JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA
Volume 9, Nomor 1, Januari 2025, Page 29-36
ISSN 2614-5278 (media cetak), ISSN 2548-8368 (media online)
Available Online at https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib
DOI 10.30865/mib.v9i1.8139

Optimalisasi Rute Tim Promosi Menggunakan Ant Colony Optimization pada Studi Kasus Universitas Budi Darma

Matias Julyus Fika Sirait

Teknik Informatika,Fakultas Ilmu Komputer & Teknologi Informasi, Universitas Budi Darma, Medan, Indonesia
Email: matiassirait1@gmail.com
Email korespondensi: matiassirait1@gmail.com

Abstrak- Penentuan urutan kunjungan promosi perguruan tinggi merupakan permasalahan optimasi rute yang dapat memengaruhi jarak perjalanan, waktu operasional, dan perkiraan bahan bakar. Penelitian ini mengevaluasi penggunaan Ant Colony Optimization (ACO) untuk menentukan urutan kunjungan satu tim promosi yang berangkat dari kampus, mengunjungi 18 lokasi, kemudian kembali ke titik awal. Karena daftar lokasi aktual dan data jalan belum tersedia pada sumber penelitian, pengujian dilaksanakan menggunakan 18 titik koordinat simulasi dengan jarak Euclidean. Metode Nearest Neighbor (NN) digunakan sebagai pembanding. ACO dikonfigurasi dengan 40 semut, 250 iterasi, α=1, β=4, tingkat evaporasi ρ=0,45, dan Q=100. Berdasarkan data pengujian yang dilaporkan, jarak rute NN sebesar 102,22 satuan jarak dan rute ACO sebesar 99,14 satuan jarak; selisihnya 3,08 atau sekitar 3,01%. Apabila satu satuan koordinat diasumsikan setara satu kilometer, kecepatan rata-rata tetap 35 km/jam memberikan estimasi durasi masing-masing 175,2 dan 169,9 menit, sementara konsumsi 0,11 liter/km menghasilkan estimasi 11,24 dan 10,91 liter. Hasil tersebut menunjukkan potensi pemanfaatan ACO untuk pengujian optimasi rute secara konseptual. Namun, temuan tidak dapat digeneralisasi sebagai efisiensi operasional nyata karena lokasi, jarak jalan, kondisi lalu lintas, dan batasan waktu kunjungan belum divalidasi. Kontribusi artikel terletak pada pemodelan, penerapan, dan analisis transparan ACO dalam skenario kunjungan promosi yang dapat direproduksi.

Kata Kunci: Ant Colony Optimization; optimasi rute; Traveling Salesman Problem; promosi perguruan tinggi; Nearest Neighbor

Abstract- Planning promotional visits to multiple destinations is a routing optimization problem that can influence travel distance, operational time, and estimated fuel usage. This study evaluates Ant Colony Optimization (ACO) for a single promotional team that departs from a university campus, visits eighteen destinations, and returns to the starting point. Because actual destination and road-network data were not supplied in the source report, the evaluation uses eighteen simulated coordinates and Euclidean distance. A Nearest Neighbor (NN) heuristic serves as the baseline. ACO uses forty ants, 250 iterations, α=1, β=4, pheromone evaporation ρ=0.45, and Q=100. The reported simulation yields an NN route length of 102.22 distance units and an ACO route length of 99.14 units, a reduction of 3.08 units or approximately 3.01%. If one coordinate unit is assumed equivalent to one kilometer, a constant average speed of 35 km/h produces travel-time estimates of 175.2 and 169.9 minutes, respectively. A fixed fuel-consumption factor of 0.11 liter/km yields 11.24 and 10.91 liters. The findings demonstrate the feasibility of ACO as a conceptual route-optimization method for institutional outreach visits. However, they do not constitute evidence of actual operational efficiency, because destination locations, road distances, traffic, and visit time windows were not validated. The main contribution is a reproducible route-modeling and comparison framework rather than an empirically validated deployment at Universitas Budi Darma.

Keywords: Ant Colony Optimization; route optimization; Traveling Salesman Problem; university outreach; Nearest Neighbor

1. PENDAHULUAN

Promosi perguruan tinggi melalui kunjungan sekolah atau lembaga pendidikan perlu mempertimbangkan jumlah tujuan, posisi geografis, ketersediaan tenaga, jadwal kegiatan, dan biaya perjalanan. Ketika sejumlah lokasi harus dikunjungi dalam satu rangkaian perjalanan, urutan kunjungan yang kurang efektif dapat menyebabkan lintasan kembali yang tidak perlu. Permasalahan tidak hanya terkait pemilihan lokasi terdekat, tetapi juga penentuan urutan global yang mengurangi total jarak dari titik awal hingga kembali ke titik semula. Rute yang efisien berpotensi membantu perencanaan kegiatan promosi agar lebih terstruktur.

Secara matematis, kasus satu kendaraan yang mengunjungi seluruh tujuan tepat sekali dan kembali ke depot memiliki karakteristik Traveling Salesman Problem (TSP). Berbeda dengan Vehicle Routing Problem (VRP) yang dapat mencakup banyak kendaraan, kapasitas, dan batas waktu, model TSP menjadi titik awal yang relevan untuk menguji skenario satu tim promosi. Variasi permasalahan rute yang lebih rumit telah dipelajari melalui pendekatan optimasi metaheuristik, termasuk optimasi koloni semut [1], [7]–[9], [11], [14], [15].

Metode Nearest Neighbor (NN) membentuk solusi cepat dengan selalu memilih lokasi terdekat yang belum dikunjungi. Walaupun sederhana dan mudah diimplementasikan, pendekatan greedy dapat menghasilkan keputusan lokal yang tidak selalu menguntungkan pada keseluruhan rute. Kondisi ini menjadi alasan untuk mengevaluasi algoritma iteratif yang dapat mengeksplorasi sejumlah kandidat urutan kunjungan. NN tetap bermanfaat sebagai baseline karena langkah perhitungannya jelas dan dapat dibandingkan secara langsung dengan metode yang diusulkan.

Submitted: **12/11/2024**; Accepted: **24/12/2024**; Published: **28/01/2025**

JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA
Volume 9, Nomor 1, Januari 2025, Page 29-36
ISSN 2614-5278 (media cetak), ISSN 2548-8368 (media online)
Available Online at https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib
DOI 10.30865/mib.v9i1.8139

Ant Colony Optimization (ACO) merupakan metaheuristik yang meniru proses pembentukan jejak feromon pada koloni semut. Probabilitas pemilihan lokasi ditentukan oleh kombinasi intensitas feromon dan informasi heuristik berupa kebalikan jarak. Setelah sejumlah rute diperoleh, penguapan dan pembaruan feromon mengubah kecenderungan pemilihan sisi pada iterasi berikutnya. Kerangka tersebut dikembangkan dalam Ant System dan Ant Colony System serta dibahas secara sistematis dalam literatur dasar ACO [16]–[20].

Penelitian relevan dalam lima tahun terakhir membahas ACO untuk rute kendaraan berkendala waktu, rute dinamis, pencarian lokal, serta adaptasi matriks feromon. Ibrahim dkk. [8] mengkaji perbaikan ACO pada VRP dengan time windows, Septiashri dkk. [9] membahas pemanfaatan ACO pada masalah sejenis, sedangkan Liu dkk. [10] mengkaji jumlah semut adaptif. Wang dkk. [11] memadukan ACO dan local search untuk pickup-delivery, Goel dkk. [12] mengeksplorasi mutasi feromon, dan Liu dkk. [14] membahas adaptasi untuk pelanggan dinamis. Penelitian tersebut menguatkan dasar teknis ACO, tetapi tidak secara langsung membuktikan performanya pada jadwal promosi Universitas Budi Darma.

Kesenjangan yang menjadi fokus artikel adalah kebutuhan kerangka simulasi rute kunjungan promosi yang transparan, mulai dari koordinat titik, pembentukan jarak, penetapan parameter, hingga perbandingan terhadap baseline sederhana. Berbeda dari studi yang menargetkan kapasitas atau perubahan pelanggan secara dinamis, penelitian ini sengaja membatasi masalah pada satu perjalanan tertutup dengan 18 tujuan dan satu depot. Kebaruan bersifat kontekstual dan prosedural, bukan klaim pengembangan algoritma ACO baru.

Berkas laporan sumber tidak menyediakan lokasi promosi aktual maupun matriks jarak berbasis jalan. Oleh sebab itu, semua hasil numerik dalam artikel harus dibaca sebagai simulasi dan tidak boleh dipakai untuk menyimpulkan penghematan biaya operasional yang sudah terjadi. Penyajian batasan ini penting agar hubungan antara simulasi matematika dan rencana implementasi di lapangan tidak disalahartikan.

Tujuan penelitian adalah memodelkan masalah rute tim promosi sebagai TSP, menerapkan ACO dengan parameter yang terdokumentasi, membandingkan hasilnya dengan NN, serta menafsirkan efek perubahan jarak terhadap estimasi waktu dan bahan bakar melalui asumsi konstan. Hasil yang diharapkan ialah suatu kerangka evaluasi awal yang dapat dilanjutkan menjadi pengujian berbasis jarak jalan, jadwal sekolah, dan kebutuhan operasional resmi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahap penelitian dimulai dari identifikasi kebutuhan rute, penyusunan himpunan titik kunjungan, pembentukan matriks jarak, konfigurasi ACO, perhitungan baseline NN, pencarian rute ACO, dan evaluasi. Gambar 1 menggambarkan alur pelaksanaan sesuai sumber. Seluruh pengujian bersifat simulasi dengan titik koordinat dua dimensi.



Gambar 1. Tahapan penelitian optimasi rute

2.2 Data, Asumsi, dan Formulasi Masalah

Objek dimodelkan sebagai satu depot (lokasi 0, dilabeli Universitas Budi Darma hanya sebagai titik awal simulasi) dan 18 titik tujuan berkode L1 hingga L18. Setiap lokasi harus dikunjungi tepat satu kali. Rute ditutup dengan

Submitted: **12/11/2024**; Accepted: **24/12/2024**; Published: **28/01/2025**

JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA
Volume 9, Nomor 1, Januari 2025, Page 29-36
ISSN 2614-5278 (media cetak), ISSN 2548-8368 (media online)
Available Online at https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib
DOI 10.30865/mib.v9i1.8139

kembali ke depot. Karena angka pada laporan berupa koordinat bidang, jarak antartitik dihitung menggunakan rumus Euclidean; nilainya tidak dapat dianggap sebagai kilometer jalan yang terukur tanpa asumsi konversi eksplisit. Dalam artikel, satuannya disebut satuan jarak (SJ); penyajian perkiraan kilometer hanya bersyarat, yakni 1 SJ = 1 km.

Untuk titik i dengan posisi (xi, yi) dan j dengan posisi (xj, yj), $d(i,j) = \sqrt{((xi-xj)^2 + (yi-yj)^2)}$. Panjang rute D dihitung sebagai jumlah d(i,j) pada setiap pasangan lokasi berturut-turut termasuk sisi kembali ke depot. Fungsi objektifnya meminimalkan D dengan batasan seluruh tujuan dikunjungi sekali dan perjalanan berakhir di depot. Model ini belum mempertimbangkan kemacetan, jam buka sekolah, durasi presentasi, maupun kapasitas personel.

2.3 Parameter Ant Colony Optimization

Pada ACO, semut membentuk lintasan dengan memilih salah satu lokasi yang belum dikunjungi. Probabilitas transisi dari i ke j proporsional terhadap $(\tau ij)^{\alpha}(\eta ij)^{\beta}$ dengan $\eta ij = 1/dij$. Pemilihan dinormalisasi terhadap semua kandidat lokasi yang belum dikunjungi. Pembaruan feromon dapat dirumuskan $\tau ij \leftarrow (1-\rho)\tau ij + \Delta\tau ij$, dengan ρ sebagai tingkat evaporasi. Ketika seluruh tujuan selesai dikunjungi, tiap rute dinilai menurut panjang totalnya.

Tabel 1. Parameter algoritma ACO dari laporan sumber

Parameter	Nilai
Jumlah semut	40
Iterasi maksimum	250
α (pengaruh feromon)	1,0
β (pengaruh heuristik)	4,0
ρ (evaporasi)	0,45
Q (skala deposit)	100

Parameter tersebut mengikuti laporan, tetapi pemilihan seed acak, aturan pembaruan feromon terperinci, dan pengulangan independen tidak terdokumentasi. Oleh karena itu, tingkat kestabilan terhadap variasi seed dan ketidakpastian hasil tidak dapat dinilai dari berkas sumber. Implementasi lanjutan perlu mencatat seed, inisialisasi τ, dan kode algoritma untuk memastikan replikasi.

2.4 Pembanding dan Metrik Evaluasi

Baseline NN dimulai dari depot dan pada setiap langkah memilih lokasi terdekat yang belum dikunjungi. Sesudah semua titik dikunjungi, perjalanan kembali ke depot. ACO dan NN dinilai dengan matriks jarak yang sama. Efisiensi relatif dihitung sebagai $((DNN-DACO)/DNN)\times100\%$. Estimasi waktu $E = (D/35)\times60$ menit menggunakan asumsi rata-rata 35 km/jam, sementara estimasi BBM $B = 0{,}11\times D$ liter menggunakan konsumsi tetap. Dua metrik terakhir bersifat hasil turunan dari jarak, bukan pengukuran waktu atau BBM di lapangan.

2.5 Batasan Validitas

Studi ini merupakan demonstrasi komputasional pada koordinat simulasi. Klaim efektivitas hanya berlaku untuk instance tersebut. Belum tersedia pengujian pada beragam instance, pengulangan ACO, pembanding metaheuristik tambahan, pengukuran waktu komputasi, atau kunjungan aktual. Ketentuan ini membatasi kesimpulan penelitian pada keberhasilan memperoleh rute yang lebih pendek daripada baseline dalam data uji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sebaran Titik Tujuan

Tabel 2 menunjukkan 19 node yang digunakan, terdiri atas depot dan 18 tujuan simulasi. Koordinat tetap mempertahankan angka pada laporan untuk memudahkan pemeriksaan ulang. Penamaan Universitas Budi Darma pada titik depot tidak menunjukkan koordinat geografis kampus yang sesungguhnya. Sebaran koordinat ditampilkan pada Gambar 2 dan menegaskan bahwa tujuan tersebar pada beberapa wilayah bidang simulasi.

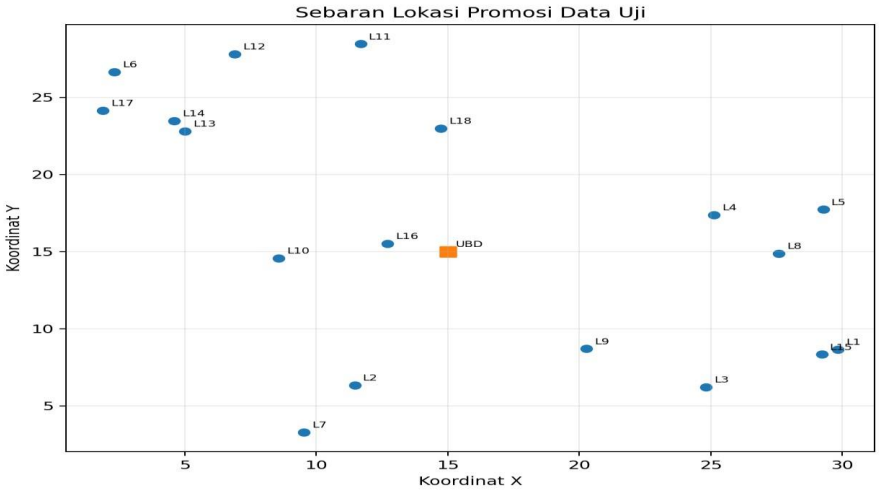
Tabel 2. Data koordinat simulasi depot dan 18 titik promosi

ID	Lokasi	X	Y
0	Depot (UBD)	15.00	15.00
1	L01	29.83	8.65
2	L02	11.46	6.35
3	L03	24.81	6.22
4	L04	25.12	17.37
5	L05	29.27	17.73
6	L06	2.32	26.64
7	L07	9.52	3.29
8	L08	27.59	14.89
9	L09	20.28	8.70
10	L10	8.57	14.58

Submitted: **12/11/2024**; Accepted: **24/12/2024**; Published: **28/01/2025**

JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA
Volume 9, Nomor 1, Januari 2025, Page 29-36
ISSN 2614-5278 (media cetak), ISSN 2548-8368 (media online)
Available Online at https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib
DOI 10.30865/mib.v9i1.8139

11	L11	11.69	28.46
12	L12	6.91	27.80
13	L13	5.01	22.80
14	L14	4.60	23.46
15	L15	29.22	8.34
16	L16	12.72	15.53
17	L17	1.89	24.14
18	L18	14.75	22.98

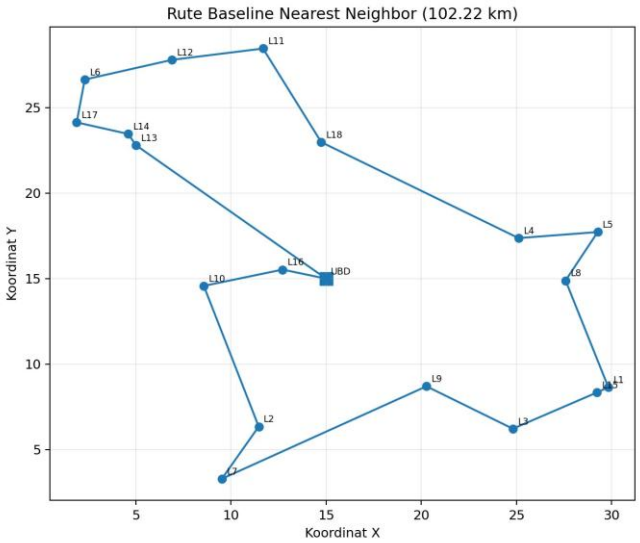


Gambar 2. Sebaran lokasi pada koordinat simulasi

Penggunaan jarak Euclidean menganggap gerak langsung antartitik sehingga berpotensi menghasilkan jarak lebih rendah daripada jarak jalan sebenarnya. Pada konteks promosi, hambatan seperti jalan satu arah, kemacetan, medan, dan titik masuk sekolah dapat meningkatkan jarak atau waktu. Oleh karena itu, eksperimen ini merupakan evaluasi model rute geometri dan bukan peta perjalanan sesungguhnya.

3.2 Perhitungan Rute Nearest Neighbor

NN mencari tujuan terdekat dari lokasi aktif dan mengulang proses sampai seluruh tujuan selesai. Baseline yang tercatat dalam laporan menghasilkan lintasan tertutup 102,22 SJ. Gambar 3 memperlihatkan bentuk lintasannya. Metode ini cocok sebagai pembanding sederhana karena mudah dipahami, tetapi tidak melakukan perbaikan global terhadap urutan titik yang telah dipilih.



Gambar 3. Rute baseline Nearest Neighbor pada data simulasi

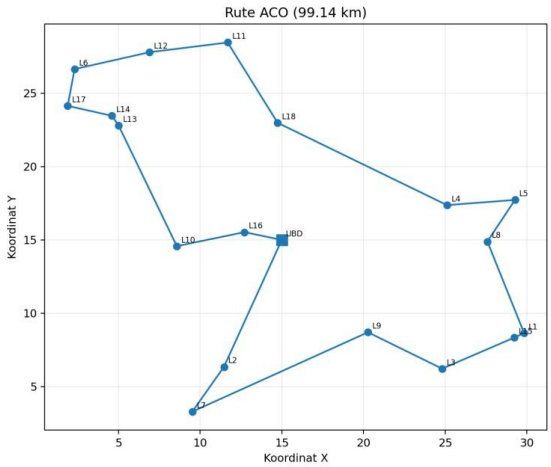
Pilihan satu sisi pendek pada langkah awal dapat mengharuskan sisi yang lebih panjang pada langkah-langkah terakhir. Karena itulah rute NN tidak selalu minimum. Meskipun demikian, kinerja NN juga bergantung pada titik awal, penanganan jarak yang sama, dan struktur geometri; perbandingan pada satu instance tidak cukup untuk menyatakan keunggulan universal satu algoritma terhadap yang lain.

Submitted: **12/11/2024**; Accepted: **24/12/2024**; Published: **28/01/2025**

JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA
Volume 9, Nomor 1, Januari 2025, Page 29-36
ISSN 2614-5278 (media cetak), ISSN 2548-8368 (media online)
Available Online at https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib
DOI 10.30865/mib.v9i1.8139

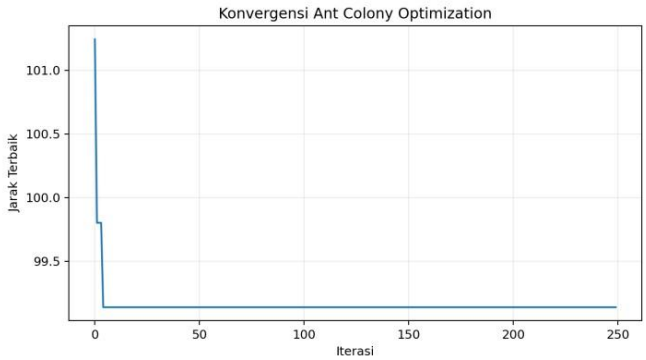
3.3 Solusi Ant Colony Optimization

Rute terbaik ACO yang dicantumkan dalam laporan adalah Depot–L16–L10–L13–L14–L17–L6–L12–L11–L18–L4–L5–L8–L1–L15–L3–L9–L7–L2–Depot. Penghitungan kembali berdasarkan koordinat pada Tabel 2 memberikan jarak 99,1399 SJ yang dibulatkan menjadi 99,14 SJ. Hasil ini konsisten dengan angka pada sumber dan menunjukkan bahwa rute membentuk siklus yang mengunjungi semua tujuan satu kali.



Gambar 4. Rute terbaik ACO berdasarkan laporan

Gambar 5 memperlihatkan kurva panjang rute terbaik selama proses iteratif. Pada awal iterasi terlihat penurunan cukup cepat dan selanjutnya kurva mendatar pada nilai terbaik yang dilaporkan. Grafik konvergensi ini menunjukkan tidak ada peningkatan solusi teramati dalam bagian akhir pengujian, tetapi tidak membuktikan bahwa solusi tersebut merupakan optimum global TSP. Klaim optimum global memerlukan pembuktian eksak atau pembanding batas bawah yang memadai.



Gambar 5. Grafik konvergensi ACO

3.4 Analisis Efisiensi Jarak

Perbandingan nilai pada Tabel 3 menunjukkan pengurangan 3,08 SJ dari 102,22 SJ (NN) menjadi 99,14 SJ (ACO). Persentase pengurangan dihitung sebesar (102,22−99,14)/102,22×100% = 3,013%, atau dibulatkan menjadi 3,01%. Perbedaan tersebut merupakan perbaikan relatif terhadap satu baseline pada satu kumpulan koordinat yang sama.

Tabel 3. Hasil perbandingan pada instance simulasi

Indikator	Nearest Neighbor	ACO	Perubahan
Jarak simulasi	102,22 SJ	99,14 SJ	−3,01%
Waktu estimasi	175,2 menit	169,9 menit	−3,01%
BBM estimasi	11,24 liter	10,91 liter	−3,01%

Estimasi waktu dan BBM menggunakan asumsi 1 SJ = 1 km, kecepatan 35 km/jam, dan konsumsi 0,11 liter/km. Nilai bukan pengukuran operasional.

Submitted: **12/11/2024**; Accepted: **24/12/2024**; Published: **28/01/2025**

JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA
Volume 9, Nomor 1, Januari 2025, Page 29-36
ISSN 2614-5278 (media cetak), ISSN 2548-8368 (media online)
Available Online at https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib
DOI 10.30865/mib.v9i1.8139



Gambar 6. Perbandingan jarak rute NN dan ACO

Perbedaan jarak memang relatif kecil, tetapi mengilustrasikan kegunaan evaluasi solusi setelah penggunaan algoritma greedy. Gambar 6 menegaskan posisi ACO lebih rendah daripada NN pada skenario ini. Penghematan 3,01% tidak boleh ditafsirkan sebagai penurunan biaya promosi yang telah terjadi, sebab parameter biaya selain bahan bakar, lama kegiatan, jumlah personel, serta kondisi perjalanan belum diperhitungkan.

3.5 Estimasi Waktu dan Konsumsi Bahan Bakar

Dengan konversi asumtif 1 SJ = 1 km, durasi perjalanan dihitung melalui jarak dibagi 35 km/jam. Hasilnya adalah sekitar 175,2 menit untuk baseline dan 169,9 menit untuk ACO, sehingga selisihnya 5,3 menit. Asumsi yang sama memberikan estimasi konsumsi 11,24 liter dan 10,91 liter, yakni selisih sekitar 0,33 liter. Penurunan relatif keduanya identik dengan penurunan jarak karena nilai waktu dan bahan bakar diperoleh dari faktor konversi linear konstan.

Pada kondisi lapangan, penurunan jarak tidak selalu diikuti penurunan waktu dengan besaran persentase sama. Kecepatan dipengaruhi kemacetan dan karakteristik jalan, sementara konsumsi bahan bakar dapat berubah karena berhenti, akselerasi, beban kendaraan, dan keadaan mesin. Oleh karena itu, analisis lebih lanjut sebaiknya menggunakan matriks waktu perjalanan atau pengukuran GPS dan pengeluaran aktual, bukan hanya asumsi konversi jarak.

3.6 Analisis Kelebihan dan Keterbatasan Metode

ACO memberikan peluang eksplorasi rute melalui pembelajaran kolektif berbasis feromon, berbeda dengan NN yang bersifat greedy. Walaupun data uji mendukung perbaikan atas NN, evaluasi belum memisahkan kontribusi jumlah semut, banyak iterasi, nilai α dan β, serta evaporasi terhadap kualitas solusi. Analisis sensitivitas diperlukan agar parameter tidak sekadar ditetapkan tanpa landasan. Varian ACO dengan local search dan pengaturan feromon adaptif telah dilaporkan dalam literatur terkait [10]–[14], [18].

Dalam penelitian optimasi stokastik, kinerja idealnya dilaporkan melalui beberapa kali run independen dan statistik sebaran, misalnya rata-rata, simpangan baku, nilai terbaik dan terburuk, serta waktu komputasi. Laporan sumber hanya memberikan satu rute terbaik dan satu grafik konvergensi, sehingga ketidakpastian antar-run belum tersedia. Untuk jumlah 18 tujuan, pembanding algoritma eksak atau solver TSP juga relevan agar kualitas rute dapat dinilai terhadap solusi optimum atau batas optimal yang diketahui.

Terakhir, model satu kendaraan tidak menggambarkan kondisi apabila Universitas Budi Darma mengirim lebih dari satu tim sekaligus. Apabila tiap sekolah memiliki jam menerima tamu tertentu, waktu layanan, atau tingkat prioritas berbeda, diperlukan perluasan ke VRP dengan time windows, pengelompokan rute, atau optimasi multiobjektif. Literatur ACO untuk pembatas dinamis dan time windows menawarkan dasar pengembangan yang potensial [1], [7]–[9], [11], [14], [15].

3.7 Implikasi bagi Penjadwalan Promosi

Implementasi awal dapat menggunakan daftar sekolah yang telah disahkan, titik koordinat GPS, waktu tempuh antarsekolah, batas waktu promosi, jumlah kendaraan, dan durasi presentasi. Data sebaiknya diperbarui setiap periode karena perubahan jadwal dan kondisi jalan dapat mengubah rute optimal. Keputusan operasional final tetap berada pada koordinator tim; keluaran algoritma bertindak sebagai rekomendasi rute yang dapat ditinjau.

Dengan pendekatan bertahap, hasil simulasi ini dapat dijadikan dasar prototipe sistem pendukung penjadwalan. Keluaran aplikasi nantinya perlu menampilkan daftar tujuan, urutan kunjungan, total jarak jalan, estimasi waktu, serta alasan jika batas jadwal tidak terpenuhi. Audit keputusan rute penting agar perubahan parameter dan data

Submitted: **12/11/2024**; Accepted: **24/12/2024**; Published: **28/01/2025**

JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA
Volume 9, Nomor 1, Januari 2025, Page 29-36
ISSN 2614-5278 (media cetak), ISSN 2548-8368 (media online)
Available Online at https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib
DOI 10.30865/mib.v9i1.8139

mudah ditelusuri. Namun, manfaat empiris harus dibuktikan dalam uji lapangan terpisah menggunakan pengukuran sebelum–sesudah yang terkontrol.

3.8 Rancangan Validasi Empiris yang Diperlukan

Untuk mengubah model simulasi menjadi studi operasional, titik kunjungan harus diganti dengan daftar tujuan resmi beserta koordinat yang telah diperiksa. Matriks jarak sebaiknya dihitung menggunakan rute jalan yang dapat ditempuh kendaraan, bukan jarak garis lurus. Ketika lokasi berada di jalur satu arah, matriks bahkan dapat bersifat asimetris karena jarak dari i menuju j tidak selalu sama dengan dari j menuju i. Jarak dan waktu juga perlu diperiksa terhadap kondisi lalu lintas pada jam perjalanan promosi. Dengan data tersebut, nilai jarak ACO dan NN dapat dihitung ulang tanpa mengubah definisi eksperimen dasar.

Validasi sebaiknya menggunakan beberapa periode atau kelompok sekolah yang berbeda sehingga tidak bergantung pada satu pola sebaran lokasi. Setiap instance diuji dengan NN, ACO, dan satu metode pembanding tambahan seperti 2-opt atau solver TSP. Karena ACO bersifat stokastik, setiap kombinasi parameter perlu dijalankan berulang menggunakan seed berbeda yang dicatat secara eksplisit. Statistik yang dapat dilaporkan mencakup jarak rata-rata, jarak minimum, simpangan baku, waktu komputasi, serta banyaknya iterasi hingga solusi terbaik ditemukan. Selisih performa selanjutnya dapat dianalisis pada kumpulan instance yang sama.

Kriteria kelayakan operasional hendaknya disepakati dengan pengelola promosi sebelum evaluasi. Sebagai contoh, urutan kunjungan harus memenuhi jam penerimaan sekolah, estimasi durasi presentasi, jam kerja petugas, dan titik keberangkatan aktual. Apabila terdapat beberapa tim, problem perlu dirumuskan kembali sebagai VRP dan menetapkan setiap tujuan hanya dilayani oleh satu tim. Kualitas solusi kemudian dapat dinilai tidak hanya melalui total jarak, tetapi juga keterpenuhan jadwal, jumlah perjalanan, dan biaya aktual yang tercatat.

Pengujian lapangan idealnya membandingkan jadwal rekomendasi dengan praktik sebelumnya pada kondisi yang relatif setara, sambil mendokumentasikan waktu berangkat, waktu tiba, keterlambatan, kilometer odometer, serta pengeluaran bahan bakar. Peneliti harus menghindari penyamaan proyeksi bahan bakar dengan konsumsi nyata. Jika pengukuran lapangan belum dapat dilaksanakan, artikel tetap harus menyebut hasil sebagai simulasi dan menghindari klaim penghematan faktual bagi institusi. Rancangan validasi ini merupakan usulan penelitian lanjutan, bukan tahapan yang telah dilakukan dalam data sumber.

4. KESIMPULAN

Pengujian pada satu himpunan data simulasi menunjukkan bahwa Ant Colony Optimization dapat digunakan untuk membentuk rute kunjungan tertutup dari satu depot menuju 18 titik promosi dan kembali ke depot. Dengan parameter 40 semut, 250 iterasi, $\alpha=1$, $\beta=4$, $\rho=0{,}45$, dan $Q=100$, laporan mencatat jarak terbaik ACO sebesar 99,14 satuan jarak, lebih pendek dibandingkan Nearest Neighbor sebesar 102,22 satuan jarak. Selisih 3,08 satuan jarak merepresentasikan perbaikan sekitar 3,01% pada skenario uji. Pemeriksaan kembali terhadap koordinat yang tercantum juga menghasilkan panjang rute ACO konsisten, yakni sekitar 99,1399 satuan jarak. Pada asumsi satu satuan jarak sama dengan satu kilometer, kecepatan konstan 35 km/jam dan konsumsi 0,11 liter/km, penurunan jarak menghasilkan estimasi waktu 175,2 menjadi 169,9 menit dan konsumsi 11,24 menjadi 10,91 liter. Estimasi ini bersifat turunan matematis, bukan hasil perjalanan nyata. Hasil penelitian mendukung pemanfaatan ACO sebagai kerangka konseptual untuk perencanaan rute promosi, tetapi belum membuktikan adanya penghematan operasional Universitas Budi Darma karena belum menggunakan koordinat sekolah aktual dan jarak jalan. Keterbatasan lain mencakup belum tersedianya pengulangan stokastik, pengujian sensitivitas parameter, serta pembanding terhadap solusi optimum. Penelitian lanjutan perlu mengumpulkan lokasi dan jadwal riil, melaporkan beberapa run dengan seed terdokumentasi, membandingkan metode lain pada instance yang sama, dan menguji batas waktu kunjungan maupun pembagian beberapa tim. Oleh karena itu, kontribusi artikel ini ditempatkan sebagai verifikasi model optimasi rute pada data simulasi yang dapat menjadi dasar penelitian lapangan berikutnya.

REFERENCES

[1] Archetti, M. G. Speranza, and D. Vigo, “A hybrid ant colony optimization algorithm for a multi-objective vehicle routing problem with flexible time windows,” Information Sciences, vol. 490, pp. 166–190, 2019, doi: 10.1016/j.ins.2019.03.070.
[2] G. Chen, “Mobile Robot Path Planning Using Ant Colony Algorithm and Improved Potential Field Method,” Computational Intelligence and Neuroscience, Art. no. 1932812, 2019, doi: 10.1155/2019/1932812.
[3] W. Gao, “New Ant Colony Optimization Algorithm for the Traveling Salesman Problem,” International Journal of Computational Intelligence Systems, vol. 13, pp. 44–55, 2020, doi: 10.2991/ijcis.d.200117.001.
[4] P. Stodola, K. Michenka, and J. Nohel, “Hybrid Algorithm Based on Ant Colony Optimization and Simulated Annealing Applied to the Dynamic Traveling Salesman Problem,” Entropy, vol. 22, no. 8, p. 884, 2020, doi: 10.3390/e22080884.
[5] N. Guo, B. Qian, R. Hu, H. P. Jin, and F. H. Xiang, “A Hybrid Ant Colony Optimization Algorithm for Multi-Compartment Vehicle Routing Problem,” Complexity, Art. no. 8839526, 2020, doi: 10.1155/2020/8839526.

Submitted: **12/11/2024**; Accepted: **24/12/2024**; Published: **28/01/2025**

JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA
Volume 9, Nomor 1, Januari 2025, Page 29-36
ISSN 2614-5278 (media cetak), ISSN 2548-8368 (media online)
Available Online at https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib
DOI 10.30865/mib.v9i1.8139

[6] J. Yu, R. Li, Z. Feng, A. Zhao, Z. Yu, Z. Ye, and J. Wang, "A Novel Parallel Ant Colony Optimization Algorithm for Warehouse Path Planning," Journal of Control Science and Engineering, Art. no. 5287189, 2020, doi: 10.1155/2020/5287189.
[7] Y. Su, J. Liu, X. Xiang, et al., "A responsive ant colony optimization for large-scale dynamic vehicle routing problems via pheromone diversity enhancement," Complex & Intelligent Systems, vol. 7, pp. 2543–2558, 2021, doi: 10.1007/s40747-021-00433-7.
[8] M. F. Ibrahim, M. I. Mustofa, P. Meilanitasari, and S. U. Wijaya, "An Improved Ant Colony Optimization Algorithm for Vehicle Routing Problem with Time Windows," Jurnal Teknik Industri, vol. 23, no. 2, pp. 105–120, 2022, doi: 10.22219/JTIUMM.Vol23.No2.105-120.
[9] D. F. Septiashri, Purwanto, and D. Satyananda, "Algoritma ant colony optimization (ACO) dalam optimalisasi rute pada vehicle routing problem with time window," Jurnal MIPA dan Pembelajarannya, vol. 2, no. 11, 2022, doi: 10.17977/um067v2i112022p1.
[10] H. Liu, A. Lee, W. Lee, et al., "DAACO: adaptive dynamic quantity of ant ACO algorithm to solve the traveling salesman problem," Complex & Intelligent Systems, vol. 9, pp. 4317–4330, 2023, doi: 10.1007/s40747-022-00949-6.
[11] X. Wang et al., "An ant colony optimization based on local search for the vehicle routing problem with simultaneous pickup-delivery and time window," Applied Soft Computing, vol. 139, Art. no. 110203, 2023, doi: 10.1016/j.asoc.2023.110203.
[12] L. Goel, G. Vaishnav, S. C. Ramola, and T. Purohit, "A Modified Ant Colony Optimization Algorithm with Pheromone Mutations for Dynamic Travelling Salesman Problem," IETE Technical Review, vol. 40, no. 6, pp. 767–782, 2023, doi: 10.1080/02564602.2023.2167742.
[13] O. Sbayti and K. Housni, "A new routing method based on ant colony optimization in vehicular ad-hoc network," Statistics, Optimization & Information Computing, vol. 12, no. 1, pp. 167–181, 2024, doi: 10.19139/soic-2310-5070-1766.
[14] Y. Liu, Z. Wang, and J. Liu, "A Quick Pheromone Matrix Adaptation Ant Colony Optimization for Dynamic Customers in the Vehicle Routing Problem," Journal of Marine Science and Engineering, vol. 12, no. 7, p. 1167, 2024, doi: 10.3390/jmse12071167.
[15] L. Fan, "A two-stage hybrid ant colony algorithm for multi-depot half-open time-dependent electric vehicle routing problem," Complex & Intelligent Systems, vol. 10, 2024. [Metadata halaman/DOI perlu diverifikasi]
[16] M. Dorigo, V. Maniezzo, and A. Colorni, "Ant system: optimization by a colony of cooperating agents," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B, vol. 26, no. 1, pp. 29–41, 1996, doi: 10.1109/3477.484436.
[17] M. Dorigo and L. M. Gambardella, "Ant colony system: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem," IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 1, no. 1, pp. 53–66, 1997, doi: 10.1109/4235.585892.
[18] T. Stützle and H. H. Hoos, "MAX–MIN Ant System," Future Generation Computer Systems, vol. 16, no. 8, pp. 889–914, 2000, doi: 10.1016/S0167-739X(00)00043-1.
[19] M. Dorigo and T. Stützle, Ant Colony Optimization. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2004, doi: 10.7551/mitpress/1290.001.0001.
[20] M. Dorigo and L. M. Gambardella, "Ant colonies for the travelling salesman problem," Biosystems, vol. 43, no. 2, pp. 73–81, 1997, doi: 10.1016/S0303-2647(97)01708-5.