



Penerapan *Ant Colony Optimization* dengan *Sentiment-Based Weighting* untuk Rekomendasi Rute Wisata

Rizky Aditya Nugroho¹, Achmad Mufliq²

¹²Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo

¹rizkyaditya.si@unusida.ac.id, ²achmadmufliq.it@unusida.ac.id

Abstract

An effective and relevant tourism route recommendation system is essential to support travelers in making efficient and enjoyable travel decisions. This study aims to develop a tourism route recommendation model in Makassar City by implementing the Ant Colony Optimization (ACO) algorithm modified with weights based on user star ratings and sentiment analysis. A quantitative experimental computational approach was employed, consisting of six main stages: identifying tourist destinations, collecting rating data and travel times between locations, calculating weights based on ratings and sentiment analysis, implementing ACO, and evaluating the generated routes. The data used included user star ratings and reviews of tourist destinations from digital platforms, as well as estimated travel times between locations obtained from online mapping services. The results show that the ACO model when combined with sentiment-based weighting are able to generate the most preferred routes by users as it integrates both travel efficiency and destination quality. Compared to conventional models that only consider travel time, this hybrid model provides higher recommendation value in terms of user satisfaction. The proposed model can be applied to the development of intelligent tourism guide applications particularly to enhance the travel experience of tourists. Furthermore, this research opens opportunities for future development by incorporating additional supporting variables to make the system more adaptive and contextual.

Keywords: recommendation system, ant colony optimization, sentiment analysis, tourism route, Makassar City

Abstrak

Sistem rekomendasi rute wisata yang efektif dan relevan sangat dibutuhkan untuk mendukung pengambilan keputusan wisatawan dalam merencanakan perjalanan yang efisien sekaligus menyenangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model rekomendasi rute wisata di Kota Makassar dengan mengimplementasikan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) yang dimodifikasi dengan bobot berdasarkan rating bintang dan analisis sentimen pengguna. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental berbasis komputasi dengan enam tahapan utama, mulai dari identifikasi destinasi wisata, pengumpulan data rating dan waktu tempuh antar lokasi, perhitungan bobot berbasis rating dan analisis sentimen, implementasi ACO, hingga evaluasi hasil rute yang dihasilkan. Data yang digunakan meliputi rating bintang dan ulasan pengunjung destinasi wisata dari platform digital serta estimasi waktu tempuh antar lokasi menggunakan layanan pemetaan daring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ACO yang dikombinasikan dengan bobot berbasis analisis sentimen mampu menghasilkan rute yang lebih disukai oleh pengguna karena menggabungkan efisiensi waktu dan kualitas destinasi. Dibandingkan dengan model konvensional yang hanya mempertimbangkan waktu tempuh, model *hybrid* ini memberikan nilai rekomendasi yang lebih tinggi dalam konteks kepuasan pengguna. Model yang dihasilkan dapat diimplementasikan dalam pengembangan aplikasi pemandu wisata berbasis sistem cerdas, khususnya untuk meningkatkan pengalaman perjalanan wisatawan. Penelitian ini juga membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan variabel-variabel pendukung lainnya agar sistem semakin adaptif dan kontekstual.

Kata kunci: sistem rekomendasi, ant colony optimization, analisis sentimen, rute wisata, Kota Makassar

1. Pendahuluan

Pariwisata merupakan salah satu sektor strategis dalam perekonomian global maupun nasional. Menurut data dari UNWTO (2024), kontribusi sektor pariwisata terhadap PDB global mencapai 7,6%, dengan potensi pertumbuhan yang terus meningkat seiring dengan pemulihan pascapandemi [1]. Di tingkat nasional, Badan Pusat Statistik (2024) mencatat peningkatan jumlah kunjungan wisatawan domestik dan mancanegara ke Indonesia mencapai 40,45% dibanding tahun sebelumnya [2]. Kota Makassar sebagai salah satu destinasi unggulan di Indonesia Timur mengalami pertumbuhan signifikan dalam kunjungan wisata, namun masih menghadapi tantangan dalam hal pengelolaan rute perjalanan wisata yang efektif, efisien, dan sesuai preferensi pengunjung.

Keterbatasan informasi yang dipersonalisasi dalam menentukan rute wisata yang optimal, khususnya yang mempertimbangkan faktor subjektif seperti ulasan atau sentimen pengunjung sebelumnya menjadi masalah utama yang dihadapi oleh wisatawan saat ini. Seiring berkembangnya konsep pariwisata berbasis teknologi, muncul kebutuhan akan sistem rekomendasi cerdas yang tidak hanya mempertimbangkan jarak atau waktu tempuh, namun juga persepsi kualitas dari tempat-tempat wisata [3]. Integrasi data sentimen dari ulasan pengguna dalam sistem rekomendasi wisata dapat meningkatkan akurasi dan kepuasan pengguna secara signifikan [4]. Menanggapi isu ini, peneliti berpendapat bahwa pendekatan berbasis metaheuristic seperti *Ant Colony Optimization* (ACO) yang dikombinasikan dengan *Sentiment-based Weighting* mampu menjadi solusi inovatif dalam menyusun rute perjalanan wisata yang lebih adaptif terhadap preferensi pengguna.

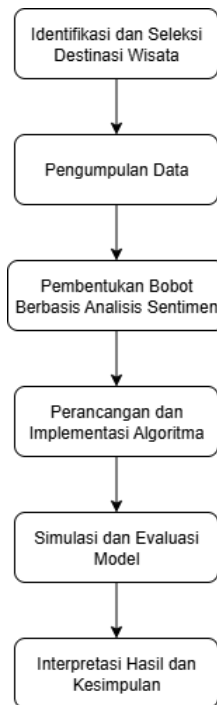
Berbagai penelitian sebelumnya telah mencoba mengembangkan sistem rekomendasi rute wisata berbasis ACO maupun algoritma lainnya. Contoh penerapatan dan implementasi ACO oleh I Gede Susrama Mas Diyasa untuk menentukan rute tempat wisata terpendek di Bali berdasarkan jarak dan waktu tempuh [5]. Sementara itu, Mohamed Badouch dan Mehdi Boutaoune menerapkan teknik machine learning untuk merekomendasikan lokasi wisata berdasarkan data historis pengguna [6]. Namun, penelitian-penelitian tersebut umumnya belum mengintegrasikan faktor sentimen pengguna sebagai bobot dalam proses perhitungan rute optimal. Padahal, sentimen atau opini pengguna merupakan aspek kualitatif penting dalam pengambilan keputusan oleh pengunjung terhadap destinasi wisata [7]. Inilah yang menjadi celah atau research gap dalam pengembangan sistem rekomendasi rute wisata yang lebih personal dan memperhatikan preferensi pengunjung tempat wisata.

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada pendekatan integratif antara *Ant Colony Optimization* sebagai algoritma pencarian jalur optimal dan *Sentiment-Based Weighting* sebagai mekanisme penilaian subjektif berdasarkan ulasan pengguna. Pendekatan ini didukung oleh teori *Sentiment Analysis* dalam *Natural Language Processing* [8], serta prinsip dasar swarm intelligence pada ACO yang memungkinkan pencarian solusi rute terbaik secara dinamis dan adaptif [9]. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya bersifat teknis dan kuantitatif, tetapi juga mempertimbangkan dimensi kualitatif yang berorientasi pada pengalaman wisatawan.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan model sistem rekomendasi rute wisata di Kota Makassar yang mengintegrasikan algoritma *Ant Colony Optimization* dengan bobot berbasis analisis sentimen pada ulasan *Google Maps*. Model ini diharapkan mampu menghasilkan rekomendasi rute yang tidak hanya efisien secara logistik, tetapi juga memuaskan secara emosional dan pengalaman pengguna. Penelitian ini sekaligus berkontribusi dalam pengembangan sistem informasi pariwisata berbasis kecerdasan buatan yang lebih cerdas dan berorientasi pada pengguna.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis. Pertama, dilakukan pengumpulan data yang mencakup informasi destinasi wisata di Kota Makassar serta data ulasan pengguna dari *Google Maps*. Tahap berikutnya pembobotan dengan menggunakan rating bintang dan ulasan yang terdapat pada *Google Maps* untuk mengidentifikasi polaritas opini pengguna. Setelah itu akan dilakukan perancangan dan implementasi algoritma untuk mendapatkan hasil rekomendasi rute destinasi wisata terbaik. Setelah hasil didapatkan, akan dilanjutkan ke tahap simulasi dan evaluasi model untuk membandingkan hasil dari model *hybrid* dan model konvensional. Hasil dari perbandingan dari kedua model tersebut akan diinterpretasikan untuk menjawab tujuan penelitian dan menjadi dasar untuk menarik kesimpulan dan memberikan rekomendasi pengembangan sistem.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Hasil analisis ini kemudian digunakan untuk menghitung bobot destinasi wisata berdasarkan skor sentimen yang digabungkan dengan parameter waktu tempuh antar lokasi. Tahap inti dari penelitian ini adalah penerapan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO), yang digunakan untuk mencari rute terbaik berdasarkan bobot-bobot tersebut. ACO bekerja secara iteratif dengan meniru perilaku semut dalam mencari jalur optimal [10]. Terakhir, hasil dari proses optimasi dievaluasi untuk melihat efektivitas rute yang direkomendasikan dibandingkan dengan pendekatan tradisional.

2.1. Identifikasi dan Seleksi Destinasi Wisata

Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi destinasi wisata populer di Kota Makassar melalui sumber resmi seperti situs Dinas Pariwisata Kota Makassar, artikel dari media populer di Indonesia, serta referensi dari platform digital seperti *Google Maps*. Dari daftar tersebut, peneliti memilih destinasi yang memiliki rating pengguna berupa bintang (1–5) sebagai data input, dengan kriteria minimal 10 ulasan agar data rating dapat dianggap representatif [11].

2.2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data ulasan dan rating bintang setiap destinasi wisata secara manual di *Google Maps*. Selain itu, dibangun matriks waktu tempuh antar destinasi yang diperoleh menggunakan layanan *Google Maps* atau simulasi berdasarkan estimasi perjalanan darat dalam satuan menit.

2.3. Pembentukan Bobot Berbasis Analisis Sentimen

Setiap destinasi diberi bobot berdasarkan nilai rating bintang dan ulasan pengguna yang dimiliki destinasi wisata tersebut. Nilai ini kemudian dinormalisasi agar berada pada skala yang setara dengan nilai waktu tempuh, sehingga bisa diintegrasikan dalam proses optimasi. Semakin tinggi rating, semakin besar bobot positifnya terhadap rute yang disarankan. Bobot ini akan mempengaruhi nilai desirabilitas pada fungsi objektif ACO.

2.4. Perancangan dan Implementasi Algoritma

Dalam tahap ini, perancangan yang dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *python* dan penerapan algoritma ACO untuk mencari rute optimal berdasarkan kombinasi dua faktor utama: waktu tempuh antar destinasi dan bobot rating serta ulasan destinasi.

$$P_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in J_i^k} [\tau_{il}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{il}]^\beta} \quad (1)$$

Dimana:

$\tau_{ij}(t)$ = jumlah feromon pada jalur

η_{ij} = visibilitas

α, β = parameter pengendali

Semut buatan dalam ACO akan menelusuri semua kemungkinan rute, dan memprioritaskan rute yang memiliki waktu tempuh efisien sekaligus melalui destinasi yang memiliki rating tinggi dan ulasan positif. Fungsi tujuan dimodifikasi agar rute dengan destinasi ber-rating tinggi dan waktu perjalanan yang relatif singkat menjadi lebih disukai.

2.5. Simulasi dan Evaluasi Model

Setelah model dijalankan dalam beberapa iterasi (misalnya 100–500 iterasi tergantung kompleksitas rute), peneliti melakukan evaluasi terhadap hasil rute terbaik yang diperoleh. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan dua model yaitu rute optimal berbasis ACO dengan kombinasi bobot berbasis analisis sentimen dan waktu tempuh dan model rute optimal berbasis waktu tempuh saja.

Perbandingan dilakukan dengan menganalisis perbedaan skor total dari setiap model, serta estimasi tingkat preferensi pengguna berdasarkan bobot rating destinasi yang dilewati.

2.6. Interpretasi Hasil dan Kesimpulan

Tahap akhir pada penelitian ini melibatkan interpretasi hasil optimasi untuk menjawab tujuan penelitian, yakni apakah integrasi analisis sentimen dalam proses optimasi dapat menghasilkan rute wisata yang lebih berkualitas dari perspektif pengguna. Hasil ini menjadi dasar untuk menarik kesimpulan dan memberikan rekomendasi pengembangan sistem rekomendasi wisata yang lebih adaptif pada penelitian dimasa mendatang.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil dari proses penelitian yang telah dilakukan, mulai dari tahapan pengumpulan data hingga implementasi algoritma dan evaluasi performa sistem rekomendasi rute wisata berbasis *Ant Colony Optimization* (ACO) dengan *Sentiment-Based Weighting* menggunakan rating bintang dan ulasan. Hasil disajikan berdasarkan urutan tahapan penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya.

3.1. Hasil Identifikasi dan Seleksi Destinasi Wisata

Pada tahap awal, telah berhasil dikumpulkan data destinasi wisata di Kota Makassar sebanyak 13 lokasi yang tersebar di berbagai wilayah kota. Data diambil dari *Google Maps*. Setiap destinasi yang terpilih memiliki minimal 10 ulasan pengguna dan rating bintang dengan rentang 1 hingga 5. Tabel berikut menyajikan daftar destinasi beserta jumlah ulasannya:

Tabel 1. Tabel Destinasi Wisata

No	Destinasi	Ulasan
1	Losari Beach	4010
2	Fort Rotterdam	13885
3	Akkarena Beach	2830
4	Bantimurung Bulusaraung National Park	12290
5	Paotere Harbour	364
6	Rammang Rammang Karst Village	2419
7	Fort Somba Opu	956
8	Trans Studio Mall Makassar	29829
9	Masjid Kubah 99 Asmaul Husna	2077
10	Bugis Waterpark Adventure	4561
11	Malino Pine Forest	3068
12	Takapala Waterfall	2011
13	Balla Lompoa Museum	2165

3.2. Pengumpulan Data Waktu Tempuh Antar Destinasi

Pada tahap ini menghasilkan sebuah matrik waktu tempuh antar destinasi dalam satuan menit. Matriks waktu tempuh antar destinasi dihitung berdasarkan estimasi *Google Maps* dengan asumsi menggunakan kendaraan pribadi dan tidak melalui jalan Tol. Hasil matriks disimpan dalam bentuk tabel atau *CSV* untuk kemudian akan digunakan dalam proses perhitungan optimasi.

Tabel 2. Tabel Matrik Jarak Tempuh Antar Destinasi

Destinasi	D1	D2	D3	D4	...	D11	D12	D13
D1	0	6	21	106	...	151	159	46
D2	6	0	25	108	...	151	158	48
D3	21	25	0	122	...	150	158	38
D4	106	108	122	0	...	128	134	42
...	...	...	...	...	...	...	...	...
D11	151	151	150	128	...	0	20	132
D12	159	158	158	134	...	20	0	136
D13	46	48	38	42	...	132	136	0

Kolom dan baris pertama pada tabel matrik di atas merepresentasikan jumlah destinasi yang digunakan pada penelitian ini. Terdapat 13 destinasi yang dituliskan sebagai D1 hingga D13.

3.3. Bobot Destinasi Berdasarkan Rating dan Ulasan

Setelah data rating dan ulasan dikumpulkan, nilai rating bintang dan ulasan pengguna dinormalisasi untuk dapat diintegrasikan ke dalam fungsi objektif algoritma ACO. Semakin tinggi rating dan banyak ulasan positif, semakin besar kontribusinya dalam desirabilitas jalur. Bobot akhir setiap destinasi digunakan untuk mempengaruhi pemilihan jalur optimal oleh semut buatan.

Tabel 3. Tabel Bobot Rating Destinasi

No	Destinasi	Rating
1	Losari Beach	4.5
2	Fort Rotterdam	4.5
3	Akkarena Beach	4.2
4	Bantimurung Bulusaraung National Park	4.4
5	Paotere Harbour	4.3
6	Rammang Rammang Karst Village	4.7
7	Fort Somba Opu	4.3
8	Trans Studio Mall Makassar	4.6
9	Masjid Kubah 99 Asmaul Husna	4.8
10	Bugis Waterpark Adventure	4.4
11	Malino Pine Forest	4.7
12	Takapala Waterfall	4.5
13	Balla Lompoa Museum	4.5

3.4. Implementasi Analisis Sentimen

Pembobotan rute wisata memang hanya dilakukan berdasarkan rating bintang yang tersedia pada data ulasan pengguna. Pendekatan ini memberikan gambaran umum mengenai kualitas destinasi, namun dinilai belum sepenuhnya mampu merepresentasikan preferensi wisatawan. Untuk menjawab kekurangan tersebut, penelitian kemudian mengintegrasikan analisis sentimen (*sentiment analysis*) terhadap teks ulasan. Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan kamus kata positif dan negatif, di mana setiap ulasan dianalisis untuk menentukan kecenderungan sentimennya (positif atau negatif).

```

22 positive_words = [
23     'good', 'recommended', 'amazing', 'beautiful', 'nice', 'fun', 'clean',
24     'bagus', 'indah', 'menarik', 'luar biasa', 'rekomendasi', 'seru', 'nyaman'
25 ]
26 negative_words = [
27     'bad', 'dirty', 'boring', 'expensive', 'crowded', 'worst',
28     'buruk', 'kotor', 'membosankan', 'mahal', 'ramai', 'terburuk'
29 ]

```

Gambar 2 Kata Positif dan Negatif

Adapun kata positif dan negatif yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2. Selanjutnya, nilai sentimen tersebut dikombinasikan dengan rating bintang untuk menghasilkan bobot akhir (*weight*) yang lebih komprehensif, karena tidak hanya mencerminkan penilaian numerik, tetapi juga konteks emosional dan pengalaman wisatawan. Dengan demikian, pembobotan rute tidak lagi bersifat statis, melainkan mampu menangkap preferensi pengguna secara lebih realistis berdasarkan data rating sekaligus persepsi yang terekam dalam teks ulasan.

3.5. Implementasi *Algoritma Ant Colony Optimization* (ACO)

Algoritma ACO dijalankan sebanyak 100 iterasi dengan jumlah semut sebanyak 50 semut per iterasi. Parameter ACO yang digunakan, seperti nilai α , β , dan ρ (tingkat penguapan feromon), ditentukan berdasarkan eksperimen awal. Hasil dari algoritma ini adalah jalur terbaik yang melewati beberapa destinasi dengan waktu tempuh yang optimal dan akumulasi rating yang tinggi.

```

16  # Parameter ACO
17  start_index = 4
18  time_limit = 240
19  n_ants = 50
20  n_iterations = 100
21  alpha = 1
22  beta = 2
23  rho = 0.1
24  Q = 100

```

Gambar 3. Parameter Implementasi Ant Colony Optimization

Pada Gambar 3 di atas menampilkan pengaturan parameter algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) yang digunakan dalam penelitian untuk merekomendasikan rute wisata terbaik di Kota Makassar. Parameter-parameter tersebut berfungsi mengatur perilaku algoritma dalam proses pencarian rute optimal berdasarkan waktu tempuh dan rating serta ulasan destinasi. Pemilihan parameter menjadi faktor yang sangat menentukan kualitas solusi yang dihasilkan. Parameter yang digunakan meliputi jumlah semut (n_ants) sebanyak 50, jumlah iterasi ($n_iterations$) sebanyak 100, nilai α (α) sebesar 1, β (β) sebesar 2, ρ (ρ) sebesar 0,1, serta konstanta Q sebesar 100. Penggunaan kombinasi nilai $\alpha = 1$ dan $\beta = 2$ memberikan keseimbangan yang baik antara eksplorasi jalur baru dan pemanfaatan informasi feromon yang telah ada [12].

Penelitian ini menetapkan titik awal perjalanan wisata pada indeks ke-4, berdasarkan pada salah satu lokasi wisata dalam daftar. Batas waktu perjalanan ditetapkan selama 240 menit (4 jam), sehingga rute yang dihasilkan tidak boleh melebihi waktu tersebut. Jumlah semut virtual yang digunakan dalam simulasi ACO adalah 50 semut, dan proses pencarian solusi dilakukan selama 100 iterasi untuk memastikan kestabilan dan optimalitas hasil.

Parameter pengaruh feromon, yaitu α , diset pada nilai 1, yang menunjukkan bahwa jejak feromon cukup diperhitungkan dalam proses pemilihan rute. Sementara itu, β bernilai 2, yang berarti algoritma lebih mengutamakan informasi heuristik seperti nilai rating serta ulasan dan efisiensi waktu tempuh dalam proses eksplorasi jalur. Tingkat evaporasi feromon diatur dengan nilai ρ sebesar 0.1, agar feromon yang terlalu dominan dapat menguap secara bertahap, mencegah algoritma terlalu cepat terjebak pada satu solusi. Terakhir, Q bernilai 100, yang digunakan sebagai konstanta dalam menentukan jumlah feromon yang ditinggalkan semut setelah menyelesaikan rutenya.

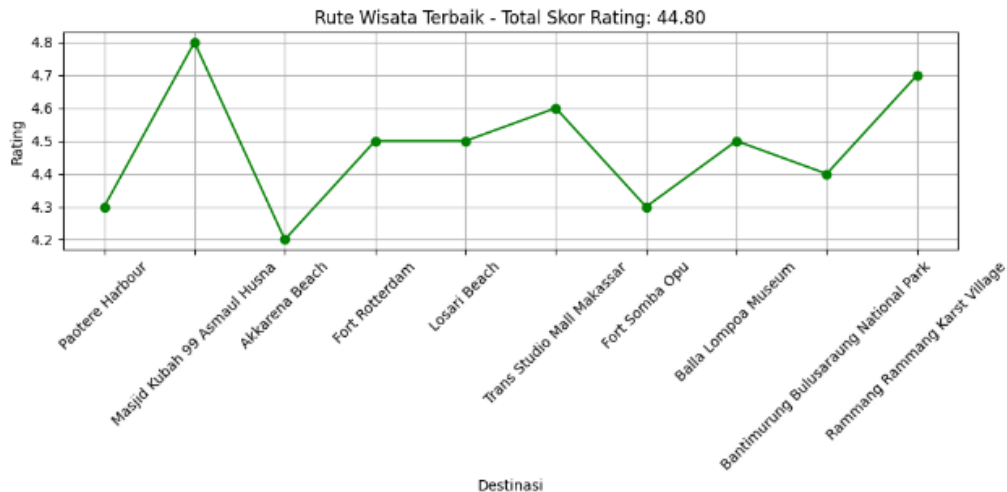
```

1  import pandas as pd
2  import numpy as np
3  import matplotlib.pyplot as plt
4  import random

```

Gambar 4 Library Python

Dalam implementasi ACO pada penelitian ini, digunakan beberapa *library Python* sebagai *tools* utama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. *Pandas* digunakan untuk membaca dan mengelola dataset berupa *time matrix* dan data ulasan/rating destinasi wisata, sehingga memudahkan dalam melakukan pemrosesan data tabular. *NumPy* berperan penting dalam perhitungan numerik, terutama untuk operasi matriks seperti representasi *pheromone*, *heuristic*, serta perhitungan jarak antar lokasi yang membutuhkan efisiensi komputasi tinggi. *Matplotlib* digunakan sebagai *library* visualisasi, baik untuk menampilkan grafik rute wisata terbaik berdasarkan skor rating maupun untuk memvisualisasikan *pheromone matrix* setelah iterasi ACO. Selain itu, modul *random* dimanfaatkan untuk proses pemilihan probabilistik pada algoritma ACO, yaitu dalam menentukan kota/lokasi berikutnya yang dikunjungi oleh semut berdasarkan distribusi probabilitas. Kombinasi keempat *library* ini memberikan dukungan penuh mulai dari tahap pengolahan data, perhitungan algoritma optimasi, hingga visualisasi hasil sehingga implementasi ACO dapat berjalan secara komprehensif dan mudah dipahami.



Gambar 5. Hasil Rute Optimal

Gambar 5 di atas menunjukkan hasil akhir rute wisata terbaik yang dihasilkan oleh algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO), dengan 100 kali iterasi dan batasan waktu 240 menit serta mengintegrasikan bobot berdasarkan rating bintang dan ulasan tiap destinasi wisata di Kota Makassar. Grafik menampilkan urutan destinasi yang dipilih oleh algoritma dari kiri ke kanan, serta nilai rating masing-masing destinasi pada sumbu vertikal.

Grafik menunjukkan total skor rating dan ulasan kumulatif dari seluruh destinasi yang ada dalam rute, yaitu 44.80, yang merupakan jumlah dari seluruh rating bintang dan ulasan pengguna pada rute terpilih. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma ACO tidak hanya mempertimbangkan efisiensi jalur dari segi waktu atau jarak, tetapi juga mengoptimalkan kualitas destinasi yang dilalui berdasarkan analisis sentimen pengguna.

3.6. Evaluasi dan Perbandingan

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan performa rute terbaik yang dihasilkan oleh model ACO berbasis analisis sentimen (model *hybrid*) dengan model konvensional yang hanya mempertimbangkan waktu tempuh. Hasil menunjukkan bahwa model berbasis analisis sentimen menghasilkan rute yang tidak hanya efisien secara waktu tetapi juga lebih disukai berdasarkan rating destinasi.

Tabel 4. Tabel Perbandingan Performa Rute

No.	Destinasi Awal	Time Limit (menit)	Model Hybrid	Model Konvensional
1	Paotere Harbour	240	44.80	35.70
2	Fort Rotterdam	240	44.80	35.70
3	Losari Beach	240	44.90	31.40
4	Akkarena Beach	240	44.50	31.30
5	Fort Somba Opu	240	44.80	35.70

Tabel 4 menampilkan hasil perbandingan performa antara Model *Hybrid* dan Model Konvensional dalam merekomendasikan rute wisata di Kota Makassar. Evaluasi dilakukan dengan lima titik awal perjalanan yang berbeda, yaitu: Paotere Harbour, Fort Rotterdam, Losari Beach, Akkarena Beach, dan Fort Somba Opu, dengan batas waktu perjalanan yang sama yaitu 240 menit untuk masing-masing simulasi.

Dari hasil yang ditampilkan, terlihat bahwa Model *Hybrid* secara konsisten menghasilkan total skor yang lebih tinggi, berkisar antara 44.50 hingga 44.90, dibandingkan Model Konvensional yang hanya mencapai skor antara 31.30 hingga 35.70. Nilai tertinggi Model *Hybrid* diperoleh saat rute dimulai dari Losari Beach, yakni sebesar 44.90. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi data rating dan ulasan ke dalam algoritma ACO mampu meningkatkan kualitas rekomendasi rute, karena mempertimbangkan tidak hanya kecepatan kunjungan, tetapi juga kualitas destinasi berdasarkan preferensi pengguna.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah model rekomendasi rute wisata di Kota Makassar dengan menerapkan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) yang dimodifikasi menggunakan pembobotan berdasarkan data rating bintang dan ulasan dari pengguna. Model ini mampu menghasilkan rute wisata yang tidak hanya efisien dari segi waktu tempuh, tetapi juga memperhatikan kualitas destinasi berdasarkan preferensi pengguna. Hasil implementasi menunjukkan bahwa model *hybrid* yang menggabungkan ACO dan rating bintang serta ulasan pengguna secara konsisten menghasilkan total skor rute yang lebih tinggi dibandingkan dengan model konvensional yang hanya mempertimbangkan waktu perjalanan. Nilai rata-rata skor rute dari model *hybrid* berada di kisaran 44.50 hingga 44.90, sedangkan model konvensional hanya mencapai 31.30 hingga 35.70. Ini menunjukkan bahwa pendekatan *hybrid* memberikan peningkatan signifikan terhadap kualitas rute yang dihasilkan.

Model ini dapat menjadi dasar pengembangan aplikasi panduan wisata berbasis sistem cerdas yang mampu meningkatkan pengalaman perjalanan wisatawan dengan mempertimbangkan kombinasi efisiensi waktu dan kepuasan pengguna. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa data penilaian pengguna (rating/ulasan) memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas sistem rekomendasi rute wisata. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini dapat disempurnakan dengan menambahkan variabel lain seperti jam operasional destinasi, biaya tiket, atau tingkat keramaian untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih kontekstual dan adaptif terhadap kebutuhan wisatawan.

Daftar Rujukan

- [1] United Nations World Tourism Organization, "United Nations World Tourism Organization," 12 June 2025. [Online]. Available: <https://www.unwto.org/un-tourism-world-tourism-barometer-data>.
- [2] Badan Pusat Statistik, "Statistik Wisatawan Nasional 2024," Badan Pusat Statistik, 24 April 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/publication/2025/03/17/8f41f59ea24192828f6c7275/statistik-wisatawan-nasional-2024.html>. [Accessed 12 June 2025].
- [3] C. Huda, A. Ramadhan, A. Trisetyarso and E. Abdurachman, "Smart Tourism Recommendation Model: A Systematic Literature Review," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 12, pp. 167-174, 2021. DOI:10.14569/IJACSA.2021.0121222
- [4] I. Sustacha, J. F. Baños-Pino and E. D. Valle, "The role of technology in enhancing the tourism experience in smart destinations: A meta-analysis," *Journal of Destination Marketing & Management*, vol. 30, 2023. DOI:10.1016/j.jdmm.2023.100817
- [5] I. G. S. Mas Diyasa, "ANT COLONY OPTIMIZATION TO DETERMINE THE SHORTEST ROUTE OF TOURIST DESTINATIONS IN BALI : A CASE STUDY," *Jurnal Ilmiah Kursor*, vol. 11, no. 3, 2022. DOI:10.21107/kursor.v11i3.279
- [6] M. Badouch and M. Boutaounte, "Personalized Travel Recommendation Systems: A Study of Machine Learning Approaches in Tourism," *Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning and Neural Network*, vol. 3, no. 3, 2023. DOI:10.55529/jaimlnn.33.35.45
- [7] J. Ipmawati, S. Saifulloh and K. Kusnawi, "Analisis Sentimen Tempat Wisata Berdasarkan Ulasan pada Google Maps Menggunakan Algoritma Support Vector Machine," *Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 1, 2024. DOI:10.57152/malcom.v4i1.1066
- [8] B. Liu, *Sentiment Analysis and Opinion Mining*, Morgan & Claypool Publishers, 2012.
- [9] M. Dorigo, M. Birattari, C. Blum, L. M. Gambardella, F. Mondada and T. Stützle, "Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence," in *4th International Workshop*, Brussels, Belgium, 2004. DOI:10.1007/b99492
- [10] S. Liang, T. Jiao, W. Du and S. Qu, "An improved ant colony optimization algorithm based on context for tourism route planning," *PLOS ONE*, vol. 16, no. 9, 2021. DOI:10.1371/journal.pone.0257317
- [11] W. Khofifah, D. N. Rahayu and A. M. Yusuf, "Analisis Sentimen Menggunakan Naive Bayes Untuk Melihat Review Masyarakat Terhadap Tempat Wisata Pantai Di Kabupaten Karawang Pada Ulasan Google Maps," *Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 16, no. 4, p. 171–180, 2022. DOI:10.35969/interkom.v16i4.192
- [12] B.-C. Lin, Y. Mei and M. Zhang, "Automated design of state transition rules in ant colony optimization by genetic programming: a comprehensive investigation," *Memetic Computing*, vol. 17, no. 2, 2025. DOI:10.1007/s12293-025-00435-9