pipeline routing* melalui simulasi. Penelitian ini menjelaskan pendekatan yang cocok untuk memecahkan masalah *concentrate pipeline routing* serta pendekatan yang berpotensi menyelesaikan permasalahan rute terpendek dengan parameter tambahan yakni fungsi biaya (*cost*). Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa algoritma Dijkstra lebih baik dalam segi performa waktu dan keakuratan dibandingkan dengan algoritma *Ant Colony Optimization*.

Penelitian terdahulu dilakukan oleh Muhammad Faizal Nurriszky, Sofia Dwiagnes, dan Nitta Fitria Anggraeni pada tahun 2020 dengan judul “Pencarian Rute Terpendek pada Distribusi Raw Material Metode Dijkstra di PT. SHP”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan jalur distribusi *raw material* yang optimal sehingga dapat meminimumkan biaya transportasi yang diperlukan. Penelitian ini menggunakan metode algoritma Dijkstra dalam menentukan rute terpendek. Proses dalam menentukan jarak optimal menggunakan algoritma Dijkstra pada penelitian ini melalui beberapa tahapan yakni, analisis data jarak *origin* ke *destination*, analisis parameter jenis kendaraan, perhitungan algoritma Dijkstra sampai ditemukan rute optimal. Penelitian ini menghasilkan rute yang lebih pendek dari rute biasanya yang berjarak total 71,2 KM, serta biaya transportasi yang lebih rendah yakni Rp 1.674.540. Namun penelitian ini tidak mempertimbangkan parameter kemacetan dan kapasitas produk yang diangkut sehingga perlu dilakukan pengembangan dalam penelitiannya.

Penelitian terdahulu dilakukan oleh Debora E. A. Manuputty, Christie E. J. C. Montolalu, Tohap Manurung pada tahun 2021 dengan judul “Penentuan Jalur Terpendek Distribusi Air Mineral Menggunakan Ant Colony Optimization”. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menemukan jalur terpendek dalam kegiatan distribusi yang dilakukan oleh PT. Tirta Investama. Penelitian ini menggunakan metode ACO untuk menyelesaikan permasalahan TSP. Penelitian ini menghasilkan rute distribusi optimal yang lebih pendek dari rute yang digunakan melalui Google Maps, didapatkan rute sejauh 18,4 Km dan rute yang digunakan sebelumnya sejauh 19,69 Km. Penelitian ini telah mensubstitusikan parameter kemacetan dan kondisi jalan, namun tidak ada variable distribusi lainnya seperti kapasitas kendaraan dan fungsi biaya.

2.2 Distribusi

Distribusi merupakan alur yang dilalui barang atau produk dari pihak sumber yakni produsen atau penjual hingga sampai pada konsumen atau pengguna (Angipora, 2002). Dalam Kamus Besar bahasa Indonesia (KBBI), distribusi diartikan sebagai proses penyaluran (pembagian pengiriman) suatu produk kepada beberapa individu atau ke banyak tempat. Rantai distribusi produk dimulai secara bertingkat yakni dari pihak pertama yang merupakan tempat penyimpanan seperti gudang produksi, pusat distribusi, tempat grosir dan pengecer atau tangan kanan pihak pertama dengan waktu yang cepat dan tepat (Auliasari et al., 2018). Distribusi merupakan aspek penting dalam proses bisnis, proses bisnis dapat berjalan dengan lancar apabila saluran distribusi termanajemen dengan baik. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses distribusi produk antara lain, sistem distribusi, rute distribusi dan kendaraan distribusi (Auliasari et al., 2018).

2.3 Travelling Salesman Problem (TSP)

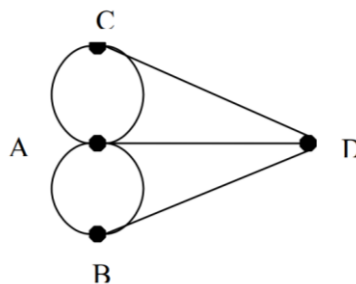
Travelling Salesman Problem pertamakali ditemukan oleh ahli matematika Irlandia, Sir William Rowan Hamilton dan ahli matematika Inggris, Thomas Penyngton Kirkman pada tahun 1800 dan dilakukan pengembangan terhadap bentuk umumnya pada tahun 1930-an oleh Karl Menger. TSP merupakan suatu permasalahan optimasi klasik yang mencoba semua alternatif penyelesaian untuk menemukan solusi berupa nilai minimum dari perjalanan yang dilakukan

salesman. Tujuan dari TSP adalah untuk menemukan rute dengan nilai bobot (jarak) total minimum diantara semua pilihan rute yang telah ditemukan (Auliasari et al., 2018).

Penyelesaian TSP dilakukan dengan beberapa batasan yang harus dipenuhi, yakni satu kota hanya dikunjungi satu kali dari kota lain, satu kota hanya akan mengunjungi satu kota lain, dan tidak terjadi subroute (Manuputty et al., 2021). Permasalahan TSP dapat terjadi karena seorang *salesman* merasa tidak efisien dalam melakukan kegiatan distribusi sehingga biaya dan waktu yang dibutuhkan membengkak. TSP dibagi menjadi dua jenis, yaitu simetris dan asimetris. Dibedakan oleh fungsi biaya dimana TSP simetris memiliki biaya keberangkatan sama dengan biaya kembali ke titik asal, sedangkan TSP asimetris biaya keberangkatan tidak sama dengan biaya pulang ke titik awal.

2.4 Teori Graf

Graf terdiri dari kumpulan simpul (*nodes*) dan penghubung antar simpulnya yang disebut busur sehingga dapat didefinisikan secara matematis bahwa $G = (V, E)$ (Siang, 2009), dimana $G = Graph$ yang memiliki dua himpunan di dalamnya yakni himpunan $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$ merupakan himpunan berhingga dan tidak kosong dari kumpulan titik (simpul), dan $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$ adalah himpunan tak berurut dan boleh kosong dari sisi yang menghubungkan *vertex*.

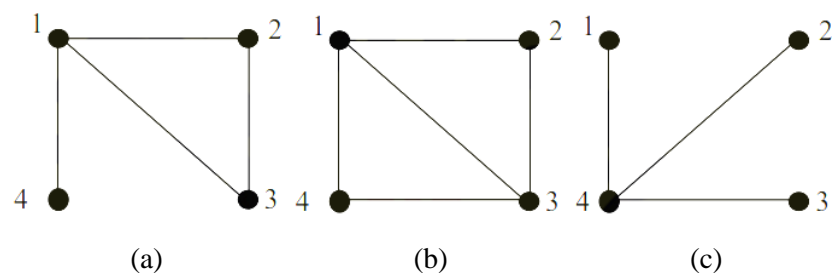


Gambar 2.1 Graf Jembatan Königsberg (Munir, 2010)

Graf memiliki beberapa jenis, berdasarkan orientasi arah pada sisi dan nilai bobot, maka graf dibagi menjadi empat kategori (Munir, 2010) yakni graf berarah berbobot, graf tidak berarah dan berbobot, graf berarah dan tidak

berbobot, dan graf tidak berarah tidak berbobot. Jalan (*walk*) pada graf G memiliki notasi $W(G)$ merupakan barisan berhingga bergantian yang diawali oleh *vertex* kemudian sisi dan diakhiri *vertex*. $W(G)$ dengan $v_1 = v_n$ merupakan jalan tertutup karena titik akhir = titik keberangkatan, apabila $v_1 \neq v_n$ maka disebut jalan terbuka. $W(G)$ dengan barisan titik tidak diulang didefinisikan sebagai lintasan, sedangkan $W(G)$ dengan sisi tidak diulang didefinisikan sebagai jejak. $W(G)$ dengan $v_1 = v_n$ tanpa titik berulang disebut *cycle*.

Lintasan Hamilton merupakan lintasan yang mengunjungi tiap titik dalam graf hanya satu kali. Apabila lintasan berhenti di titik awal $v_1 = v_n$ maka disebut dengan sirkuit Hamilton. Sirkuit Hamilton merupakan lintasan tertutup yang titiknya hanya dilalui tepat satu kali kecuali titik asal. Graf dengan sirkuit Hamilton disebut dengan graf Hamilton, sedangkan graf semi Hamilton merupakan graf yang hanya memiliki lintasan Hamilton.



Gambar 2.2 (a) Graf semi Hamilton, (b) Graf Hamilton, (c) Graf yang tidak memiliki lintasan dan sirkuit Hamilton

2.5 Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra merupakan salah satu teknik pencarian untuk permasalahan lintasan terpendek yang sangat populer, terutama di kalangan peneliti di bidang Matematika atau Ilmu Komputer. Algoritma yang digagas oleh Edger Dijkstra pada tahun 1959 ini mampu bekerja secara efektif untuk menentukan jalur optimal yang memiliki bobot jarak minimum dari satu titik ke titik tujuan (Fitro et al., 2018). Algoritma Dijkstra menggunakan prinsip *Greedy* (serakah) dalam implementasinya untuk memecahkan permasalahan jalur terpendek dengan mencari solusi optimum pada setiap titik yang dilalui pada graf berarah dan berbobot positif dengan tujuan mendapatkan hasil optimum pada

himpunan titik yang dilalui untuk mencapai nilai minimum secara keseluruhan (Graham et al., 2011).

Penelitian yang dilakukan oleh (Umar et al., 2021) membuktikan bahwa algoritma Dijkstra lebih optimal dibandingkan algoritma Floyd-Warshall berdasarkan hasil pengujian *convergence time* karena memiliki waktu proses lebih cepat yakni sebesar 0,0060 detik, sedangkan algoritma Floyd Warshall memiliki waktu proses selama 0,0433 detik. Bahkan dalam penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, algoritma Dijkstra diklaim mampu menemukan solusi atas permasalahan rute optimal lebih cepat dari algoritma *heuristic* seperti A* (A star) (Fitro et al., 2018).

Prosedur yang digunakan dalam menentukan lintasan terpendek menggunakan algoritma Dijkstra pada graf berbobot menurut (Siang, 2009), yaitu:

1. Menyiapkan graf berbobot kemudian direpresentasikan ke dalam bentuk matriks graf berbobot.

$$W(G) = [\alpha_{ij}] \quad (1)$$

Himpunan vertex yang ada pada graf berbobot di catat pada table $D(V)$ dengan titik awal (titik keberangkatan) yang sudah ditentukan, sebagai contoh v_1 sebagai titik awal.

2. Menginisialisasi himpunan simpul permanen

$$L = \{ \} ; V = \{v_2, v_3, \dots, v_n\} \quad (2)$$

Keterangan:

L : himpunan simpul $V(G)$ yang merupakan simpul permanen rute terpendek.

V : Himpunan dari seluruh *vertex* yang ada pada graf.

$V(G) = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$: Graf berbobot dengan himpunan *vertex* nya yang membentuk suatu simpul.

3. Perhitungan iterasi awal dengan nilai iterasi = 0

$$D(V) = 0 \quad (3)$$

v_1 merupakan titik awal atau titik keberangkatan pada simpul aktif, untuk itu $D(v_1) = 0$, sedangkan untuk titik lain yang ada pada simpul (graf) maka diberi nilai tak hingga (∞).

$$D(v_2) = D(v_3) = \dots D(v_n) = \infty \quad (4)$$

Maka dapat dikatakan bahwa rute terpendek dari v_1 yang merupakan simpul permanen menuju ke titik lainnya belum ditemukan, maka titik lain pada graf dilabeli dengan simbol ∞ dengan penyelesaian dianggap memiliki nilai sangat besar.

4. Perhitungan bobot simpul untuk $i = 2, \dots, n$

$$D(v_i) = W(v_1, v_i) \quad (5)$$

Keterangan:

$D(v_i)$: rute terpendek dari v_i ke v_j

$W(v_1, v_i)$: nilai bobot dari simpul v_i ke v_j

5. Menentukan simpul tetangga untuk ditetapkan sebagai jalur permanen, dipilih suatu *vertex* yang bertetangga langsung dengan v_1 dengan jumlah bobot v_i ke v_j adalah $W(v_i, v_j)$ untuk $j = 2, \dots, n$.
6. Untuk tiap titik yang terhubung langsung dengan titik keberangkatan merupakan bagian dari himpunan L yang merupakan himpunan rute terpendek. Maka untuk $v_j \in V - L$, dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan:

$$D(v_j) = \text{Min}\{D(v_j), D(v_1) + W(v_1, j)\} \quad (6)$$

7. Nilai minimum dari $D(v_j)$ pada langkah 6 diasumsikan sebagai $D(v_k)$ dengan *vertex* v_k merupakan simpul permanen pada langkah selanjutnya dan elemen dari himpunan solusi rute terpendek L , $v_k \in V - L$ serta tidak akan diperhitungkan lagi dalam iterasi selanjutnya dan sebagai titik awal yang baru.
8. Perhitungan pencarian rute terpendek mengalami pengulangan dari langkah 3, memperbarui kembali *vertex* permanen sampai seluruh *vertex* masuk ke dalam himpunan solusi rute terpendek L .

2.6 Algoritma Ant Colony Optimization (ACO)

Ant Colony Optimization (ACO) merupakan salah satu algoritma metaheuristik terkenal untuk mengatasi permasalahan optimasi yang diciptakan berdasarkan perilaku koloni semut saat mencari sumber makanan (Dorigo et al., 1996; Dorigo & Gambardella, 1997). Algoritma *Ant Colony Optimization* yang

ditemukan dan dikembangkan oleh Dorigo (Dorigo et al., 2006; Marco Dorigo, 1992) diadopsi dari perilaku koloni semut saat mencari sumber makanan dan membawanya kembali ke sarang, dimana terdapat komponen acak pada lintasan semut sebelum menemukan makanan. Ketika koloni semut berhasil menemukan sumber makanan, semut meninggalkan zat *pheromone* sebagai jejak di jalan yang dilaluinya, jalur tersebut membiaskan keputusan jalur semut lain dalam koloni sebagai petunjuk untuk mendapatkan makanan dari sumber yang sama.

Untuk mencapai rute optimal dilakukan dengan menggabungkan efek penambahan *pheromone* ketika semut berhasil kembali ke sarang dan pemakaian *pheromone* sebagai fungsi waktu. Semakin banyak koloni semut yang melalui rute, semakin kuat zat *pheromone* yang ditinggalkan, maka semakin banyak semut yang berhasil kembali ke sarang dengan membawa makanan. Selain zat *pheromone*, pemilihan rute juga dipengaruhi oleh insting semut yang dikenal sebagai *visibility* (Sunardi et al., 2019). Jalan acak yang diberlakukan memungkinkan untuk meningkatkan peluang menemukan makanan bersama dengan keseimbangan antara pembusukan *pheromone* dan peningkatan di berbagai rute sehingga koloni dapat dengan fleksibel mengubah jalur hingga konvergensi diperoleh (Baeza et al., 2017).

Langkah-langkah dalam menentukan rute terpendek pada algoritma *Ant Colony Optimization* menurut (Nugraha et al., 2019) yaitu:

1. Menentukan matriks *visibility*, merupakan perpindahan dari *vertex i* ke *j* disebut dengan η_{ij} , secara umum, sesuai dengan persamaan 7.

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \quad (7)$$

Keterangan:

η_{ij} : Perpindahan (invers jarak) *vertex i* ke *j* atau *visibility*

d_{ij} : Panjang lintasan antara *vertex i* dan *j*

i : indeks titik awal

j : indeks titik tujuan

2. Semut *k* di *vertex i* memilih *vertex j* dimana *vertex j* belum dikunjungi dengan α dan β , dengan probabilitas:

$$p_{ij}^k = \frac{\tau_{ij}^\alpha \eta_{ij}^\beta}{\sum_{j \in J_i^k} \tau_{ij}^\alpha \eta_{ij}^\beta} \quad (8)$$

Keterangan:

p_{ij}^k : Probabilitas

α : Parameter pengendalian intensitas *pheromone* semut ($\alpha \geq 0$)

β : Parameter pengendalian *visibility* semut ($\beta \geq 0$)

τ_{ij}^α : Intensitas *pheromone* antara *vertex* i dan j dengan parameter α

η_{ij}^β : Perpindahan *vertex* i ke j dengan parameter β

J_i^k : Himpunan titik yang dikunjungi semut k ketika berada di *vertex* s i

3. Menghitung nilai Probabilitas Kumulatif

$$q_k = q_{k-1} + p_{ij} \quad (9)$$

Keterangan:

q_k : Probabilitas kumulatif k

q_{k-1} : Probabilitas kumulatif $k - 1$, untuk $k = 2, \dots, n$.

p_{ij} : Probabilitas semut saat berpindah dari *vertex* i ke *vertex* j

4. Pembaruan *Pheromone*

$$\tau_{i,j} = (1 - \rho)\tau_{i,j} + \Delta\tau_{i,j} \quad (10)$$

5. Memanggil bilangan acak (r) menggunakan *Microsoft Excel* dengan nilai r diantara 0 dan 1.

$$q_{k-1} < r \leq q_k \quad (11)$$

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

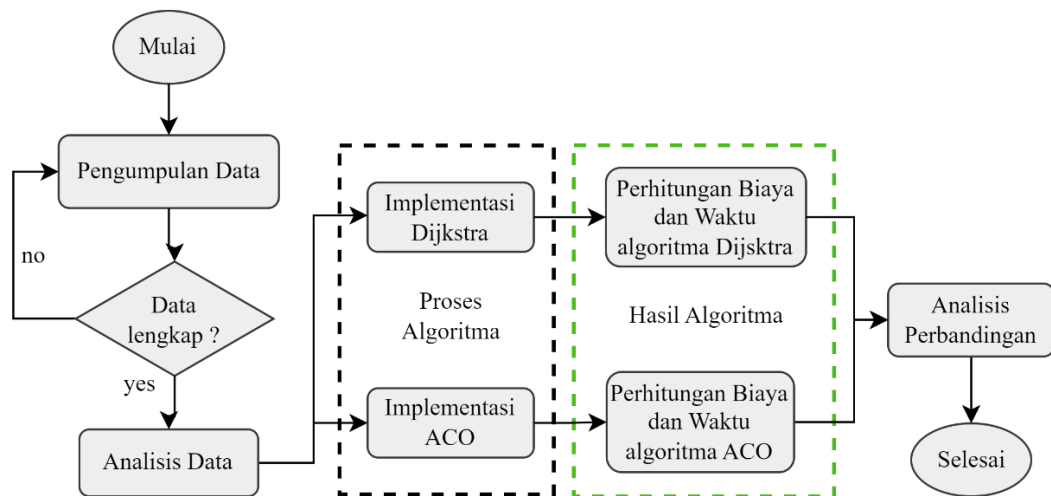
Penelitian ini termasuk ke dalam jenis penelitian kuantitatif, dengan tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil rute optimal dari algoritma Dijkstra dan algoritma *Ant Colony Optimization* dalam memecahkan permasalahan TSP distribusi.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember dan PT. Sidogiri Mandiri Utama dengan waktu penelitian dilakukan dari bulan November 2022.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian berisi langkah-langkah yang dilakukan selama penelitian berlangsung. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.3.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini peneliti mengumpulkan data informasi dengan melakukan wawancara kepada pihak PT. Sidogiri Mandiri Utama untuk mengetahui Sistem distribusi produk serta permasalahan distribusi pada perusahaan. Pengumpulan data dengan wawancara dimulai dari mengajukan pertanyaan untuk

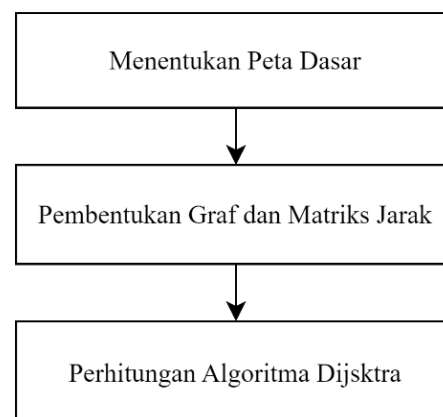
mengidentifikasi permasalahan secara kompleks sehingga dapat ditemukan solusi atas permasalahan *Travelling Salesman Problem* pada PT. Sidogiri Mandiri Utama. Wawancara dilakukan untuk menemukan informasi terkait sistem distribusi, biaya serta waktu yang dibutuhkan saat proses distribusi berlangsung. Peneliti juga menggali dasar teori yang akan digunakan dalam penelitian melalui studi literatur. Studi literatur digunakan untuk menemukan informasi terkait Algoritma Dijkstra, Algoritma ACO dan *Travelling Salesman Problem* melalui jurnal, buku, penelitian terdahulu, skripsi dan situs web yang terkait.

3.3.2 Analisis Data

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data rute distribusi produk pada PT. Sidogiri Mandiri Utama menuju toko Basmalah yang berada di Kabupaten Jember berupa lokasi gudang distribusi dan tiap toko Basmalah, kendaraan distribusi, rute distribusi, waktu tempuh, serta biaya yang dibutuhkan saat melakukan distribusi. Penelitian ini juga menggunakan platform *Google Maps* untuk mendapatkan detail lokasi objek penelitian.

3.3.3 Proses Implementasi Algoritma Dijkstra

Proses mencari rute terpendek menggunakan algoritma Dijkstra pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tahapan Algoritma Dijkstra

Tahapan implementasi algoritma Dijkstra untuk menemukan rute distribusi terpendek dalam penelitian ini terbagi menjadi beberapa langkah sebagai berikut:

a. Menentukan Peta Dasar

Peta dasar merupakan visualisasi dari rute distribusi air mineral santri pada PT. Sidogiri Mandiri utama yang didalamnya tergambar lokasi Gudang pengiriman serta rute menuju 4 toko basmalah yakni Basmalah Batu Urip, Basmalah Jombang, Basmalah Gambiriono dan Basmalah Gumukmas, peta dasar digunakan sebagai acuan dalam menggambarkan graf dengan data lokasi didapatkan dari browser *Google Maps*.

b. Pembentukan Graf dan Matriks Jarak

Pembentukan graf pada algoritma Dijkstra dimulai dari menentukan *vertex* (*origin* dan *destination*) serta label tiap *vertex*. Berdasarkan peta dasar, gudang dan *destination* akan diidentifikasi sebagai *vertex*. Pembentukan matriks jarak dalam bentuk tabel meliputi jarak antar titik yang telah digambarkan pada graf berarah berbobot sesuai dengan persamaan (1).

c. Perhitungan Algoritma Dijkstra

Untuk menemukan solusi berupa rute distribusi optimal, maka dilakukan perhitungan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Inisialisasi seluruh *vertex* yang akan dilalui dengan menggunakan persamaan (2).
- 2) Mendefinisikan titik awal sebagai titik permanen bernilai = 0 dengan persamaan (3).
- 3) Tetapkan jarak *vertex* berdasarkan persamaan (4) dengan nilai "*infinity*", lalu tetapkan *vertex* berbobot dengan menggunakan persamaan (5).
- 4) Hitung nilai bobot jarak sementara semua jalur yang bertetangga dengan jalur aktif dengan menambahkannya ke panjang tepi (*edge*) dengan persamaan (6).
- 5) Jika perhitungan bobot menghasilkan jarak yang lebih kecil dari nilai sementara maka dilakukan *update* nilai bobot pada *vertex* tersebut.
- 6) Tetapkan *vertex* dengan nilai bobot sementara minimum sebagai *vertex* aktif dan tetapkan nilai bobot pada *vertex* tersebut sebagai nilai permanen.
- 7) Iterasi terjadi pada langkah 3 sampai 6 sampai tidak ada lagi *vertex* dengan nilai permanen yang memiliki tetangga dengan nilai jarak sementara.

3.3.4 Proses Implementasi Algoritma ACO

Tahapan implementasi metode *Ant Colony Optimization* serupa dengan cara koloni semut dalam menemukan sumber makanan yang telah dijelaskan pada sub bab 2.6 yakni:

- a. Inisialisasi parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan algoritma *Ant Colony Optimization*.
- b. Menetapkan nilai invers jarak antar titik atau *visibility* menggunakan persamaan (7) kemudian membentuk matriks *visibility*.
- c. Meletakkan semut k di titik awal atau titik keberangkatan.
- d. Mencari nilai probabilitas semut k dengan menggunakan persamaan (8).
- e. Mencari nilai probabilitas kumulatif semut berdasarkan persamaan (9).
- f. Memanggil konstanta bilangan acak (r) antara 0 dan 1 untuk mencari semut pada titik yang dilaluinya.
- g. Setelah ditemukan semut pada titik j , maka selanjutnya dipilih semut dengan nilai minimum berdasarkan persamaan (11).
- h. Iterasi dari langkah d ke g dilakukan sampai titik tujuan v_n telah dilalui.
- i. Melakukan pembaruan nilai *pheromone* berdasarkan persamaan (10).
- j. Cek Iterasi, apabila telah mencapai nilai maksimum maka cetak solusi.

3.3.5 Hasil Perhitungan Algoritma

Hasil perhitungan dari kedua algoritma berupa rute yang dihasilkan, jarak atau panjang rute yang telah ditemukan masing-masing algoritma dalam satuan kilometer (km), waktu tempuh pada tiap rute dalam satuan jam, serta biaya tidak tetap distribusi yang dibutuhkan selama melakukan kegiatan distribusi.

3.3.6 Analisis Perbandingan algoritma

Pada tahap ini dilakukan analisis perbandingan berdasarkan 3 parameter yang telah ditentukan, yakni parameter jarak rute terpendek, waktu tempuh serta biaya tidak tetap yang dikeluarkan saat proses distribusi yakni biaya bahan bakar minyak serta biaya tol.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data rute distribusi AMDK PT. Sidogiri Mandiri Utama meliputi nama lokasi distribusi dan labelnya. Data lokasi ditribusi dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Lokasi Distribusi

Label Titik	Data Lokasi
1	PT. Sidogiri Mandiri Utama
2	Toko Basmalah Batu Urip
3	Toko Basmalah Jombang
4	Toko Basmalah Gambirono
5	Toko Basmalah Gumukmas

4.2 Data Jarak

Data jarak dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Jarak (Km)

d_{ij}	1	2	3	4	5
1	0	95	103	112	114
2	95	0	22	13	27
3	103	22	0	25	11
4	112	13	25	0	20
5	114	27	11	20	0

4.3 Parameter Jenis Kendaraan

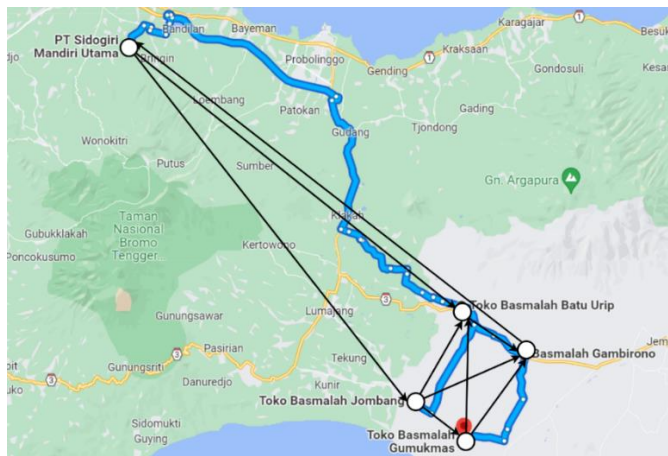
Proses pengiriman AMDK oleh PT. Sidogiri Mandiri Utama menggunakan sebuah transportasi darat dengan jenis kendaraan yakni *Dump* truk Hino Dutro 130 HD dengan konsumsi 1L biosolar /6Km dengan kapasitas angkutan produk untuk 4 toko dengan kuantitas sekali angkut sebesar 20 Ton.

4.4 Perhitungan Algoritma Dijkstra

Setelah analisis data lokasi, data jarak, dan data jenis kendaraan, selanjutnya dilakukan perhitungan dengan langkah:

4.4.1 Menentukan Peta Dasar

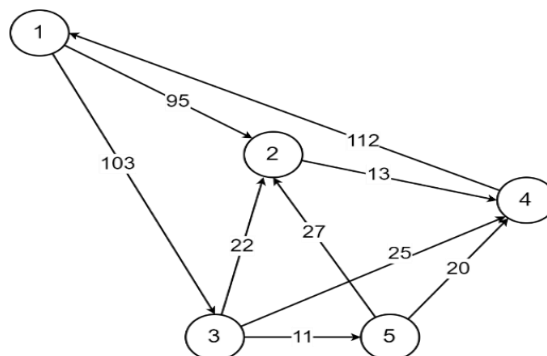
Peta dasar merupakan acuan awal untuk membentuk graf berarah, dengan seluruh titik pada graf dinotasikan $V(G) = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$. Peta dasar dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pembentukan Peta Dasar Menggunakan Google Maps

4.4.2 Pembentukan Graf Berarah Berbobot dan matriks Jarak

Berdasarkan peta dasar dan data jarak, dibentuk sebuah graf berbobot berarah dengan bobot berupa jarak antar titik lokasi, graf berbobot berarah dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Graf Berbobot Berarah

Berdasarkan graf berbobot berarah, selanjutnya pembentukan matriks jarak sesuai dengan persamaan 1.

$$W(G) = \begin{bmatrix} \infty & 95 & 103 & 112 & \infty \\ 95 & \infty & 22 & 13 & 27 \\ 103 & 22 & \infty & 25 & 11 \\ 112 & 13 & 25 & \infty & 20 \\ \infty & 27 & 11 & 20 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks $W(G)$ merupakan matriks yang berisikan jarak antar titik 1 ke titik lainnya dalam rute distribusi yang dilalui oleh PT. Sidogiri Mandiri Utama, nilai ∞ merepresentasikan tidak ada garis penghubung secara langsung dengan titik tujuan atau titik tujuan tidak bertetangga langsung dengan titik asal.

4.4.3 Perhitungan Pencarian Rute Algoritma Dijkstra

Langkah-langkah dalam mencari rute terpendek menggunakan algoritma Dijkstra dengan pseudocode sebagai berikut:

$S_i=1$, jika simpul i termasuk dalam lintasan terpendek
 $S_i=0$, jika simpul i bukan termasuk dalam lintasan terpendek dan tabel $D = [d_i]$ dengan,
 d_i = Panjang lintasan dari simpul awal ke simpul i

Algoritma Dijkstra untuk mencari lintasan terpendek

Langkah 0 (inisialisasi) :

Inisialisasi $s_i = 0$ dan $d_i = m_{ij}$ untuk $i=1, 2, \dots, n$

Langkah 1 :

Isi s_a dengan 1 (karena simpul a adalah simpul asal lintasan terpendek, jadi sudah pasti terpilih)
 Isi d_a dengan ∞ (tidak ada lintasan terpendek dari simpul a ke a)

Langkah 2, 3, ..., n-1 :

Cari j sedemikian hingga $s_j=0$ dan $d_j = \min \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$
 Isi $s_j = 1$
 Perbarui d_i , dengan $i=1, 2, 3, \dots, n$
 dengan: d_i (baru) = $\min\{d_i$ (lama), $d_j + m_{ij}\}$

Dalam pseudocode tersebut dijelaskan bahwa langkah pertama yakni menginisialisasi himpunan simpul permanen yakni setiap *vertex* yang dilalui saat proses distribusi dengan menggunakan persamaan 2.

$$L = \{ \}; V = \{v_2, v_3, v_4, v_5\}$$

Perhitungan akan dibagi menjadi beberapa iterasi, untuk iterasi awal yakni menentukan titik awal rute distribusi.

Iterasi 0

Pada tahap ini ditentukan bahwa PT. Sidogiri Mandiri Utama sebagai titik awal atau titik keberangkatan dalam rute distribusi air mineral. Untuk itu ditetapkan bahwa nilai bobot pada titik ini = 0 sesuai dengan persamaan 3.

$$D(v_1) = D(1) = 0$$

Iterasi 1

Titik dengan label belum permanen dan tidak bertetangga langsung dengan titik permanen 1 atau v_1 digunakan persamaan 4.

$$D = (v_5) = \infty$$

Sedangkan untuk titik lainnya yang merupakan titik bertetangga langsung dengan v_1 , maka digunakan persamaan 5.

$$v_i ; i = 2,3,4,5$$

$$D = (v_2) = W(v_1, v_2) = 95$$

$$D = (v_3) = W(v_1, v_3) = 103$$

$$D = (v_4) = W(v_1, v_4) = 112$$

Karena titik tujuan $v_i \notin L$ selanjutnya belum ditentukan maka dapat diperoleh dengan perhitungan berdasarkan persamaan 6.

$$v_j ; j = 2,3,4,5$$

$$D(v_2) = \text{Min}\{D(v_2), D(v_1) + W(v_{1,2})\}$$

$$= \text{Min}\{\infty; 0 + 95\}$$

$$= \text{Min}\{\infty; 95\} = 95$$

$$D(v_3) = \text{Min}\{D(v_3), D(v_1) + W(v_{1,3})\}$$

$$= \text{Min}\{\infty; 0 + 103\}$$

$$= \text{Min}\{\infty; 103\} = 103$$

$$D(v_4) = \text{Min}\{D(v_4), D(v_1) + W(v_{1,4})\}$$

$$= \text{Min}\{\infty; 0 + 112\}$$

$$= \text{Min}\{\infty; 112\} = 112$$

Berdasarkan hasil perhitungan persamaan 6 untuk $D(v_j)$ terkecil atau $D(v_k)$ terdapat di $D(v_2) = 95$ yakni *vertex* 2 sebagai Toko Basmalah Batu Urip, untuk itu v_2 merupakan titik permanen 2 dan menjadi titik keberangkatan serta tidak diperhitungkan kembali pada iterasi selanjutnya, maka nilainya dianggap 0.

Iterasi 2

Titik dengan label belum permanen dan tidak bertetangga langsung dengan titik permanen 2 atau v_2 digunakan persamaan 4. Jika dilihat dari matriks jarak, tidak ada titik yang tidak bertetangga langsung dengan v_2 , maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan selanjutnya.

Untuk titik lainnya yang merupakan titik bertetangga langsung dengan titik permanen 2 atau v_2 dengan bobot nilai, maka digunakan persamaan 5.

$$v_i; i = 3,4,5$$

$$D = (v_3) = W(v_2, v_3) = 22$$

$$D = (v_4) = W(v_2, v_4) = 13$$

$$D = (v_5) = W(v_2, v_5) = 27$$

Karena titik tujuan $v_i \notin L$ selanjutnya belum ditentukan maka dapat diperoleh dengan perhitungan berdasarkan persamaan 6.

$$v_j; j = 3,4,5$$

$$D(v_3) = \text{Min}\{D(v_3), D(v_2) + W(v_{2,3})\}$$

$$= \text{Min}\{22; 95 + 22\}$$

$$= \text{Min}\{22; 117\} = 22$$

$$D(v_4) = \text{Min}\{D(v_4), D(v_2) + W(v_{2,4})\}$$

$$= \text{Min}\{13; 95 + 13\}$$

$$= \text{Min}\{13; 108\} = 13$$

$$D(v_5) = \text{Min}\{D(v_5), D(v_2) + W(v_{2,5})\}$$

$$= \text{Min}\{\infty; 95 + 27\}$$

$$= \text{Min}\{\infty; 122\} = 122$$

Berdasarkan hasil perhitungan persamaan 6 untuk $D(v_j)$ terkecil atau $D(v_k)$ terdapat di $D(v_4) = 13$ yakni *vertex* 4 sebagai Toko Basmalah Gambirano, untuk itu v_4 merupakan titik permanen 3 dan menjadi titik

keberangkatan serta tidak diperhitungkan kembali pada iterasi selanjutnya sehingga nilainya dianggap 0.

Iterasi 3

Titik dengan label belum permanen dan tidak bertetangga langsung dengan titik permanen 3 atau v_4 digunakan persamaan 4. Jika dilihat dari matriks jarak, tidak ada titik yang tidak bertetangga langsung dengan v_4 . Untuk titik lainnya yang merupakan titik bertetangga langsung dengan titik permanen 3 atau v_4 dengan bobot nilai, maka digunakan persamaan 5.

$$v_i ; i = 3,5$$

$$D = (v_3) = W(v_4, v_3) = 25$$

$$D = (v_5) = W(v_4, v_5) = 20$$

Karena titik tujuan $v_i \notin L$ selanjutnya belum ditentukan maka dapat diperoleh dengan perhitungan berdasarkan persamaan 6.

$$v_j ; j = 3,5$$

$$\begin{aligned} D(v_3) &= \text{Min}\{D(v_3), D(v_4) + W(v_{4,3})\} \\ &= \text{Min}\{22; 13 + 25\} \\ &= \text{Min}\{22; 38\} = 22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(v_5) &= \text{Min}\{D(v_5), D(v_4) + W(v_{4,5})\} \\ &= \text{Min}\{20; 13 + 20\} \\ &= \text{Min}\{20; 33\} = 20 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan persamaan 6 untuk $D(v_j)$ terkecil atau $D(v_k)$ terdapat di $D(v_5) = 20$ yakni *vertex* 5 sebagai Basmalah Gumukmas maka v_5 merupakan titik permanen 4 dan menjadi titik keberangkatan serta tidak diperhitungkan kembali pada iterasi selanjutnya, maka nilainya dianggap 0.

Iterasi 4

Titik dengan label belum permanen dan tidak bertetangga langsung dengan titik permanen 4 atau v_5 digunakan persamaan 4.

$$D = (0) = \infty$$

Untuk titik lainnya yang merupakan titik bertetangga langsung dengan titik permanen 4 atau v_5 dengan bobot nilai, maka digunakan persamaan 5.

$$v_i; i = 3$$

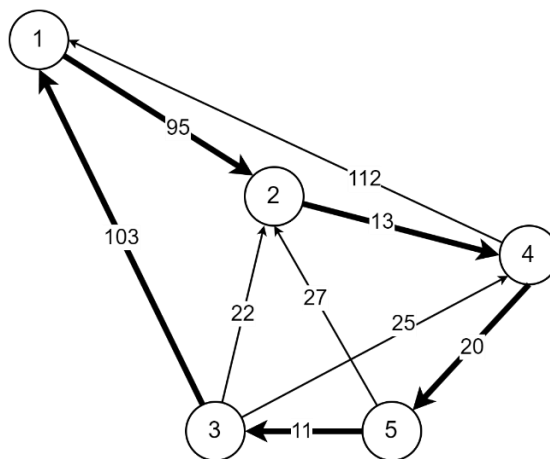
$$D = (v_3) = W(v_5, v_3) = 11$$

Karena titik tujuan $v_i \notin L$ selanjutnya belum ditentukan maka dapat diperoleh dengan perhitungan berdasarkan persamaan 6.

$$v_j; j = 3$$

$$\begin{aligned} D(v_3) &= \text{Min}\{D(v_3), D(v_5) + W(v_{5,3})\} \\ &= \text{Min}\{22; 20 + 11\} \\ &= \text{Min}\{22; 31\} = 22 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, terdapat satu *vertex* yang terhubung dengan jalur aktif untuk $D(v_j)$ terkecil atau $D(v_k)$ terdapat di $D(v_3) = 22$ yakni *vertex* 3 sebagai Toko Basmalah Jombang, maka *vertex* 3 menjadi bagian dari jalur aktif. Dari *vertex* 3 akan kembali ke titik asal yakni PT. Sidogiri Mandiri Utama dan diperoleh solusi optimal. Maka rute distribusi optimal yakni PT. Sidogiri Mandiri Utama – Toko Basmalah Batu Urip – Toko Basmalah Gambirono – Toko Basmalah Gumukmas – Toko Basmalah Jombang – PT. Sidogiri Mandiri Utama. dengan total jarak 242 km. Hasil rute yang diperoleh menggunakan algoritma Dijkstra digambarkan pada graf 4.3 dan tabel iterasi proses perhitungan dirangkum pada lembar lampiran.



Gambar 4.3 Graf Hasil Rute Terpendek Algoritma Dijkstra

4.5 Perhitungan Algoritma Ant Colony Optimization

Setelah melakukan analisis terhadap data lokasi beserta jarak per lokasi, selanjutnya dicari rute optimal berdasarkan pseudocode algoritma ACO.

```

Deklarasi
Alfa, beta, rho, pheromone awal;
M, Q, NcMax,;

Deskripsi
Set parameter (alfa, beta, rho, pheromone, m, Q, Ncmax)
While stopping criterion not satisfied, position each ant in
a starting node
Repeat

For each ant do
Choose next node by applying the state transition rule
Apply local pheromone update
Check Iteration
Ncmax=1, iteration stop
End for

```

Pada pseudocode algoritma ACO, langkah pertama dalam mencari rute terpendek yakni mendeklarasikan parameter, selanjutnya dihitung nilai probabilitas dan probabilitas kumulatif, selanjutnya membangkitkan bilangan random, apabila tujuan tercapai maka hitung jarak dan lakukan update pheromone, cek siklus dan cetak solusi.

4.5.1 Menginisialisasi Parameter

Langkah awal dalam mencari rute terpendek menggunakan algoritma ACO adalah inisialisasi harga parameter.

- a) (τ_{ij}) , jumlah *pheromone* pada sisi i, j , $\tau_{ij} = 0.01$.
- b) n parameter jumlah lokasi distribusi yakni sebanyak 5 lokasi.
- c) $Q = 1$ merupakan tetapan siklus semut.
- d) α parameter pengendali *pheromone* dengan nilai $\alpha > 0$, maka $\alpha = 1$
- e) β parameter pengendali *visibility* dengan nilai $\beta > 0$, maka ditetapkan $\beta = 1$
- f) m adalah jumlah semut yakni 3 semut.
- g) ρ parameter penguapan *pheromone* dengan nilai $0 \leq \rho \leq 1$, $\rho = 0,5$
- h) $Ncmax = 1$ merupakan jumlah siklus maksimum

4.5.2 Menghitung Invers Jarak (*Matrix Visibility*)

Invers jarak dari PT. Sidogiri Mandiri Utama untuk semua lokasi distribusi diperoleh dengan menggunakan persamaan (7). Perhitungan untuk semua titik ditampilkan pada halaman lampiran.

$$\eta_{11} = 0$$

$$\eta_{12} = \frac{1}{95} = 0,0105$$

$$\eta_{13} = \frac{1}{103} = 0,0097$$

Nilai *visibility* antar semua titik distribusi dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Matrix Visibility*

η_{ij}	1	2	3	4	5
1	0	0,0105	0,0097	0,0089	0,0087
2	0,0105	0	0,045	0,077	0,037
3	0,0097	0,045	0	0,04	0,09
4	0,0089	0,077	0,04	0	0,05
5	0,0087	0,037	0,09	0,05	0

4.5.3 Penempatan Semut

Berdasarkan data lokasi distribusi, semut akan ditempatkan di titik awal yaitu PT. Sidogiri Mandiri Utama, dengan jumlah semut = 3. Data rute tiap semut akan disimpan di tabulist. Tabulist dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 TabuList 1

Semut 1 (S1)	Semut 2 (S2)	Semut 3 (S3)
1	1	1

4.5.4 Menghitung Nilai Probabilitas dan Probabilitas Kumulatif

Nilai probabilitas digunakan untuk memilih titik distribusi yang akan dikunjungi berikutnya. Pencarian nilai probabilitas berdasarkan persamaan (8) dan probabilitas kumulatif menggunakan persamaan (9). Probabilitas dari titik yang sudah ada di dalam tabu list akan bernilai = 0, maka $p_{11}^1 = 0$. Probabilitas dari PT. Sidogiri Mandiri Utama ditunjukkan pada perhitungan:

Untuk $\sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta$, dengan $i = 1$ dan $j = 1, 2, 3, 4, 5$.

$$\sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta = ((\tau_{11})^1 (\eta_{11})^1) + ((\tau_{12})^1 (\eta_{12})^1) + ((\tau_{13})^1 (\eta_{13})^1) + ((\tau_{14})^1 (\eta_{14})^1) + ((\tau_{15})^1 (\eta_{15})^1)$$

$$\sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta = ((0,01)^1 (0)^1) + ((0,01)^1 (0,0105)^1) + ((0,01)^1 (0,0097)^1) + ((0,01)^1 (0,0089)^1) + ((0,01)^1 (0,0087)^1) = 0,000378$$

Maka nilai probabilitas dari PT. Sidogiri Mandiri Utama adalah

$$p_{12}^1 = \frac{(0,01)^1 (0,0105)^1}{0,000378} = 0,278$$

$$p_{13}^1 = \frac{(0,01)^1 (0,0097)^1}{0,000378} = 0,256$$

$$p_{14}^1 = \frac{(0,01)^1 (0,0089)^1}{0,000378} = 0,235$$

$$p_{15}^1 = \frac{(0,01)^1 (0,0087)^1}{0,000378} = 0,23$$

Hasil perhitungan nilai probabilitas dari PT. Sidogiri Mandiri Utama bernilai sama untuk ketiga semut, nilai probabilitas dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Probabilitas dari PT. Sidogiri Mandiri Utama

p_{ij}^1	1	2	3	4	5
1	0	0,278	0,256	0,235	0,23

Setelah ditemukan nilai probabilitas dari titik awal PT. Sidogiri mandiri Utama, selanjutnya dihitung probabilitas kumulatif.

$$q_1 = p_{11} = 0$$

$$q_2 = q_1 + p_{12} = 0 + 0,278 = 0,278$$

$$q_3 = q_2 + p_{13} = 0,278 + 0,256 = 0,534$$

$$q_4 = q_3 + p_{14} = 0,543 + 0,235 = 0,769$$

$$q_5 = q_4 + p_{15} = 0,769 + 0,23 = 1$$

Nilai probabilitas kumulatif dari titik keberangkatan (PT. Sidogiri Mandiri Utama) ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Probabilitas Kumulatif dari PT. Sidogiri Mandiri Utama

Semut	Titik awal	2	3	4	5
S1	1	0,278	0,534	0,769	1
S2	1	0,278	0,534	0,769	1
S3	1	0,278	0,534	0,769	1

Untuk memilih titik selanjutnya sebagai titik tujuan, dilakukan pemanggilan bilangan random (r) menggunakan Microsoft excel. Berdasarkan persamaan (11), untuk semut 1 (S1) dengan r 0,66074 dan semut 2 (S2) dengan r 0,59175 lokasi selanjutnya adalah *vertex* 4 yakni Toko Basmalah Gambirono, semut 3 (S3) dengan r 0,41024 lokasi selanjutnya adalah *vertex* 3 yakni Toko Basmalah Jombang. Titik yang sudah ditemukan akan disimpan ke dalam tabulist dan diidentifikasi sebagai titik keberangkatan semut selanjutnya. Tabulist 2 ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 TabuList 2

Semut 1 (S1)	Semut 2 (S2)	Semut 3 (S3)
1 – 4	1 – 4	1 – 3

Semut 1 dan semut 2 akan memulai perjalanannya dari titik 4, sedangkan semut 3 akan memulai perjalanannya dari titik 3. Untuk memilih titik selanjutnya, dilakukan perhitungan probabilitas dari titik keberangkatan baru menuju semua titik yang belum tergabung ke dalam tabulist semut yaitu:

Probabilitas semut 1 dan semut 2 untuk $\sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta$, dengan $i = 4$ dan $j = 2,3,5$.

$$\begin{aligned} \sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta &= ((\tau_{42})^1 (\eta_{42})^1) + ((\tau_{43})^1 (\eta_{43})^1) + ((\tau_{45})^1 (\eta_{45})^1) \\ \sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta &= ((0,01)^1 (0,077)^1) + ((0,01)^1 (0,04)^1) + \\ &\quad ((0,01)^1 (0,05)^1) = 0,00167 \end{aligned}$$

Maka nilai probabilitas pada tiap titik distribusi dari Toko Basmalah Gambirano adalah

$$\begin{aligned} p_{42}^1 &= \frac{(0,01)^1 (0,077)^1}{0,00167} = 0,461 \\ p_{43}^1 &= \frac{(0,01)^1 (0,04)^1}{0,00167} = 0,239 \\ p_{45}^1 &= \frac{(0,01)^1 (0,05)^1}{0,00167} = 0,299 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai probabilitas Toko Basmalah Gambirano menuju titik distribusi untuk semut 1 dan semut 2 dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Probabilitas Semut 1 dan Semut 2 dari Basmalah Gambirano

p_{ij}^1	1	2	3	4	5
4	0	0,461	0,239	0	0,299

Probabilitas semut 3 untuk $\sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta$, $i = 3$ dan $j = 2,4,5$.

$$\begin{aligned} \sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta &= ((\tau_{32})^1 (\eta_{32})^1) + ((\tau_{34})^1 (\eta_{34})^1) + ((\tau_{35})^1 (\eta_{35})^1) \\ \sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta &= ((0,01)^1 (0,045)^1) + ((0,01)^1 (0,04)^1) + \\ &\quad ((0,01)^1 (0,09)^1) = 0,00175 \end{aligned}$$

Maka nilai probabilitas pada titik distribusi dari Basmalah Jombang adalah

$$\begin{aligned} p_{31}^1 &= \frac{(0,01)^1 (0)^1}{0,00175} = 0 \\ p_{32}^1 &= \frac{(0,01)^1 (0,045)^1}{0,00175} = 0,257 \end{aligned}$$

$$p_{33}^1 = \frac{(0,01)^1(0)^1}{0,00175} = 0$$

$$p_{34}^1 = \frac{(0,01)^1(0,04)^1}{0,00175} = 0,228$$

$$p_{35}^1 = \frac{(0,01)^1(0,09)^1}{0,00175} = 0,514$$

Hasil perhitungan nilai probabilitas Toko Basmalah Jombang menuju titik distribusi untuk semut 3, nilai probabilitas dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Probabilitas Semut 3 dari Basmalah Jombang

p_{ij}^1	1	2	3	4	5
3	0	0,257	0	0,228	0,514

Setelah ditemukan nilai probabilitas dari titik awal masing masing semut, selanjutnya dihitung probabilitas kumulatif.

Probabilitas kumulatif semut 1 dan semut 2

$$q_1 = p_{41} = 0$$

$$q_2 = q_1 + p_{42} = 0 + 0,461 = 0,461$$

$$q_3 = q_2 + p_{43} = 0,461 + 0,239 = 0,7$$

$$q_4 = q_3 + p_{44} = 0,7 + 0 = 0,7$$

$$q_5 = q_4 + p_{45} = 0,7 + 0,299 = 1$$

Probabilitas Kumulatif semut 3

$$q_1 = p_{31} = 0$$

$$q_2 = q_1 + p_{32} = 0 + 0,257 = 0,257$$

$$q_3 = q_2 + p_{33} = 0,257 + 0 = 0,257$$

$$q_4 = q_3 + p_{34} = 0,257 + 0,228 = 0,485$$

$$q_5 = q_4 + p_{35} = 0,485 + 0,514 = 1$$

Nilai probabilitas kumulatif dari titik keberangkatan masing masing semut ditunjukkan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Probabilitas Kumulatif 2

Semut	Titik awal	2	3	4	5
S1	4	0,461	0,7	0,7	1
S2	4	0,461	0,7	0,7	1
S3	3	0,257	0,257	0,485	1

Untuk memilih titik distribusi selanjutnya sebagai titik tujuan, maka diperlukan pemanggilan bilangan random (r) menggunakan Microsoft excel. Berdasarkan persamaan (11), untuk semut 1 (S1) dengan nilai r 0,79785 dan semut 2 (S2) dengan nilai r 0,70258 lokasi selanjutnya adalah *vertex* 5 yakni Toko Basmalah Gumukmas, semut 3 (S3) dengan nilai r 0,4125 lokasi terpilih selanjutnya adalah *vertex* 4 yakni Toko Basmalah Gambirono. Titik yang sudah ditemukan akan disimpan ke dalam tabulist dan diidentifikasi sebagai titik keberangkatan semut selanjutnya. Tabulist 3 ditunjukkan pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 TabuList 3

Semut 1 (S1)	Semut 2 (S2)	Semut 3 (S3)
1 – 4 – 5	1 – 4 – 5	1 – 3 – 4

Maka semut 1 dan semut 2 akan memulai perjalanannya dari titik 5, sedangkan semut 3 akan memulai perjalanannya kembali dari titik 4. Untuk memilih titik selanjutnya, dilakukan perhitungan probabilitas dari titik keberangkatan baru menuju semua titik yang belum tergabung ke dalam tabulist semut yaitu:

Probabilitas semut 1 dan semut 2 untuk $\sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta$, dengan $i = 5$ dan $j = 2,3$.

$$\sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta = ((\tau_{52})^1 (\eta_{52})^1) + ((\tau_{53})^1 (\eta_{53})^1)$$

$$\sum_{j \in J_i^k} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta = ((0,01)^1 (0,037)^1) + ((0,01)^1 (0,09)^1) = 0,00127$$

Maka nilai probabilitas pada tiap titik distribusi dari Toko Basmalah Gumukmas adalah

$$p_{51}^1 = \frac{(0,01)^1(0)^1}{0,00127} = 0$$

$$p_{52}^1 = \frac{(0,01)^1(0,037)^1}{0,00127} = 0,291$$

$$p_{53}^1 = \frac{(0,01)^1(0,09)^1}{0,00127} = 0,708$$

$$p_{54}^1 = \frac{(0,01)^1(0)^1}{0,00127} = 0$$

$$p_{55}^1 = \frac{(0,01)^1(0)^1}{0,00127} = 0$$

Hasil perhitungan nilai probabilitas Toko Basmalah Gumukmas menuju titik distribusi untuk semut 1 dan semut 2 dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Probabilitas Semut 1 dan Semut 2 dari Basmalah Gumukmas

p_{ij}^1	1	2	3	4	5
5	0	0,291	0,708	0	0

Probabilitas semut 3 untuk $\sum j \in J_i^k (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta$, dengan $i = 4$ dan $j = 2,5$.

$$\sum j \in J_i^k (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta = ((\tau_{42})^1(\eta_{42})^1) + ((\tau_{45})^1(\eta_{45})^1)$$

$$\sum j \in J_i^k (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta = ((0,01)^1(0,077)^1) + ((0,01)^1(0,05)^1) = 0,00127$$

Maka nilai probabilitas pada tiap titik distribusi dari Toko Basmalah Gambirano adalah

$$p_{41}^1 = \frac{(0,01)^1(0)^1}{0,00127} = 0$$

$$p_{42}^1 = \frac{(0,01)^1(0,077)^1}{0,00127} = 0,606$$

$$p_{43}^1 = \frac{(0,01)^1(0)^1}{0,00127} = 0$$

$$p_{44}^1 = \frac{(0,01)^1(0)^1}{0,00127} = 0$$

$$p_{45}^1 = \frac{(0,01)^1(0,05)^1}{0,00127} = 0,393$$

Hasil perhitungan nilai probabilitas Toko Basmalah Gambirone menuju titik distribusi untuk semut 3, nilai probabilitas dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Probabilitas Semut 3 dari Basmalah Gambirone

p_{ij}^1	1	2	3	4	5
4	0	0,606	0	0	0,393

Setelah ditemukan nilai probabilitas dari titik awal masing masing semut, selanjutnya dihitung probabilitas kumulatif.

Probabilitas kumulatif semut 1 dan semut 2

$$q_1 = p_{51} = 0$$

$$q_2 = q_1 + p_{52} = 0 + 0,291 = 0,291$$

$$q_3 = q_2 + p_{53} = 0,291 + 0,708 = 1$$

$$q_4 = q_3 + p_{54} = 1 + 0 = 1$$

$$q_5 = q_4 + p_{55} = 1 + 0 = 1$$

Probabilitas Kumulatif semut 3

$$q_1 = p_{41} = 0$$

$$q_2 = q_1 + p_{42} = 0 + 0,606 = 0,606$$

$$q_3 = q_2 + p_{43} = 0,606 + 0 = 0,606$$

$$q_4 = q_3 + p_{44} = 0,606 + 0 = 0,606$$

$$q_5 = q_4 + p_{45} = 0,606 + 0,393 = 1$$

Nilai probabilitas kumulatif dari titik keberangkatan masing masing semut ditunjukkan pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Probabilitas Kumulatif 3

Semut	Titik awal	2	3	4	5
S1, S2	5	0,291	1	1	1
S3	4	0,606	0,606	0,606	1

Selanjutnya dilakukan pemanggilan bilangan random (r). Berdasarkan persamaan (11), untuk semut 1 (S1) dengan nilai r 0,19435 lokasi selanjutnya adalah *vertex* 2 yakni Toko basmalah Batu Urip, semut 2 (S2) dengan nilai r 0,92866 lokasi selanjutnya adalah *vertex* 3 yakni Toko Basmalah Jombang, semut 3 (S3) dengan nilai r 0,80462 lokasi terpilih selanjutnya adalah *vertex* 5 yakni Toko Basmalah Gumukmas. Tabulist 4 ditunjukkan pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 TabuList 4

Semut 1 (S1)	Semut 2 (S2)	Semut 3 (S3)
1 – 4 – 5 – 2	1 – 4 – 5 – 3	1 – 3 – 4 – 5

Maka semut 1 dengan titik keberangkatan *vertex* 2 yakni Toko Basmalah batu Urip, semut 2 titik keberangkatan *vertex* 3 yakni Toko Basmalah Jombang, sedangkan semut 3 dengan titik awal *vertex* 5 yakni Toko Basmalah Gumukmas. Untuk memilih titik selanjutnya, dilakukan perhitungan probabilitas dari titik keberangkatan baru menuju semua titik yang belum tergabung ke dalam tabulist semut yaitu:

Probabilitas semut 1 untuk $\sum j \in J_i^k (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta$, dengan $i = 2$ dan $j = 3$.

$$\sum j \in J_i^k (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta = ((\tau_{23})^1 (\eta_{23})^1)$$

$$\sum j \in J_i^k (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta = ((0,01)^1 (0,045)^1) = 0,00045$$

Maka nilai probabilitas dari Toko Basmalah Batu Urip adalah

$$p_{21}^1 = \frac{(0,01)^1 (0)^1}{0,00045} = 0$$

$$p_{22}^1 = \frac{(0,01)^1 (0,037)^1}{0,00045} = 0$$

$$p_{23}^1 = \frac{(0,01)^1 (0,045)^1}{0,00045} = 1$$

$$p_{24}^1 = \frac{(0,01)^1 (0)^1}{0,00045} = 0$$

$$p_{25}^1 = \frac{(0,01)^1 (0)^1}{0,00045} = 0$$

Hasil perhitungan nilai probabilitas semut 1 dan semut 2 memiliki nilai yang sama karena $v_{23} = v_{32}$, nilai probabilitas dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Probabilitas S1 dari Basmalah Batu Urip dan S2 dari Basmalah Jombang

p_{ij}^1	1	2	3	4	5
2	0	0	1	0	0
3	0	1	0	0	0

Probabilitas semut 3 untuk $\sum j \in J_i^k (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta$, dengan $i = 5$ dan $j = 2$

$$\sum j \in J_i^k (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta = ((\tau_{52})^1 (\eta_{52})^1)$$

$$\sum j \in J_i^k (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta = ((0,01)^1 (0,037)^1) = 0,00037$$

Maka nilai probabilitas pada tiap titik distribusi dari Toko Basmalah Gumukmas adalah

$$p_{51}^1 = \frac{(0,01)^1 (0)^1}{0,00037} = 0$$

$$p_{52}^1 = \frac{(0,01)^1 (0,037)^1}{0,00037} = 1$$

$$p_{53}^1 = \frac{(0,01)^1 (0)^1}{0,00037} = 0$$

$$p_{54}^1 = \frac{(0,01)^1 (0)^1}{0,00037} = 0$$

$$p_{55}^1 = \frac{(0,01)^1 (0)^1}{0,00037} = 0$$

Hasil perhitungan nilai probabilitas Toko Basmalah Gumukmas menuju titik distribusi untuk semut 3, nilai probabilitas dapat dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.17 Probabilitas Semut 3 dari Basmalah Gumukmas

p_{ij}^1	1	2	3	4	5
5	0	1	0	0	0

Nilai probabilitas kumulatif tiap semut ditunjukkan pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Probabilitas Kumulatif 4

Semut	Titik awal	2	3	4	5
S1	2	0	1	1	1
S2	3	1	1	1	1
S3	5	1	1	1	1

Selanjutnya dilakukan pemanggilan bilangan random (r). Berdasarkan persamaan (11), untuk semut 1 (S1) dengan nilai r 0,78661 lokasi selanjutnya adalah *vertex* 3 yakni Toko basmalah Jombang, semut 2 (S2) dengan nilai r 0,32662 dan semut 3 (S3) dengan nilai r 0,0899 lokasi selanjutnya adalah *vertex* 2 yakni Toko Basmalah Batu Urip. Titik yang sudah ditemukan selanjutnya disimpan ke dalam tabulist. *Vertex* pada perhitungan ini merupakan lokasi terakhir yang dikunjungi saat distribusi, maka rute akan kembali ke titik keberangkatan yakni titik 1 (PT. Sidogiri Mandiri Utama). TabuList 5 dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 TabuList 5

Semut 1 (S1)	Semut 2 (S2)	Semut 3 (S3)
1 - 4 - 5 - 2 - 3 - 1	1 - 4 - 5 - 3 - 2 - 1	1 - 3 - 4 - 5 - 2 - 1

Selanjutnya akan dihitung jarak tempuh rute yang dihasilkan oleh masing-masing semut yang ditunjukkan pada tabel 4.20.

Tabel 4.20 Jarak Rute yang Ditempuh Semut

Semut	Rute	Jarak (Km)
S1	1 - 4 - 5 - 2 - 3 - 1	284
S2	1 - 4 - 5 - 3 - 2 - 1	260
S3	1 - 3 - 4 - 5 - 2 - 1	270

Dari ketiga rute yang dihasilkan, maka dapat ditentukan rute terpendek hasil perhitungan algoritma *Ant Colony Optimization* yakni rute yang dilalui oleh semut 2 dengan rute 1 – 4 – 5 – 3 – 2 – 1 dengan jarak sebesar 260 Km.

4.5.5 Memperbarui Nilai *Pheromone*

Selanjutnya dilakukan pembaruan nilai *pheromone* berdasarkan persamaan 10, perhitungan dapat dilihat di lampiran. Hasil perhitungan nilai *pheromone* dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 Nilai Pembaruan *Pheromone*

Titik	1	2	3	4	5
1	0	0,0125	0,0122	0,0124	0,005
2	0,0125	0	0,0124	0,005	0,0122
3	0,0122	0,0124	0	0,0087	0,0088
4	0,0124	0,005	0,0087	0	0,016
5	0,005	0,0122	0,0088	0,016	0

4.5.6 Cek Iterasi

NC_{max} bernilai 1 yang berarti jumlah maksimum iterasi berjumlah = 1, maka iterasi berakhir. Selanjutnya dapat dicetak solusi rute optimal yakni rute 1 – 4 – 5 – 3 – 2 – 1 dengan nilai bobot 260 Km sebagai rute terpendek hasil algoritma ACO.

4.6 Analisis Waktu dan Biaya Distribusi

4.6.1 Analisis Waktu Tempuh Distribusi

Perhitungan waktu tempuh didapatkan dengan menjumlahkan waktu tempuh antar titik pada masing-masing rute optimal. Hasil Perhitungan waktu tempuh dari rute optimal kedua algoritma ditunjukkan pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Waktu Tempuh Distribusi

Algoritma	Rute	Waktu Tempuh (menit)
Dijkstra	1 – 2 – 4 – 5 – 3 – 1	$127 + 19 + 31 + 17 + 128 = 322$
ACO	1 – 4 – 5 – 3 – 2 – 1	$141 + 30 + 17 + 35 + 122 = 345$

4.6.2 Analisis Biaya Distribusi

Perhitungan biaya distribusi meliputi kebutuhan bbm dan pembayaran tol. Berdasarkan data terbaru, harga satuan untuk biosolar adalah Rp 6800/liter dengan kebutuhan biosolar sebanyak 1L/6Km. Dan harga tol dari arah Pasuruan menuju Probolinggo Timur sebesar Rp 30.000. Maka hasil perhitungan biaya tidak tetap distribusi dapat dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4.23 Biaya Distribusi

Algoritma	Jarak (Km)	Biaya Bensin (Rp)	Biaya Tol (Rp)	Biaya Total (Rp)
Dijkstra	242	274.267	60.000	334.267
ACO	260	294.667	60.000	354.667

4.7 Analisis Perbandingan Hasil Algoritma

Pada tahap ini dilakukan perbandingan hasil perhitungan rute optimal dari algoritma Dijkstra dan algoritma *Ant Colony Optimization*. Untuk menentukan algoritma mana yang lebih optimal, maka dilakukan perbandingan atas jarak tempuh, waktu tempuh serta biaya distribusi. Hasil perbandingan dari algoritma Dijkstra dan algoritma *Ant Colony Optimization* ditunjukkan pada tabel 4.24.

Tabel 4.24 Hasil Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma ACO

Algoritma	Jarak (Km)	Waktu Tempuh	Biaya Total (Rp)
Dijkstra	242	5 Jam 22 Menit	334.267
ACO	260	5 Jam 45 Menit	354.667

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa algoritma Dijkstra lebih optimal dibandingkan dengan algoritma *Ant Colony Optimization* berdasarkan parameter jarak rute distribusi, waktu tempuh serta biaya distribusi. Rute distribusi algoritma Dijkstra dimulai dari PT. Sidogiri Mandiri Utama – Toko Basmalah Batu Urip – Toko Basmalah Gambirono – Toko Basmalah Gumukmas – Toko Basmalah Jombang – PT. Sidogiri Mandiri Utama dengan jarak rute sepanjang 242 km, waktu tempuh selama 5 jam 22 menit dan biaya distribusi yang dibutuhkan sebanyak Rp 334.267. Sedangkan rute distribusi ACO yakni PT. Sidogiri Mandiri Utama – Toko Basmalah Gambirono – Toko Basmalah Gumukmas – Toko Basmalah Jombang – Toko Basmalah Batu Urip – PT. Sidogiri Mandiri Utama dengan jarak rute sepanjang 260 km, dengan waktu tempuh selama 5 jam 45 menit dan biaya distribusi sebanyak Rp 354.667. Hasil perhitungan menunjukkan solusi optimum dikarenakan dapat meminimumkan nilai jarak, waktu serta biaya distribusi.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu dapat memperluas lokasi objek penelitian, menambahkan jumlah semut dan iterasi maksimal sehingga penggunaan algoritma ACO dapat lebih optimal serta menggunakan algoritma lain sebagai pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, M., Latuconsina, R., & Purboyo, T. W. (2017). Shortest Path Algorithms: State of the Art. In *International Journal of Applied Engineering Research* (Vol. 12, Issue 23). <http://www.ripublication.com>
- Angipora, M. P. (2002). Dasar Dasar Pemasaran. In *MANAJEMEN PEMASARAN, Dasar-dasar pemasaran*.
- Auliasari, K., Kertaningtyas, M., & Basuki, D. W. L. (2018). Optimalisasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 16(1). <https://doi.org/10.24014/sitekin.v16i1.6109>
- Baeza, D., Ihle, C. F., & Ortiz, J. M. (2017). A comparison between ACO and Dijkstra algorithms for optimal ore concentrate pipeline routing. *Journal of Cleaner Production*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.084>
- Dorigo, M., Birattari, M., & Stützle, T. (2006). Ant colony optimization artificial ants as a computational intelligence technique. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 1(4). <https://doi.org/10.1109/CI-M.2006.248054>
- Dorigo, M., & Gambardella, L. M. (1997). Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1(1). <https://doi.org/10.1109/4235.585892>
- Dorigo, M., Maniezzo, V., & Colorni, A. (1996). Ant system: Optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 26(1). <https://doi.org/10.1109/3477.484436>
- Fitro, A., Saeful Bachri, O., Ilham, A., Purnomo, S., & Frenadianata, I. (2018). Article ID: IJMET_09_02_078 Cite this Article: Achmad Fitro, Otong Saeful Bachri, Arif Ilham Sulistio Purnomo and Indra Frenadianata, Shortest Path Finding in Geographical Information Systems using Node Combination and Dijkstra Algorithm. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 9(2), 755–760. <http://www.iaeme.com/IJMET/index.asp755http://www.iaeme.com/IJMET/i>

- ssues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=2http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=2http://www.iaeme.com/IJMET/index.asp756
- Graham, R., Korte, B., Lovász, L., Wigderson, A., Cook, W. J., & Ziegler, G. M. (2011). *Algorithms and Combinatorics Volume 21 Editorial Board*. <http://www.springer.com/series/13>
- Manuputty, D. E. A., Montolalu, C. E. J. C., Manurung, T., & Kunci, K. (2021). *Penentuan Jalur Terpendek Distribusi Air Mineral Menggunakan Ant Colony Optimization*. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/decartesian>
- Marco Dorigo. (1992). *Optimization, Learning and Natural Algorithms*. Politecnico di Milano.
- Munir, R. (2010). Matematika Diskrit. *Informatika Bandung*.
- Nugraha, D. W., Erwin Dodu, A. Y., & Septiana, S. (2019). SISTEM PENENTUAN RUTE PENDISTRIBUSIAN PRODUK AIR MINERAL MENGGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY SYSTEM. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 11(2). <https://doi.org/10.33096/ilkom.v11i2.418.86-94>
- Nurriszky, M. F., Dwiagnes, S., & Anggraeni, N. F. (2020). Pencarian Rute Terpendek Pada Distribusi Raw Material Metode Dijkstra Di PT. SHP. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 19(1). <https://doi.org/10.26874/jt.vol19no01.141>
- Siang, J. J. (2009). Matematika Diskrit dan Aplikasinya dan Apliednya pada Ilmu Komputer. In *Andi* (Vol. 1999, Issue December).
- Sunardi, S., Yudhana, A., & Kadim, A. A. (2019). Implementasi Algoritma Dijkstra dan Algoritma Semut Untuk Analisis Rute Transjogja Berbasis Android. *IT JOURNAL RESEARCH AND DEVELOPMENT*, 4(1). [https://doi.org/10.25299/itjrd.2019.vol4\(1\).2483](https://doi.org/10.25299/itjrd.2019.vol4(1).2483)
- Umar, R., Yudhana, A., & Prayudi, A. (2021). Analisis Perbandingan Algoritma Dijkstra, A-Star, dan Floyd Warshall dalam Pencarian Rute Terdekat pada Objek Wisata Kabupaten Dompu. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 8(2). <https://doi.org/10.25126/jtiik.0812866>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Judul	Hasil	Celah	Kontribusi
1	“A comparison between ACO and Dijkstra algorithms for optimal or concentrate pipeline routing” (2017)	Menghasilkan perbandingan pendekatan yang cocok untuk memecahkan masalah <i>concentrate pipeline routing</i> dan berpotensi menangani parameter tambahan seperti fungsi biaya yang disediakan oleh algoritma Dijkstra dan metaheuristik alternatif dari <i>Ant Colony Optimization</i> secara menyeluruh. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa algoritma Dijkstra lebih unggul dalam segi performa waktu dan keakuratan dibandingkan dengan algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> , namun algoritma ACO diklaim dapat digunakan untuk permasalahan lebih rumit yang melibatkan <i>cost function</i> .	Objek penelitian hanya berupa simulasi atau tidak real time. Kemudian parameter fungsi biaya (<i>Cost Function</i>) belum terkekekseksi dengan baik sehingga membutuhkan penelitian lebih lanjut.	Penelitian ini memberikan hasil perbandingan optimasi dan cara kerja algoritma Dijkstra dan algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> yang sejalan dengan penelitian yang akan dilakukan namun dengan parameter yang berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh Baeza ini juga memberikan kontribusi berupa pengetahuan teoritis mengenai algoritma Dijkstra dan algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> .
2	“Pencarian Rute Terpendek pada Distribusi Raw Material Metode Djikstra di PT. SHP” (2021)	Penelitian ini menghasilkan rute terpendek dari rute biasanya dengan jalur $O - C - E - H - I$ yang berjarak total 71,2 KM, serta biaya transportasi yang lebih rendah yakni Rp 1.674.540	Tidak ada parameter kemacetan serta kondisi jalan, serta kapasitas produk yang dibawa.	Penelitian ini menunjukkan implementasi algoritma Dijkstra untuk menentukan rute terpendek dalam permasalahan TSP (distribusi) dengan memasukkan fungsi biaya didalamnya.
3	“Penentuan Jalur Terpendek Distribusi Air Mineral Menggunakan <i>Ant Colony Optimization</i> ” (2021)	Penelitian ini menghasilkan rute distribusi optimal dengan jarak 18,4 Km, merupakan rute dengan jarak terpendek dibandingkan rute sebelumnya sejauh 19,69 Km.	Penelitian ini mempertimbangkan kemacetan dan kondisi jalan, namun tidak ada variable distribusi lainnya seperti parameter jenis kendaraan dan fungsi biaya distribusi.	Penelitian ini menunjukkan kinerja serta langkah-langkah perhitungan dari algoritma tradisional <i>Ant Colony Optimization</i> dalam menyelesaikan TSP distribusi dengan menggunakan parameter kemacetan dan kondisi jalan.

Lampiran 2. Tabel Iterasi Perhitungan Dijkstra

Iterasi	Rute	Bobot Jarak (Km)
I	1 – 2	95
	1 – 3	103
	1 – 4	112
II	1 – 2 – 3	117
	1 – 2 – 4	108
	1 – 2 – 5	122
III	1 – 2 – 4 – 3	133
	1 – 2 – 4 – 5	128
IV	1 – 2 – 4 – 5 – 3	139
V	1 – 2 – 4 – 5 – 3 – 1	242

Lampiran 3. Parameter Algoritma ACO

Parameter	Nilai
n	5
α	1
β	1
τ_{ij}	0,01
m	3
Q	1
$NCmax$	1
ρ	0,5

Lampiran 4. Nilai r

	A	B	C	D
1	Semut	S1	S2	S3
2	r1	0,66074	0,59175	0,41024
3	r2	0,79785	0,70258	0,4125
4	r3	0,19435	0,92866	0,80462
5	r4	0,78661	0,32662	0,0899

Lampiran 5. Perhitungan Invers jarak

$$\begin{aligned}
\eta_{11} &= 0 & \eta_{24} &= \frac{1}{13} = 0,077 \\
\eta_{12} &= \frac{1}{95} = 0,0105 & \eta_{25} &= \frac{1}{27} = 0,037 \\
\eta_{13} &= \frac{1}{103} = 0,0097 & \eta_{33} &= 0 \\
\eta_{14} &= \frac{1}{112} = 0,0089 & \eta_{34} &= \frac{1}{25} = 0,04 \\
\eta_{15} &= \frac{1}{114} = 0,0087 & \eta_{35} &= \frac{1}{11} = 0,09 \\
\eta_{22} &= 0 & \eta_{44} &= 0 \\
\eta_{23} &= \frac{1}{22} = 0,045 & \eta_{45} &= \frac{1}{20} = 0,05 \\
& & \eta_{55} &= 0
\end{aligned}$$

Lampiran 6. Perhitungan Pembaruan Pheromone

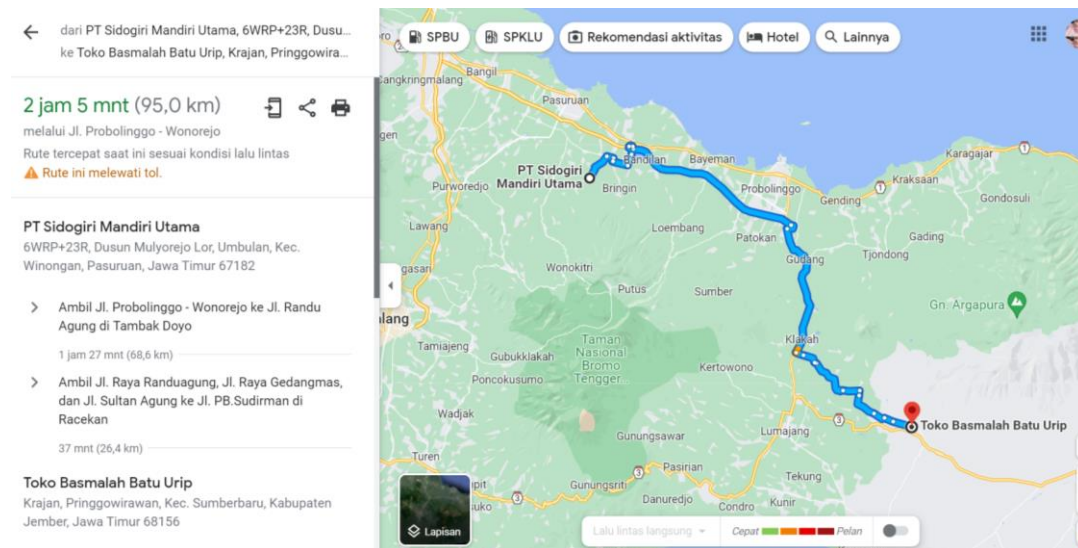
$$\begin{aligned}
\tau_{12}^2 &= (1 - 0,5)\tau_{12}^1 + \Delta\tau_{12}^k = (0,5)(0,01) + \frac{1}{260} + \frac{1}{270} = 0,0125 \\
\tau_{13}^2 &= (1 - 0,5)\tau_{13}^1 + \Delta\tau_{13}^k = (0,5)(0,01) + \frac{1}{284} + \frac{1}{270} = 0,0122 \\
\tau_{14}^2 &= (1 - 0,5)\tau_{14}^1 + \Delta\tau_{14}^k = (0,5)(0,01) + \frac{1}{284} + \frac{1}{260} = 0,0124 \\
\tau_{15}^2 &= (1 - 0,5)\tau_{15}^1 + \Delta\tau_{15}^k = (0,5)(0,01) = 0,005 \\
\tau_{23}^2 &= (1 - 0,5)\tau_{23}^1 + \Delta\tau_{23}^k = (0,5)(0,01) + \frac{1}{284} + \frac{1}{260} = 0,0124 \\
\tau_{24}^2 &= (1 - 0,5)\tau_{24}^1 + \Delta\tau_{24}^k = (0,5)(0,01) = 0,005 \\
\tau_{25}^2 &= (1 - 0,5)\tau_{25}^1 + \Delta\tau_{25}^k = (0,5)(0,01) + \frac{1}{284} + \frac{1}{270} = 0,0122 \\
\tau_{34}^2 &= (1 - 0,5)\tau_{34}^1 + \Delta\tau_{34}^k = (0,5)(0,01) + \frac{1}{270} = 0,0087 \\
\tau_{35}^2 &= (1 - 0,5)\tau_{35}^1 + \Delta\tau_{35}^k = (0,5)(0,01) + \frac{1}{260} = 0,0088 \\
\tau_{45}^2 &= (1 - 0,5)\tau_{45}^1 + \Delta\tau_{45}^k = (0,5)(0,01) + \frac{1}{284} + \frac{1}{260} + \frac{1}{270} = 0,016
\end{aligned}$$

Lampiran 7. Indeks Jurnal

No.	Daftar Jurnal	Indeks
1	Agung, M., Latuconsina, R., & Purboyo, T. W. (2017). Shortest Path Algorithms: State of the Art. In <i>International Journal of Applied Engineering Research</i> (Vol. 12, Issue 23). http://www.ripublication.com	Q3
2	Auliasari, K., Kertaningtyas, M., & Basuki, D. W. L. (2018). Optimalisasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem. <i>Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri</i> , 16(1). https://doi.org/10.24014/sitekin.v16i1.6109	Sinta 4
3	Baeza, D., Ihle, C. F., & Ortiz, J. M. (2017). A comparison between ACO and Dijkstra algorithms for optimal ore concentrate pipeline routing. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 144. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.084	Q1
4	Dorigo, M., Birattari, M., & Stützle, T. (2006). Ant colony optimization artificial ants as a computational intelligence technique. <i>IEEE Computational Intelligence Magazine</i> , 1(4). https://doi.org/10.1109/CI-M.2006.248054	Q1
5	Dorigo, M., & Gambardella, L. M. (1997). Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem. <i>IEEE Transactions on Evolutionary Computation</i> , 1(1). https://doi.org/10.1109/4235.585892	Q1
6	Dorigo, M., Maniezzo, V., & Colomi, A. (1996). Ant system: Optimization by a colony of cooperating agents. <i>IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics</i> , 26(1). https://doi.org/10.1109/3477.484436	Q1
7	Fitro, A., Saeful Bachri, O., Ilham, A., Purnomo, S., & Frenadianata, I. (2018). Article ID: IJMET_09_02_078 Cite this Article: Achmad Fitro, Otong Saeful Bachri, Arif Ilham Sulistio Purnomo and Indra Frenadianata, Shortest Path Finding in Geographical Information Systems using Node Combination and Dijkstra Algorithm. <i>International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)</i> , 9(2), 755–	Q3

	760.	
8	Manuputty, D. E. A., Montolalu, C. E. J. C., Manurung, T., & Kunci, K. (2021). <i>Penentuan Jalur Terpendek Distribusi Air Mineral Menggunakan Ant Colony Optimization</i> . https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/decartesian	Sinta 5
9	Nugraha, D. W., Erwin Dodu, A. Y., & Septiana, S. (2019). SISTEM PENENTUAN RUTE PENDISTRIBUSIAN PRODUK AIR MINERAL MENGGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY SYSTEM. <i>ILKOM Jurnal Ilmiah</i> , 11(2). https://doi.org/10.33096/ilkom.v11i2.418.86-94	Sinta 2
10	Nurrizky, M. F., Dwiagnes, S., & Anggraeni, N. F. (2020). Pencarian Rute Terpendek Pada Distribusi Raw Material Metode Dijkstra Di PT. SHP. <i>Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik</i> , 19(1). https://doi.org/10.26874/jt.vol19no01.141	Garuda
11	Sunardi, S., Yudhana, A., & Kadim, A. A. (2019). Implementasi Algoritma Dijkstra dan Algoritma Semut Untuk Analisis Rute Transjogja Berbasis Android. <i>IT JOURNAL RESEARCH AND DEVELOPMENT</i> , 4(1). https://doi.org/10.25299/itjrd.2019.vol4(1).2483	Sinta 3
12	Umar, R., Yudhana, A., & Prayudi, A. (2021). Analisis Perbandingan Algoritma Dijkstra, A-Star, dan Floyd Warshall dalam Pencarian Rute Terdekat pada Objek Wisata Kabupaten Dompu. <i>Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer</i> , 8(2). https://doi.org/10.25126/jtiik.0812866	Sinta 2

Lampiran 8. Analisis Jarak dan Waktu menggunakan Google Maps



Lampiran 9. Hasil Wawancara

Lampiran ini menjelaskan mengenai proses berjalannya wawancara yang dilakukan untuk menggali kebutuhan dari pihak perusahaan. Hasil dari proses wawancara menjadi bahan untuk dianalisis dalam menentukan permasalahan dan solusi pada penelitian yang dilakukan.

a. Latar Belakang Wawancara

Pada wawancara yang dilakukan peneliti melakukan penggalian informasi kepada staf distribusi PT. Sidogiri Mandiri Utama untuk mengetahui informasi dan kebutuhan dari pihak perusahaan mengenai proses distribusi.

b. Tujuan Wawancara

Tujuan dari wawancara yang dilakukan adalah untuk mengetahui permasalahan dan kebutuhan pada bagian distribusi dari PT. Sidogiri Mandiri Utama.

c. Waktu dan Tempat Wawancara

Wawancara dilakukan di PT. Sidogiri Mandiri Utama. Waktu pelaksanaan wawancara pada tanggal 20 November 2022.

d. Narasumber

Responden: Bapak Munir (Staf Distribusi PT. Sidogiri Mandiri Utama)

e. Transkrip Wawancara

A : “Siang Bapak, saya Dinda mahasiswi fasilkom unej yang meminta dilakukan wawancara mengenai proses distribusi di perusahaan ini”

Y : “Oh iya Dinda, bisa langsung ditanyakan saja semua kebutuhannya”

A : “Baik Bapak, Yang pertama, Bagaimana sistem distribusi air mineral pada PT.Sidogiri Mandiri Utama? Mungkin bisa dijelaskan proses distribusi dari Gudang ke Outlet Basmalah yang ada di Jember Bapak“

Y : “Kalau diproses pengiriman produknya itu semua di mulai dari Gudang, gudangnya ya di disini (PT. Sidogiri Mandiri Utama, Pasuruan), nanti 1 mobil langsung ke outlet, kalo outletnya di Jember ya rute dari perusahaan langsung ke Jember, terus balik lagi ke Gudang, Untuk jam mulainya di jam kerja, jam 8 pagi itu sudah mulai berangkat”

A : “Dalam proses pengantaran produk, kendala apa aja yang menurut bapak mempengaruhi proses distribusi?”

Y : “Kendalanya mungkin di rutanya, kadang kalau macet ya saya ambil rute lain yang mungkin agak jauh dari jalan utama, saya pernah telat nganter produk karna waktu itu sempat ada kecelakaan di jalan, jadi saya ambil rute lain yang lebih jauh”

A : “Berarti untuk rute sendiri masih belum tetap ya pak, karna disini melewati tol, itu bapak selalu lewat tol atau tidak ?”

Y : “Seringnya lewat tol mbak karna lebih cepet tapi ya bayar, cuman kadang pernah gak lewat tol soalnya saya lupa bawa kartunya”

A : “Untuk kendaraan distribusi yang digunakan ini tipe apa ya pak? Dan kebutuhan bbmnya”

Y : “Ini truk dump, yang 130 HD pakai solar mbak, sekitar 1 liter solar untuk 6 kilometer, jatah dari perusahaan itu 350.000 untuk uang bensin, yaitu buat sehari itu mbak sekali perjalanan”

A : “Untuk kapasitas angkutan AMDK dalam 1 truk berapa bapak?”

Y : “Ini bisa ngangkut 20 ton, aslinya bisa sampe 30, cuman disini 1 truk kan buat 4 toko, jadi ngambilnya ya sekitar 20 an.

A : “Baik pak, selanjutnya untuk pengeluaran atau biaya tidak tetap yang diperlukan saat proses pengiriman barang itu apa saja ya pak?”

Y : “Kalo yang gak tetap itu ya solar itu mbak, sama tol kalo lewat tol. Ada juga uang makan tapi itu biaya tetap”

A : “Berarti hanya uang tol dan uang bahan bakar ya pak, untuk ke Jember sendiri dibutuhkan waktu berapa jam untuk sampai lagi ke Gudang pak? Dihitung saat perjalanan saja pak”

Y : “Iya mbak, 1 hari itu udah cukup kalau cuma ke Jember, kalau diitung cuma perjalanannya ya paling berangkatnya itu sekitar 4 jam buat ke 4 toko, kalau buat balik ke Gudang paling 3 jam

A : “Jadi total waktu di perjalanan 7 jam ya bapak, sepertinya pertanyaan sudah habis pak, terimakasih sudah meluangkan waktunya untuk wawancara”

Y : “Iya mbak Dinda, sama sama”

Lampiran 10. Dokumentasi Kegiatan

