

# Pemetaan Titik Penumpukan Sampah di Kota Lhokseumawe Menggunakan Metode *Ant Colony Optimization*

Suhaeymi<sup>1</sup>, Rozzi Kesuma Dinata<sup>2\*</sup>, Zara Yunizar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik, Prodi Teknik Informatika, Universitas Malikussaleh, Aceh

\*Corresponding Email: rozzi@unimal.ac.id

## ABSTRAK

Penelitian ini mengimplementasikan *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk mengoptimalkan rute pengumpulan sampah di kawasan perkotaan. Implementasi menggunakan bahasa pemrograman PHP, JS, dan HTML menghasilkan aplikasi pemetaan interaktif yang memfasilitasi partisipasi masyarakat dalam identifikasi lokasi penumpukan sampah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan perhitungan ACO dengan parameter  $\alpha = 1.0$  untuk feromon dan  $\beta = 2.0$  untuk visibilitas, ditemukan rute pengumpulan sampah terbaik dengan total jarak 9.565 km. Rute dimulai dari "Pasar Ikan Cunda" (feromon 0.1, visibilitas 3.321146121) menuju "Samping terminal bus" (jarak 0.301 km), lalu berlanjut ke "Pasar Inpres" (feromon 0.1, visibilitas 0.814261078, jarak 1.228 km), "Pasar Pusong Lama" (feromon 0.1, visibilitas 0.611779235, jarak 1.635 km), "Waduk Lhokseumawe di belakang gereja" (feromon 0.1, visibilitas 1.854365059, jarak 0.539 km), dan berakhir di "Politeknik Negeri Lhokseumawe" (feromon 0.1, visibilitas 0.170600122, jarak 5.862 km). Setiap langkah menunjukkan pilihan semut berdasarkan probabilitas yang dihitung, dimulai dari probabilitas tertinggi 0.922322 di langkah pertama hingga probabilitas terendah 0.006391 di langkah terakhir. Dengan adanya penelitian ini menggarisbawahi efisiensi rute yang dihasilkan oleh ACO serta membuktikan bahwa algoritma *bio-inspired* seperti ACO dapat diterapkan secara efektif untuk masalah logistik nyata, memberikan solusi yang responsif dan adaptif terhadap dinamika lingkungan perkotaan.

**Kata Kunci:** ACO, Pemetaan, Titik Sampah, Feromon, Visibilitas, Rute

## ABSTRACT

This research implements *Ant Colony Optimization* (ACO) to optimize waste collection routes in urban areas. The implementation utilizes the PHP, JS, and HTML programming languages, resulting in an interactive mapping application that facilitates community participation in identifying garbage accumulation locations. The research findings indicate that by employing ACO calculations with parameters  $\alpha = 1.0$  for pheromones and  $\beta = 2.0$  for visibility, the best waste collection route was identified with a total distance of 9.565 km. The route begins at "Cunda Fish Market" (pheromone 0.1, visibility 3.321146121) heading towards "Beside the bus terminal" (distance 0.301 km), then continues to "Inpres Market" (pheromone 0.1, visibility 0.814261078, distance 1.228 km), "Pusong Lama Market" (pheromone 0.1, visibility 0.611779235, distance 1.635 km), "Lhokseumawe Reservoir behind the church" (pheromone 0.1, visibility 1.854365059, distance 0.539 km), and concludes at "Lhokseumawe State Polytechnic" (pheromone 0.1, visibility 0.170600122, distance 5.862 km). Each step reflects ant choices based on calculated probabilities, starting from the highest probability of 0.922322 in the first step to the lowest probability of 0.006391 in the last step. This research underscores the efficiency of the routes generated by ACO and demonstrates that *bio-inspired* algorithms such as ACO can be effectively applied to real logistics problems, providing responsive and adaptive solutions to the dynamics of urban environments.

**Keywords:** ACO, Mapping, Waste Points, Pheromones, Visibility, Routes

## 1. PENDAHULUAN

Kota Lhokseumawe, seperti banyak kota lain di seluruh dunia, menghadapi tantangan serius dalam pengelolaan limbah dan sampah. Pertumbuhan populasi yang pesat telah meningkatkan produksi sampah, tetapi infrastruktur pengelolaan sampah yang ada tidak cukup efisien untuk menanganinya. Hal ini

menghasilkan masalah pencemaran lingkungan, penyebaran penyakit, dan penurunan kualitas hidup masyarakat. Untuk mengatasi masalah ini, perlu kerja sama antara pemerintah, masyarakat, dan pemangku kepentingan dalam mengembangkan solusi yang lebih berkelanjutan.

Dalam menghadapi tantangan pengelolaan sampah yang rumit, implementasi Sistem Informasi Geografis (GIS) menjadi sangat penting. GIS memungkinkan pemetaan lokasi penumpukan sampah, pengawasan distribusi sampah, dan perencanaan rute pengangkutan yang optimal. Dalam penelitian ini, metode Ant Colony Optimization digunakan untuk menentukan titik penumpukan sampah berdasarkan pola pergerakan dan penyebaran sampah yang teramati. Metode ini memiliki keunggulan dalam menghasilkan rute pengangkutan yang efisien, mengoptimalkan penempatan titik penumpukan sampah, dan memberikan informasi berharga bagi pengambil keputusan.

Penelitian ini memiliki manfaat besar bagi Kota Lhokseumawe, seperti pemetaan yang akurat mengenai titik-titik penumpukan sampah, yang membantu pemerintah merumuskan kebijakan yang lebih efektif. Selain itu, penelitian ini juga dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan citra kota dalam hal kebersihan dan lingkungan. Studi lain juga menunjukkan bahwa metode *Ant Colony Optimization* dapat digunakan dalam berbagai konteks, seperti mencari lokasi tempat ibadah terdekat dan pencarian obat berbasis web, untuk memberikan manfaat yang lebih efisien bagi masyarakat.

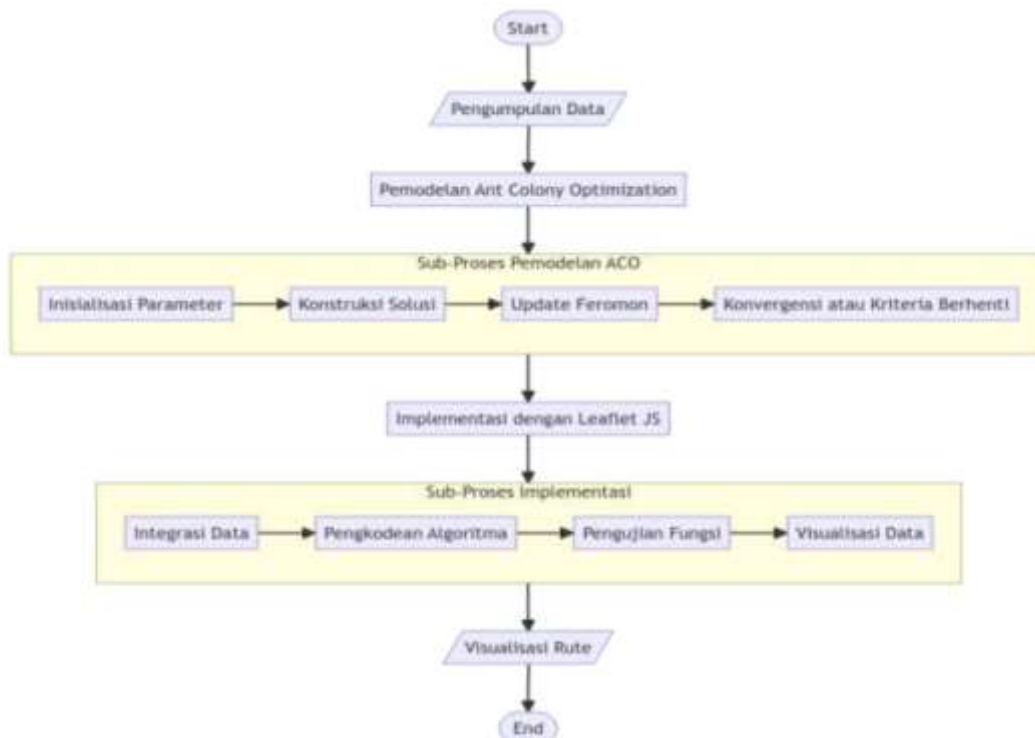
**2. METODE PENELITIAN**

**2.1 Metodologi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Kota Lhokseumawe dengan tujuan memetakan lokasi penumpukan sampah. Penelitian berlangsung dari Juli 2023 hingga penelitian selesai, untuk memastikan pemetaan menyeluruh dan detail. Metode pengumpulan data mencakup survei lapangan, pemantauan citra satelit atau drone, dan analisis data geospasial. Data yang dikumpulkan mencakup jenis sampah, volume, dan kondisi lingkungan sekitar. Proses analisis data melibatkan pengolahan data, identifikasi pola penumpukan sampah, visualisasi data dalam bentuk peta atau grafik, dan interpretasi hasil.

**2.2. Skema Sistem**

Berikut ini merupakan skema sistem pemetaan lokasi penumpukan sampah di Kota Lhokseumawe yang disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Skema Sistem

Proses pengembangan sistem pemetaan dan pengelolaan penumpukan sampah menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dapat diuraikan sebagai berikut. Proses dimulai dengan pengumpulan data mengenai lokasi penumpukan sampah di Kota Lhokseumawe dan akuisisi peta digital kota. Kemudian, dalam tahap pemodelan ACO, dilakukan inisialisasi parameter, konstruksi solusi oleh semut, update nilai feromon, dan penentuan kriteria berhenti untuk algoritma. Setelah itu, dilanjutkan dengan implementasi menggunakan Leaflet JS, yang melibatkan integrasi data lokasi sampah ke dalam peta digital, pengkodean algoritma ACO, pengujian fungsi, dan visualisasi data pada peta digital. Hasil akhir berupa visualisasi rute pengumpulan sampah yang dapat dilihat dan dianalisis oleh pengguna. Proses selesai ketika sistem siap untuk diimplementasikan atau dievaluasi lebih lanjut.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Dataset

Berikut adalah data yang digunakan dalam Penelitian ini merupakan data lokasi penumpukan sampah di beberapa titik yang ada di sekitaran kota Lhokseumawe.

Titik Penumpukan :

- Pasar Pusong Lama
- Pasar Inpres
- Samping Terminal Bus
- Pasar Ikan Cunda
- Politeknik Negeri Lhokseumawe
- Waduk Lhokseumawe Di Belakang Gereja

Kemudian berikut jarak antar titik yang ditampilkan pada Tabel 1.

**Table 1.** Jarak Antar titik

Titik Awal	Titik Akhir	Jarak (km)
Pasar Pusong Lama	Pasar Inpres	1,6346
Pasar Pusong Lama	Samping terminal bus	2,3799
Pasar Pusong Lama	Pasar Ikan Cunda	2,436
Pasar Pusong Lama	Politeknik Negeri Lhokseumawe	5,9079
Pasar Pusong Lama	Waduk Lhokseumawe di belakang gereja	0,5393
Pasar Inpres	Pasar Pusong Lama	1,6346
Pasar Inpres	Samping terminal bus	1,2281
Pasar Inpres	Pasar Ikan Cunda	1,4624
Pasar Inpres	Politeknik Negeri Lhokseumawe	7,1385
Pasar Inpres	Waduk Lhokseumawe di belakang gereja	1,3648
Samping terminal bus	Pasar Pusong Lama	2,3799
Samping terminal bus	Pasar Inpres	1,2281
Samping terminal bus	Pasar Ikan Cunda	0,3011
Samping terminal bus	Politeknik Negeri Lhokseumawe	6,9241
Samping terminal bus	Waduk Lhokseumawe di belakang gereja	1,894
Pasar Ikan Cunda	Pasar Pusong Lama	2,436
Pasar Ikan Cunda	Pasar Inpres	1,4624
Pasar Ikan Cunda	Samping terminal bus	0,3011
Pasar Ikan Cunda	Politeknik Negeri Lhokseumawe	6,7026
Pasar Ikan Cunda	Waduk Lhokseumawe di belakang gereja	1,9224
Politeknik Negeri Lhokseumawe	Pasar Pusong Lama	5,9079
Politeknik Negeri Lhokseumawe	Pasar Inpres	7,1385
Politeknik Negeri Lhokseumawe	Samping terminal bus	6,9241

Politeknik Negeri Lhokseumawe	Pasar Ikan Cunda	6,7026
Politeknik Negeri Lhokseumawe	Waduk Lhokseumawe di belakang gereja	5,8617
Waduk Lhokseumawe	Pasar Pusong Lama	0,5393
Waduk Lhokseumawe	Pasar Inpres	1,3648
Waduk Lhokseumawe	Samping terminal bus	1,894
Waduk Lhokseumawe	Pasar Ikan Cunda	1,9224
Waduk Lhokseumawe	Politeknik Negeri Lhokseumawe	5,8617

**3.2 Hasil Perhitungan ACO**

A. Hasil Probabilitas

**Table 2.** Daftar Probabilitas

Titik Saat Ini	Titik Berikutnya	Probabilitas
Pasar Ikan Cunda	Samping terminal bus	0.922322
Samping terminal bus	Pasar Inpres	0.054484
Pasar Inpres	Pasar Pusong Lama	0.181562
Pasar Pusong Lama	Waduk Lhokseumawe di belakang gereja	0.821338
Waduk Lhokseumawe	Politeknik Negeri Lhokseumawe	0.006391

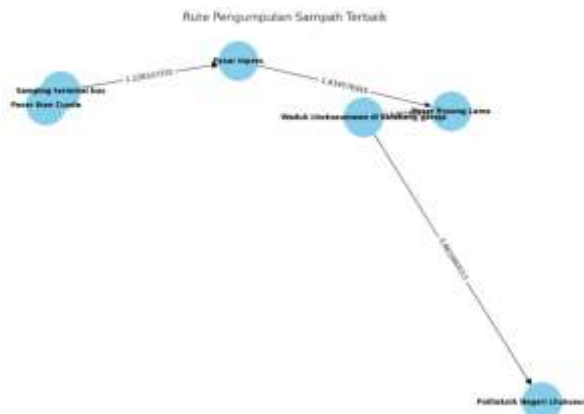
B. Hasil Akumulasi Rute

**Table 3.** Hasil Akumulasi Rute

Titik Saat Ini	Titik Berikutnya	Jarak (km)	Jarak Kumulatif (km)
Pasar Ikan Cunda	Samping terminal bus	0.301101	0.301101
Samping terminal bus	Pasar Inpres	1.228.107	1.529.208
Pasar Inpres	Pasar Pusong Lama	1.634.577	3.163.785
Pasar Pusong Lama	Waduk Lhokseumawe di belakang gereja	0.539268	3.703.053
Waduk Lhokseumawe di belakang gereja	Politeknik Negeri Lhokseumawe	5.861.661	9.564.713

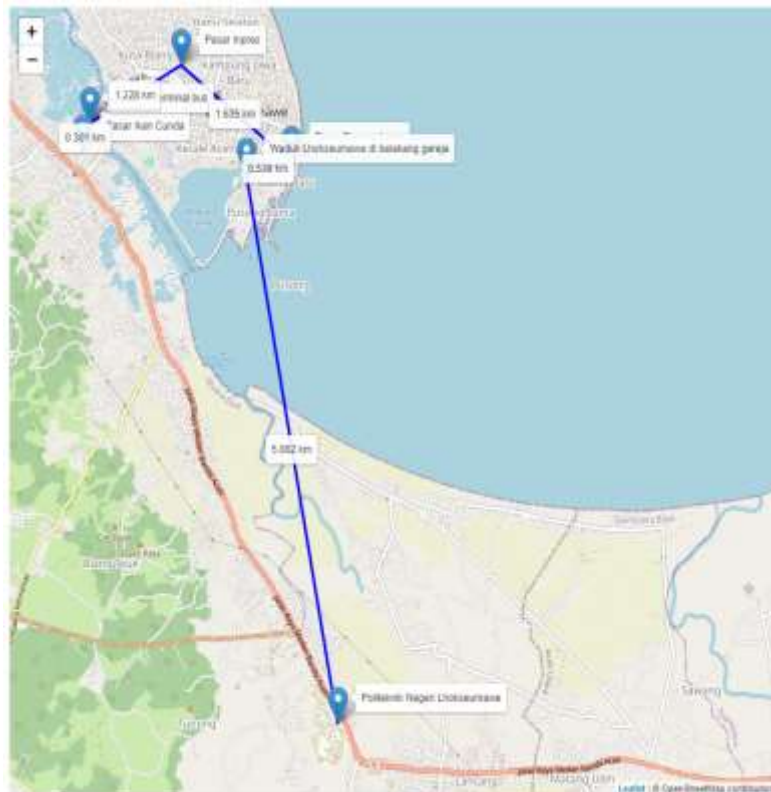
Hasil yang diperoleh dari simulasi rute pengumpulan sampah menggunakan metode Ant Colony Optimization (ACO) menunjukkan bahwa rute terbaik yang ditemukan oleh semut memiliki total jarak sekitar 9.565 km.

Dalam proses simulasi, setiap 4langkah perpindahan dari satu titik ke titik berikutnya dipilih berdasarkan probabilitas yang dihitung dari konsentrasi feromon dan visibilitas (kebalikan dari jarak) antara titik-titik tersebut.



**Gambar 1.** Penggambaran Rute

Rute yang dihasilkan dimulai dari "Pasar Ikan Cunda" dan berakhir di "Politeknik Negeri Lhokseumawe", melewati beberapa titik penting lainnya selama proses pengumpulan sampah. Rute ini adalah hasil dari simulasi yang dilakukan dan mencerminkan hanya salah satu dari banyak kemungkinan solusi yang dapat dihasilkan oleh ACO, yang dikenal akan kemampuannya untuk menemukan solusi optimal atau mendekati optimal dalam masalah pengoptimalan kombinatorial seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Rute Optimal

**4. SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO), kita mendapatkan wawasan mengenai dinamika feromon yang mempengaruhi pembentukan rute pengumpulan sampah. Matriks feromon, yang mencerminkan pengalaman sebelumnya dari semut-semut dalam menemukan jalur, memiliki nilai konstan 0.1 untuk setiap transisi antar titik dalam rute terbaik yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa, walaupun feromon diperbarui pada setiap iterasi berdasarkan keberhasilan rute sebelumnya, perubahan dalam konsentrasi feromon tidak terlalu fluktuatif. Ini mungkin mencerminkan adanya keseimbangan yang baik antara eksplorasi rute baru dan eksploitasi rute yang telah terbukti berhasil. Proses pemilihan rute yang dihasilkan mengarahkan semut dari "Pasar Ikan Cunda" ke "Samping terminal bus" dengan probabilitas tinggi sebesar 0.922322 dan jarak 0.301 km, kemudian ke "Pasar Inpres" dengan probabilitas 0.054484 dan jarak 1.228 km, berikutnya ke "Pasar Pusong Lama" dengan probabilitas 0.181562 dan jarak 1.635 km, lalu ke "Waduk Lhokseumawe di belakang gereja" dengan probabilitas 0.821338 dan jarak 0.539 km, dan akhirnya ke "Politeknik Negeri Lhokseumawe" dengan probabilitas yang sangat kecil sebesar 0.006391 namun dengan jarak yang signifikan sebesar 5.862 km, menutup perjalanan dengan jarak kumulatif 9.565 km. Kesimpulan dari hasil ini menekankan bahwa nilai feromon yang stabil bersamaan dengan faktor visibilitas yang menekankan rute terpendek memungkinkan ACO untuk menghasilkan solusi yang efisien dalam konteks pengumpulan sampah. Rute ini tidak hanya merefleksikan jarak yang pendek, tetapi juga mengoptimalkan penggunaan informasi feromon yang

merupakan hasil dari pembelajaran kolaboratif antara semut dalam sistem. Keseluruhan proses iterasi, yang menghasilkan probabilitas pemilihan rute dari 0.922322 hingga 0.006391, mendemonstrasikan bagaimana ACO dapat menyesuaikan diri dan memperbaiki jalur berdasarkan feedback terus-menerus, yang pada akhirnya mengarah pada penemuan rute terbaik yang efisien dalam hal jarak dan waktu.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurdin, Taufiq, and Fajriana, "Searching the shortest route for distribution of LPG in Medan city using ant colony algorithm," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 725, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/725/1/012121.
- [2] D. Nasution and R. Ramadhan Harahap, "Aplikasi Supply Chain Management Untuk Pengelolaan Distribusi Ayam Potong Pada PT.XYZ Dengan Menggunakan Metode Distribution Requirement Planning (DRP)," J. Inf. Komput. Log., vol. 2, no. 2, 2021, [Online]. Available: <http://ojs.logika.ac.id/index.php/jikl/article/view/71/82>
- [3] R. Sidik, M. Fitriawati, S. Mauluddin, and A. Nursikuwagus, "Model Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (Aco) Untuk Optimasi Sistem Informasi Penjadwalan Kuliah," J. Teknol. dan Inf., vol. 8, no. 2, 2018, doi: 10.34010/jati.v8i2.1257.
- [4] D. Udjulawa and S. Oktarina, "Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization Untuk Pencarian Rute Terpendek Lokasi Wisata," Klik - J. Ilmu Komput., vol. 3, no. 1, pp. 26–33, 2022, doi: 10.56869/klik.v3i1.326.
- [5] Dinata, R. K., Adek, R. T., Hasdyna, N., & Retno, S. (2023, August). K-nearest neighbor classifier optimization using purity. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2431, No. 1). AIP Publishing.
- [6] Hasdyna, N., Dinata, R. K., & Retno, S. (2023). Analysis of the Topsis in the Recommendation System of PPA Scholarship Recipients at Universitas Islam Kebangsaan Indonesia. *Jurnal Transformatika*, 21(1), 28-37.
- [7] Dinata, R. K., Retno, S., & Sofiana, G. A. (2023). CLASSIFICATION OF COLOR BLIND STUDENTS AT SMA NEGERI 1 LHOKSEUMAWE USING NAÏVE BAYES ALGORITHM. *MULTICA SCIENCE AND TECHNOLOGY (MST) JOURNAL*, 3(1), 147-153.
- [8] Retno, S., Dinata, R. K., Hasdyna, N. 2022. *Sistem E-Arsip Surat Berbasis Web Pada Dinas Komunikasi Informatika dan Persandian Kab. Aceh Tamiang*. Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, Vol 6, No 2. Pp 91-100.
- [9] Retno, S., Hasdyna, N. 2022. *Profile Matching in Government Scholarship Acceptance System for Student in Aceh Utara*. Journal of Informatics and Telecommunication Engineering, Vol 5, No 2. pp.268-275.
- [10] Retno, S., Dinata, R. K., & Hasdyna, N. (2023). Evaluasi model data chatbot dalam natural language processing menggunakan k-nearest neighbor. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 4(1), 146-153.
- [11] Saripuddin, M., Haslindah, A., Manatha, R., & Sartika, S. (2020). Sistem Informasi Perpustakaan Pada Universitas Islam Makassar Berbasis Web. *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 15(01), 13-16.
- [12] Leksono, P., & Nita, S. (2019, November). Rancang Bangun Sistem Informasi Konsultasi Medis Berbasis Website. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENATIK)* (Vol. 1, No. 1, pp. 55-60).
- [13] Rifkiyanto, I., & Hidayat, I. (2023). Perancangan Sistem E-Library Menggunakan PHP Di Mi Ad-Dzikir Pujer Kabupaten Bondowoso. *Jurnal Teknik Industri, Sistem Informasi dan Teknik Informati*
- [14] Hasdyna, N., Fajri, T. I., & Jabar, M. (2023). Sistem Penentuan Prioritas Penerima Rehab Rumah Dhuafa Menggunakan Metode TOPSIS Berbasis Web. *INFORMAL: Informatics Journal*, 8(1), 85-93.
- [15] Faisal, M. (2022). *PENERAPAN METODE SIMILARITY UNTUK MEMBUAT ALTERNATIF REKOMENDASI BUKU PADA SISTEM INFORMASI BERBASIS WEB* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Ponorogo).
- [16] Arsyani, R. (2021). *Pengembangan Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web di Perpustakaan SMK Negeri 5 Makassar* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Makassar).
- [17] Hasdyna, N., Rianda, A., Rahmat, T., & Rahmati, A. H. (2023). Portal Informasi Aset Distribusi Berbasis Web di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Lhokseumawe. *Jurnal Elektronika dan Teknologi Informasi*, 4(1), 41-48.
- [18] Suhatsyah, M., & Dadang, D. (2020). Sistem Informasi Pengelolaan Perpustakaan Berbasis Web Dengan Menggunakan Php & Mysql Pada Smp Swasta Bina Bangsa Meral Karimun. *JURNAL TIKAR*, 1(1), 58-65.
- [19] Fathurrahman, I., Suhartini, S., Ahmadi, H., & Fathurrahman, F. (2022). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lokasi Stunting Di Desa Gereneng Timur Berbasis Web. *Jurnal Komtika (Komputasi dan Informatika)*, 6(2), 122-132.
- [20] Farida, A. (2022). *Sistem Pemetaan Lokasi Penanggulangan Dan Pencegahan Penyakit Demam Berdarah Dengue Dengan Metode K-Means Clustering (Studi Kasus Di Puskesmas Binakal)* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Jember).