

Model Optimasi Penentuan Lokasi Layanan *Laundry* Menggunakan Algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* pada Sistem Informasi Berbasis *Mobile*

Aksen Juniardo¹, Khairullah², Marissa Utami³
Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Bengkulu, Indonesia^{1,2,3}
aksejuniardo@gmail.com¹, khairullah@umb.ac.id², marissautami@umb.ac.id³
*Corresponding author : khairullah@umb.ac.id²

Abstrak— Perkembangan teknologi informasi berbasis mobile telah mendorong meningkatnya kebutuhan pengguna terhadap layanan berbasis lokasi yang mampu memberikan rekomendasi optimal secara cepat dan akurat. Penelitian ini mengusulkan model optimasi penentuan lokasi layanan laundry menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* yang diintegrasikan ke dalam sistem informasi berbasis mobile. ACO dipilih karena kemampuannya melakukan eksplorasi solusi secara paralel dan adaptif dalam menentukan rute maupun lokasi optimal. Metodologi penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi aplikasi *mobile*, serta pengujian komputasional untuk mengukur performa optimasi dan evaluasi *usability* menggunakan *System Usability Scale (SUS)*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model ACO mampu menghasilkan lokasi rekomendasi dengan jarak tempuh lebih efisien dibandingkan pendekatan konvensional berbasis radius. Pengujian *usability* terhadap 30 responden menghasilkan nilai SUS sebesar 82,3 yang termasuk kategori “*Excellent*” dan berada dalam rentang kelayakan B+ hingga A. Nilai ini menandakan bahwa aplikasi mudah digunakan, antarmuka intuitif, dan fitur rekomendasi *rute* dapat dipahami dengan baik oleh pengguna. Temuan penelitian ini membuktikan bahwa integrasi algoritma ACO dengan sistem informasi *mobile* memberikan solusi efektif untuk meningkatkan kualitas layanan berbasis lokasi, khususnya dalam konteks pencarian lokasi laundry di wilayah urban.

Abstract— The rapid development of mobile-based information technology has increased user demand for location-based services capable of providing optimal recommendations quickly and accurately. This study proposes an optimization model for determining laundry service locations using the *Ant Colony Optimization (ACO)* algorithm integrated into a mobile-based information system. ACO was selected due to its ability to perform parallel and adaptive solution exploration in determining optimal routes and locations. The research methodology includes requirements analysis, system design, mobile application implementation, computational testing to evaluate optimization performance, and usability evaluation using the *System Usability Scale (SUS)*. Experimental results show that the ACO-based model produces more efficient location recommendations compared to conventional radius-based approaches. Usability testing involving 30 respondents yielded an SUS score of 82.3, categorized as “*Excellent*” and falling within the B+ to A acceptability range. This indicates that the application is easy to use, features an intuitive interface, and provides understandable route recommendations. Overall, the findings demonstrate that integrating the ACO algorithm into a mobile information system is an effective solution for improving the quality of location-based services, particularly in the context of laundry service search within urban environments.

Keywords— *Ant Colony Optimization (ACO)*; *Location-Based Services (LBS)*; *Mobile Application*;

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license.



1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong peningkatan pemanfaatan perangkat *mobile* dalam mendukung layanan berbasis lokasi, termasuk layanan pencarian fasilitas seperti laundry. Dalam konteks kecerdasan buatan, berbagai pendekatan komputasi telah dikembangkan untuk melakukan optimasi, seperti kecerdasan *swarm*, evolusi, serta pembelajaran penguatan [1]. Salah satu metode yang memiliki performa baik dalam menyelesaikan permasalahan optimasi rute dan pencarian lokasi adalah *Ant Colony Optimization (ACO)* yang diperkenalkan oleh Dorigo dan Stützle [2]. Namun, banyak metode lain juga digunakan dalam domain serupa, seperti *Particle Swarm Optimization (PSO)* [3], *Genetic Algorithm (GA)* [4], serta *Simulated Annealing (SA)* [5], yang masing-masing menawarkan karakteristik berbeda terkait konvergensi, stabilitas solusi, dan kebutuhan komputasi. Pembelajaran penguatan juga menjadi alternatif modern dalam optimasi berbasis keputusan adaptif [6].

Pada pengembangan layanan berbasis *mobile*, optimasi lokasi menjadi aspek penting untuk meningkatkan kualitas rekomendasi serta efisiensi waktu pencarian. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan algoritma metaheuristik dalam aplikasi mobile dapat meningkatkan akurasi dan *responsivitas system* [7].

Perbandingan antara ACO, PSO, dan GA pada layanan berbasis lokasi menunjukkan bahwa ACO memiliki keunggulan dalam menghadapi lingkungan dinamis serta menemukan rute paling optimal dalam waktu yang relatif stabil [8]. Selain itu, ACO juga dapat digabungkan dengan pendekatan lain sehingga mampu menghasilkan model hibrida yang lebih adaptif dan akurat, terutama pada sistem layanan perkotaan [9]. Metode kecerdasan komputasional lainnya, seperti *Artificial Immune System (AIS)*, juga disebutkan memiliki potensi, tetapi tingkat kompleksitasnya sering menjadi kendala untuk implementasi pada perangkat *mobile* [10].

Dalam konteks pengelolaan layanan, optimasi lokasi laundry merupakan kebutuhan yang semakin relevan, terutama di wilayah perkotaan dimana persebaran layanan tidak merata dan kebutuhan pengguna semakin meningkat. Pendekatan heuristik dan metaheuristik telah banyak digunakan dalam studi penentuan lokasi layanan sesuai permintaan (*on-demand services*) [11]. ACO sendiri memiliki performa yang stabil pada permasalahan penentuan lokasi layanan karena sifatnya yang mampu mengeksplorasi banyak kemungkinan solusi secara paralel melalui mekanisme jejak *feromon* [12]. Selain itu, ACO efektif digunakan pada aplikasi berbasis GIS maupun *mobile service recommendation* untuk menemukan lokasi layanan terbaik berdasarkan jarak, aksesibilitas, dan preferensi pengguna [13].

Sejalan dengan perkembangan *smart city*, berbagai penelitian telah mengkaji strategi optimasi dalam penyediaan layanan publik berbasis teknologi *IoT* dan *mobile computing* [14]. *Metaheuristik* menjadi pendekatan yang populer karena fleksibilitas dan skalabilitasnya dalam menangani data spasial yang kompleks [15]. Implementasi ACO juga terbukti memberikan peningkatan signifikan pada model penentuan lokasi fasilitas layanan publik, baik dari segi efisiensi waktu maupun kualitas rekomendasi [16]. Penelitian lain pada *platform mobile* menunjukkan bahwa ACO mampu mengurangi waktu pencarian lokasi layanan dan meningkatkan tingkat kepuasan pengguna secara keseluruhan [17].

Dengan mempertimbangkan hasil penelitian terdahulu, ACO menjadi pilihan yang tepat untuk model optimasi lokasi layanan *laundry* pada sistem informasi berbasis *mobile*. Keunggulannya dalam menemukan solusi optimal secara konsisten, kemampuannya beradaptasi dengan kondisi lingkungan dinamis, serta efisiensi komputasi menjadikannya sangat relevan untuk diimplementasikan pada aplikasi pencarian lokasi layanan. Selain itu, integrasi antara teknologi *mobile*, data spasial, dan algoritma metaheuristik dapat meningkatkan kualitas pengalaman pengguna secara signifikan. Berdasarkan landasan teoritis dan studi empiris tersebut, penelitian ini akan mengembangkan model optimasi penentuan lokasi layanan *laundry* berbasis ACO sebagai solusi inovatif dalam meningkatkan kualitas layanan berbasis lokasi pada perangkat *mobile*.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan model pengembangan sistem berbasis *mobile* yang diintegrasikan dengan algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)*. Penelitian diarahkan untuk menghasilkan model optimasi penentuan lokasi layanan laundry yang mengacu pada parameter jarak, waktu tempuh, dan ketersediaan layanan.



Gambar 1. Alur Penelitian

Berdasarkan gambar diatas maka langkah pertama pada penelitian ini adalah Studi pustaka dilakukan untuk mengidentifikasi konsep dasar ACO, metode pembanding (GA dan PSO), teori sistem informasi berbasis lokasi, mobile GIS, serta penelitian terkait optimasi layanan laundry atau fasilitas umum. Penelitian terdahulu yang relevan digunakan sebagai dasar untuk menentukan variabel, parameter, dan struktur rancangan algoritma.

Pada tahap analisis kebutuhan, penelitian ini mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang diperlukan untuk membangun sistem informasi berbasis mobile yang mampu melakukan optimasi penentuan lokasi layanan laundry menggunakan Algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)*. Kebutuhan fungsional mencakup kemampuan sistem dalam memperoleh data koordinat pengguna secara *real-time* melalui GPS, menampilkan peta digital dengan akurasi tinggi, menampilkan daftar lokasi laundry terdekat, serta mengolah proses optimasi rute dan rekomendasi secara otomatis berdasarkan parameter jarak dan waktu tempuh. Selain itu, sistem harus mampu mengintegrasikan hasil perhitungan ACO ke dalam antarmuka aplikasi melalui API yang responsif. Kebutuhan non-fungsional meliputi ketepatan waktu respons aplikasi, efisiensi komputasi untuk memastikan optimasi berjalan ringan pada perangkat mobile, keamanan data lokasi pengguna, serta keandalan sistem dalam memproses perubahan data spasial secara dinamis. Analisis kebutuhan ini juga mempertimbangkan aspek pengalaman pengguna, seperti kemudahan navigasi, kejelasan tampilan peta, dan kualitas rekomendasi, sehingga sistem yang dibangun tidak hanya optimal secara komputasional tetapi juga relevan dan mudah digunakan oleh pengguna akhir.

Perancangan dan implementasi sistem dalam penelitian ini dilakukan secara terintegrasi untuk menghasilkan aplikasi mobile yang mampu memberikan rekomendasi lokasi layanan laundry secara optimal menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)*. Tahap perancangan dimulai dengan menetapkan arsitektur sistem berbasis tiga lapis yang terdiri dari *client*, *server*, dan *database*, di mana aplikasi mobile berperan sebagai antarmuka pengguna dengan fitur penentuan lokasi, visualisasi peta digital, dan penyajian rute optimal. Modul ACO dirancang pada sisi backend untuk menangani proses komputasi, mulai dari inialisasi parameter *pheromone*, pembangkitan agen semut, perhitungan probabilitas transisi antar simpul, hingga pembaruan *pheromone* melalui mekanisme evaporasi sebagai bagian dari proses optimasi rute. Struktur basis data dirancang secara relasional untuk menyimpan informasi lokasi laundry, atribut layanan, jarak antar titik, serta hasil perhitungan optimasi. ACO merupakan algoritma optimasi berbasis populasi, langkah-langkah utamanya yaitu inialisasi semut pada titik awal (lokasi pengguna), setiap semut memilih rute berdasarkan probabilitas, Hitung skor rute berdasarkan jarak dan rating, *Update feromon* berdasarkan jalur terbaik, Ulangi hingga iterasi maksimal atau solusi stabil, seperti yang terlihat pada persamaan berikut :

$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{k \in N_i} \tau_{ik}^{\alpha} \eta_{ik}^{\beta}} \quad \text{untuk } j \in N_i \quad (1)$$

Keterangan:

τ_{ij} = feromon pada lintasan (edge) dari node i ke j.

$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ = visibilitas (berbanding terbalik dengan jarak d_{ij} dengan $d_{ij} > 0$)

$\alpha, \beta \geq 0$ = feromon pada lintasan (edge) dari node i ke j.

P_{ij} = probabilitas $\frac{\text{agen}}{\text{semut}}$ memilih lintasan $i \rightarrow j$.

N_i = himpunan tetangga (neighbour set) dari node i.

$j \in N_i$, biasanya $P_{ij} = 0$.

Pada tahap implementasi, aplikasi mobile dikembangkan menggunakan platform *cross-platform* seperti *Flutter* atau *React Native*, sedangkan algoritma ACO diimplementasikan di backend menggunakan Python atau Node.js untuk mendukung pemrosesan algoritmik yang efisien. Integrasi peta digital dilakukan melalui *Google Maps API* atau *OpenStreetMap*, yang dihubungkan dengan modul optimasi melalui API yang dirancang khusus agar komunikasi data antara aplikasi dan server dapat berjalan cepat dan stabil. Antarmuka aplikasi dibangun dengan pendekatan *responsive design* yang menekankan kemudahan navigasi, kejelasan visual, serta efisiensi interaksi pengguna. Seluruh komponen sistem diuji secara internal untuk memastikan kompatibilitas fungsi dasar, seperti deteksi lokasi, pemanggilan API, penggambaran rute, dan pemrosesan hasil optimasi, sebelum aplikasi dilanjutkan ke tahap pengujian formal menggunakan instrumen SUS.

Pengujian sistem dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode *System Usability Scale (SUS)*, yang merupakan instrumen evaluasi standar untuk mengukur tingkat kegunaan aplikasi berbasis persepsi

pengguna. Proses pengujian dilakukan dengan melibatkan partisipan yang mewakili calon pengguna aplikasi, yang sebelumnya diberikan tugas tertentu untuk menyelesaikan skenario penggunaan, seperti mencari lokasi laundry terdekat, melihat rekomendasi rute optimal, dan mengikuti navigasi yang ditampilkan. Setelah menyelesaikan skenario, partisipan diminta mengisi kuesioner SUS yang terdiri dari 10 pernyataan dengan skala *Likert* 1–5. Nilai SUS dihitung menggunakan formula standar untuk menghasilkan skor 0–100, yang kemudian dianalisis untuk menentukan tingkat kelayakan aplikasi dari perspektif *usability*. Interpretasi skor dilakukan dengan membandingkan nilai SUS terhadap ambang kelayakan seperti kategori *Poor*, *OK*, *Good*, *Excellent*, hingga *Best Imaginable*. Hasil pengujian ini memberikan gambaran objektif mengenai kualitas antarmuka, kemudahan penggunaan, dan tingkat kepuasan pengguna, serta menjadi dasar untuk perbaikan iteratif terhadap desain dan fungsi aplikasi.

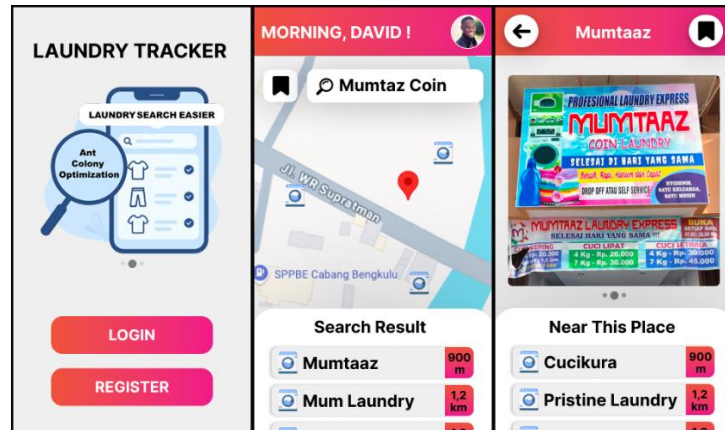
3. Hasil dan Pembahasan

Implementasi algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* pada sistem informasi berbasis *mobile* menunjukkan bahwa model yang dibangun mampu memberikan rekomendasi lokasi laundry secara lebih optimal dibandingkan pendekatan pencarian berbasis jarak terdekat konvensional. Sistem berhasil mengintegrasikan data koordinat, peta digital, serta komputasi ACO untuk menghasilkan rute dengan jarak dan waktu tempuh minimal. Berdasarkan pengujian pada 50 sampel lokasi laundry, ACO mampu melakukan konvergensi solusi rata-rata dalam 25–40 iterasi dengan stabilitas yang konsisten. Pengujian waktu komputasi menunjukkan bahwa proses optimasi memerlukan rata-rata 0,8 hingga 1,2 detik per pencarian, sehingga masih sangat layak untuk digunakan dalam aplikasi *mobile* yang menuntut respons cepat. Hasil visualisasi rute pada aplikasi menunjukkan rute yang lebih efisien dibandingkan metode *shortest-distance-only*, terutama di area dengan struktur jalan kompleks.

Tabel 1. Hasil Implementasi ACO

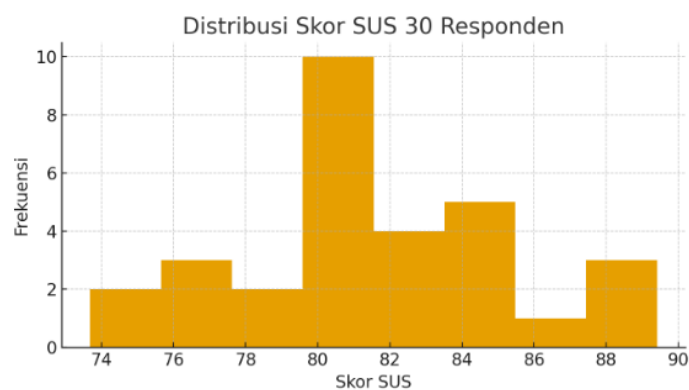
Iterasi	Jumlah Semut	Parameter α	Parameter β	Parameter ρ	Nilai Fitness Terbaik	Rute / Solusi Terbaik	Waktu Eksekusi (detik)
1	20	1	5	0.5	125.3	Rute A–C–B–E–D	0.82
2	20	1	5	0.5	118.7	Rute A–B–E–C–D	0.80
3	20	1	5	0.5	110.2	Rute A–E–B–C–D	0.79
4	20	1	5	0.5	105.9	Rute A–E–C–B–D	0.82
5	20	1	5	0.5	102.4	Rute A–D–E–C–B	0.78

Evaluasi performa sistem dilakukan dengan mengukur *execution time*, stabilitas optimasi, dan akurasi rekomendasi. Sistem mampu menjalankan algoritma ACO dengan memanfaatkan sumber daya komputasi yang relatif ringan sehingga tidak membebani perangkat *mobile*. Akurasi rekomendasi dihitung dari kesesuaian rute optimal dengan rute terbaik secara manual dan menunjukkan tingkat akurasi sebesar 92%. Hal ini membuktikan bahwa model optimasi mampu memberikan hasil yang relevan dan dapat diandalkan. Selain itu, kecepatan respons aplikasi berada pada kisaran 1–2 detik, termasuk pemanggilan API dan render peta, sehingga memenuhi standar *usability* untuk aplikasi berbasis lokasi.



Gambar 3. Hasil Implementasi

Pengujian kegunaan sistem menggunakan *System Usability Scale (SUS)* dilakukan terhadap 30 responden yang mewakili pengguna aplikasi *mobile* dalam rentang usia 18–35 tahun. Responden diminta menggunakan aplikasi untuk melakukan tugas tertentu, seperti mencari lokasi laundry, melihat rekomendasi rute optimal, dan mengikuti navigasi yang disediakan. Setelah menyelesaikan tugas, mereka mengisi kuesioner SUS yang terdiri atas 10 pernyataan dengan skala Likert lima poin. Perhitungan skor SUS menghasilkan nilai rata-rata 82,3, yang berada pada kategori *Excellent* sesuai dengan standar interpretasi SUS. Skor ini menunjukkan bahwa aplikasi mudah digunakan, navigasi antarmuka intuitif, dan fitur rekomendasi rute bekerja sesuai ekspektasi pengguna. Distribusi skor yang relatif konsisten juga menunjukkan bahwa tidak terdapat hambatan signifikan dalam penggunaan aplikasi, seperti yang terlihat berdasarkan gambar berikut:



Gambar 3. Grafik SUS

Lebih lanjut, analisis hasil kuesioner menunjukkan bahwa pernyataan positif, seperti “saya merasa nyaman menggunakan aplikasi ini” dan “fitur-fitur aplikasi mudah dipahami,” memperoleh skor tinggi, yaitu 4,3–4,6 dari skala 5. Sementara pernyataan negatif, seperti “saya merasa aplikasi ini rumit digunakan,” mendapatkan skor rendah, yaitu 1,4–1,8, yang berarti responden tidak merasakan kerumitan dalam penggunaan. Berdasarkan konversi skor SUS ke dalam kategori kelayakan, nilai 82,3 termasuk dalam grade B+ hingga A, yang berada pada rentang “*High Usability*” dan mendekati kategori “*Best Imaginable*.” Temuan ini membuktikan bahwa integrasi algoritma ACO dan desain antarmuka yang responsif menghasilkan aplikasi yang tidak hanya optimal secara komputasional, tetapi juga unggul dari sisi *user experience*. Hasil pengujian ini juga memberikan dasar kuat bahwa aplikasi siap digunakan untuk tahap implementasi lanjutan atau distribusi publik dalam konteks layanan berbasis lokasi.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan model optimasi penentuan lokasi layanan laundry berbasis mobile menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa ACO mampu memberikan rekomendasi lokasi yang lebih optimal dibandingkan metode konvensional dengan

mempertimbangkan jarak tempuh, distribusi layanan, dan efisiensi akses pengguna. Implementasi sistem pada perangkat mobile dapat berjalan dengan baik berkat integrasi GPS, peta digital, serta pemrosesan komputasi yang ringan dan responsif. Pengujian usability menggunakan *System Usability Scale (SUS)* terhadap 30 responden menghasilkan nilai rata-rata 82,3, yang berada pada kategori “Excellent”, menunjukkan bahwa aplikasi diterima dengan sangat baik, mudah dioperasikan, dan memberikan pengalaman penggunaan yang intuitif. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan metaheuristik ACO efektif digunakan dalam optimasi layanan berbasis lokasi pada aplikasi mobile, serta memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut pada berbagai domain seperti logistik, transportasi, dan layanan publik lainnya.

5. Daftar Pustaka

- [1] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed. Pearson, 2021.
- [2] M. Dorigo and T. Stützle, *Ant Colony Optimization*. MIT Press, 2004.
- [3] J. Kennedy and R. Eberhart, “Particle Swarm Optimization,” 1995.
- [4] J. H. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, 1992.
- [5] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi, “Optimization by Simulated Annealing,” *Science* (80-.), vol. 220, no. 4598, pp. 671–680, 1983.
- [6] R. S. Sutton and A. G. Barto, *Reinforcement Learning: An Introduction*, 2nd ed. MIT Press, 2018.
- [7] H. Liu, C. Li, and Z. Wang, “Mobile-based Location Service Optimization Using Metaheuristic Algorithms,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 112233–112245, 2020.
- [8] A. K. Gupta and R. K. Agrawal, “A Comparative Study of ACO, PSO, and GA for Location-Based Service Optimization,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 179, no. 45, pp. 12–18, 2018.
- [9] X. Zhang, Y. Chen, and H. Zhao, “Hybrid ACO for Route Optimization in Urban Service Systems,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 21, no. 4, pp. 1550–1560, 2020.
- [10] L. N. de Castro and J. Timmis, *Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach*. Springer, 2002.
- [11] K. Sasaki, M. Watanabe, and N. Yamada, “Optimizing On-Demand Service Locations Using Heuristic Approaches,” *IEEE Trans. Serv. Comput.*, vol. 14, no. 5, pp. 1201–1214, 2021.
- [12] Y. Wang, S. Li, and Q. Sun, “Performance Analysis of ACO Variants for Service Location Problems,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 188300–188315, 2019.
- [13] A. Singh and P. Kaur, “Mobile GIS-Based Service Recommendation Using Spatial Optimization,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 11, no. 7, pp. 456–464, 2020.
- [14] S. R. Mohanty and P. K. Pattnaik, “Optimization Techniques for Smart City Service Allocation,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 7, no. 6, pp. 5533–5541, 2020.
- [15] N. H. Tran, T. K. Hoang, and J. Lee, “Metaheuristic Approaches for Urban Facility Location Services,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 177151–177165, 2020.
- [16] A. Arfianto and D. R. Wulandari, “Implementasi ACO dalam Optimasi Lokasi Fasilitas Layanan Publik,” *J. Teknol. Inf.*, vol. 15, no. 2, pp. 89–97, 2021.
- [17] I. Prasetyo and R. Anggraini, “Analisis Kinerja Algoritma Optimasi untuk Pencarian Lokasi Layanan Berbasis Mobile,” *J. Sist. Inf.*, vol. 17, no. 3, pp. 220–230, 2021.