



Pemodelan Sistem Cerdas untuk Pemetaan dan Pendistribusian Bantuan dengan Algoritma Genetika

Eka Yulia Sari¹, Titik Rahmawati², V.Reza Bayu Kurniawan³

^{1,2}Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa

³Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa

Email author: eka.sari@ustjogja.ac.id, titik.rahmawati@ustjogja.ac.id, reza.kurniawan@ustjogja.ac.id

Article Info

Article history:

Received Januari 3, 2025

Revised Februari 17, 2025

Accepted June 28, 2025

Keywords:

First keyword

Second keyword

Third keyword

Fourth keyword

Fifth keyword

ABSTRACT (10 PT)

Efficient aid distribution is a major challenge in the distribution process. This study aims to design an intelligent system capable of mapping and distributing aid optimally with an algorithmic approach. The methodology used includes system modeling using the Unified Modeling Language (UML), the design of a relational database structure, and the design of a distribution algorithm based on priority criteria and logistics efficiency. UML is used to visually describe the system architecture, including use case, class, and activity diagrams. Database design is carried out to ensure data integrity and easy management of aid information, location, and recipient needs. The algorithm developed utilizes a heuristic approach to determine distribution routes and recipient priorities based on geographic location parameters. The results of this study are in the form of a prototype conceptual model that can be used as a basis for developing a technology-based intelligent system to support an adaptive and responsive aid distribution process.

Corresponding Author:

Eka Yulia Sari,

Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa

Jl. Miliran No. 16 Yogyakarta

Email: eka.sari@ustjogja.ac.id



1. INTRODUCTION

Yayasan senyum kita merupakan Lembaga non-profit yang berfokus pada Pendidikan dan pemberdayaan pemuda dengan tujuan berkontribusi dalam perbaikan kualitas Pendidikan anak yang kurang beruntung khususnya yatim atau dhuafa. Lembaga tersebut telah mendampingi 20 panti asuhan di Daerah Istimewa Yogyakarta dan melayani lebih dari 1000 anak yatim atau dhuafa. Salah satu program yang dijalankan adalah program beasiswa SEHATI yang memberikan bantuan logistik dan kebutuhan Pendidikan pada anak-anak yatim, dhuafa dan berkebutuhan khusus yang tidak mampu yang berada di daerah Solo, Klaten, Gunungkidul, Kulonprogo, Semarang, Jepara dan Papua. Setiap bulannya, tim dari Yayasan Senyum kita ditugaskan untuk mendistribusikan bantuan dana kepada adik asuh dampingan dari Yayasan Senyum Kita.

Adik asuh yang lokasinya disekitar Yogyakarta akan dikunjungi untuk mengecek kondisi dan menyalurkan dana bantuan.

Permasalahan yang sering terjadi pada saat pendistribusian dana bantuan adalah penentuan rute terbaik untuk masing-masing tim. Pemilihan rute yang dilalui untuk pendistribusian bantuan belum mempertimbangkan efisiensi biaya dan waktu karena dalam pemilihan rute masih secara manual dengan melihat peta Google Maps. Hal tersebut tidak efektif dalam menentukan lokasi mana saja yang akan dituju untuk penyaluran bantuan sehingga kadang tidak semua penyaluran bantuan ke adik asuh tidak dilakukan pada hari yang sama dan harus kembali dihari berikutnya. Biaya yang dikeluarkan untuk ongkos transport dihitung sesuai ongkos jalan dan biaya gaji tim untuk sehari. Jadi ketika pendistribusian bantuan tidak selesai akan dilanjutkan pada hari berikutnya. Tentunya hal tersebut kurang efektif dalam hal biaya dan waktu, maka diperlukan penentuan titik rute yang optimal. Penentuan jalur yang optimal akan membantu dalam pengambilan keputusan untuk memilih lokasi mana saja yang akan didatangi seharian. Pengoptimalan jalur pendistribusian perlu memperhatikan faktor-faktor penting seperti jarak tempuh dan waktu tempuh karena 2 faktor tersebut menjadi titik kritis dalam pemilihan rute pendistribusian (Setiawati et al., n.d.).

Masalah pemilihan rute distribusi dapat diselesaikan dengan bantuan teknologi karena dapat menghasilkan pilihan rute yang cepat dan akurat dengan pertimbangan beberapa parameter lain (Mutakhiroh et al., 2007). Pengembangan model komputer untuk penentuan rute minimum dalam sehari kunjungan dapat dilakukan dengan memanfaatkan algoritma dengan perhitungan matematis maupun algoritma metode heuristik. Beberapa algoritma dapat diterapkan seperti algoritma djikstraa (Wirabuana et al., 2021) algoritma bellman-Ford (Timofeeva et al., 2023), algoritma Bee Colony (Yilmaz et al., 2020), algoritma Semut (Huang et al., 2022), algoritma genetika (Karthikeyan et al., 2020) dan lainnya. Menurut (Ochelska-Mierzejewska et al., 2021), algoritma genetika menjadi pilihan yang baik untuk permasalahan rute kendaraan karena algoritma genetika dapat meminilansir biaya komputasi. Algoritma genetika merupakan algoritma pencarian solusi heuristic yang mengadopsi kemampuan makhluk hidup dalam melakukan seleksi alam untuk mencapai optimasinya. Pada algoritma ini terdapat parameter-parameter seperti ukuran polpulasi, jumlah generasi, probabilitas crossover dan probabilitas mutasi yang mempengaruhi solusi akhir dari proses pencarian nilai optimum. Parameter-parameter tersebut menjadi pengendali operator-operator genetik yang hasilnya algoritma genetika dapat menyelesaikan permasalahan yang tidak dapat terselesaikan dengan perhitungan matematika biasa (Sihombing et al., 2023).

Berdasarkan permasalahan diatas, Yayasan Senyum Kita dapat melakukan efisiensi biaya dan waktu dengan memanfaatkan teknologi yaitu mengembangkan model pemilihan rute terbaik dalam pendistribusian bantuan. Penentuan rute penyaluran bantuan secara konvensional yang selama ini dilakukan oleh Yayasan Senyum Kita dianggap kurang efektif dalam hal biaya dan waktu sehingga diperlukan sebuah sistem berbasis komputer sehingga rute optimal didapatkan secara cepat dan akurat. Berdasarkan analisis dari permasalahan yang dialami oleh Yayasan Senyum kita tersebut, penelitian ini bermaksud untuk membuat sebuah model rekomendasi rute optimal untuk pendistribusian bantuan adik asuh pada Yayasan Senyum Kita dengan melakukan analisis kuantitatif.

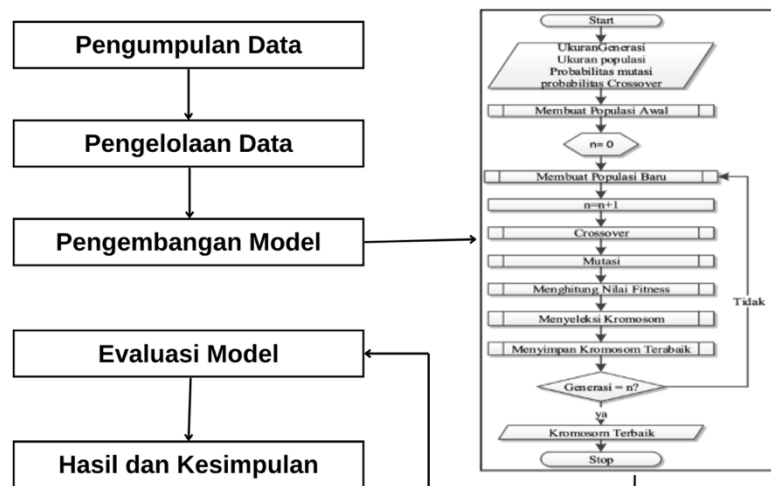
2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian sebelumnya, sudah banyak studi dalam penerapan algoritma untuk masalah TSP (*Travelling Salesman Problem*), seperti yang dilakukan oleh (Malik et al., 2023) yang berjudul "Optimalisasi Rute Pengiriman untuk *E-commerce*: aplikasi kurir berbasis web menggunakan algoritma simple hill climbing". Pada penelitian tersebut menghasilkan penyelesaian permasalahan TSP dengan algoritma Simple Hill Climbing memberikan solusi untuk meningkatkan efisiensi operasional. Penetapan algoritma genetika dalam permasalahan TSP juga dilakukan oleh (Ramadhani et al., 2025). Penelitian dengan judul "Optimization of the Shortest Route to Tourist Attractions in Tangerang Regency Using Genetic Algorithm with the Traveling Salesman Problem Approach" menghasilkan temuan yang menunjukkan bahwa pendekatan algoritma genetika mampu memberikan solusi optimal dengan mengefisienkan rute wisata dengan peningkatan efisiensi jarak perjalanan sebesar 49.5%. Penelitian berjudul "Implementation of Traveling Salesmen Problem Algorithm for Scheduling and Shortest Distance Optimization" yang dilakukan oleh (Ginting et al., 2021), telah mengaplikasikan metode heuristik TSP pada sistem informasi penjadwalan pengiriman air minum kemasan

berbasis web yang berdampak pada peningkatan pelayanan dan pemeliharaan serta meningkatkan jumlah pelanggan.

3. METHOD

Pada paper ini, kami menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dengan berbasis Algoritma Genetika untuk proses pencarian rute pendistribusian pada aplikasi cerdas kami. Pada penelitian ini, penulis bertujuan untuk membangun model sistem untuk pemetaan dan pendistribusian bantuan pada Yayasan Senyum Kita. Tahap dalam penelitian ini dengan algoritma genetika dapat dilihat pada dibawah ini.



Gambar 1. Tahap-tahap penelitian

3.1 PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data yang dilakukan dengan mempelajari dokumen dan wawancara dengan ketua Yayasan Senyum Kita. Penelitian ini menggunakan sample data adik asuh Yayasan Senyum Kita yang tersebar di daerah Yogyakarta dan Gunungkidul. Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode studi literatur dan wawancara. Wawancara sebagai teknik untuk menggali informasi permasalahan yang sedang dihadapi serta data yang dibutuhkan. Setelah dilakukan wawancara, peneliti melakukan studi literatur untuk mengumpulkan data informasi dan referensi berkaitan dengan algoritma genetika untuk pencarian rute pada penelitian sebelumnya. Data yang didapatkan berupa data alamat tempat tinggal adik asuh yang nantinya akan digunakan untuk menentukan titik koordinator. Titik koordinator ini untuk menentukan jarak antar lokasi satu dengan lainnya dengan menggunakan google maps.

3.2 PENGELOLAAN DATA

Pengelolaan data merupakan salah satu tahap krusial dalam penelitian ini, mengingat kualitas dan ketepatan data sangat memengaruhi performa sistem cerdas dalam melakukan pemetaan dan pendistribusian bantuan. Data yang kami gunakan merupakan data sekunder yang berupa data letak geografis dan data adik asuh yang diambil dari Yayasan Senyum Kita. Data geografis diperoleh dari sumber terbuka yaitu Google Maps API. Data yang terkumpul kemudian dibersihkan dari duplikasi, data kosong maupun data tidak valid serta format data yang tidak seragam. Kemudian data-data yang diperoleh digunakan untuk memodelkan penyimpanan data tersebut dengan diagram ERD (Entity Relational Diagram). Dimana ERD tersebut dapat menjadi acuan dalam mengembangkan database fisik. Selain itu, data yang telah didapatkan, diolah untuk dilakukan pemodelan dalam pencarian rute terbaik untuk pendistribusian bantuan. Kami menggunakan UML (*Unified Modeling Language*) sebagai alat untuk memodelkan sistem cerdas ini.

3.3 PENGEMBANGAN MODEL

Pengembangan model bertujuan untuk merancang dan memodelkan sistem cerdas yang mampu melakukan pemetaan dan pencarian rute terbaik untuk pendistribusian bantuan pada Yayasan Senyum Kita sehingga proses pendistribusian menjadi lebih efektif dan efisien. Aplikasi dibangun dengan memanfaatkan

algoritma kecerdasan buatan untuk memberikan rekomendasi pemilihan rute yang paling optimal. Kami memodelkan sistem cerdas ini dengan menggunakan algoritma genetika sebagai metode utama untuk menyelesaikan permasalahan pencarian rute optimal. Algoritma genetika dipilih karena kemampuannya dalam mencari solusi optimal dari ruang pencarian yang sangat besar dan kompleks, utamanya dalam konteks distribusi multi-titik dengan kendala waktu, kapasitas jalan dan kondisi jalan. Tahap dalam pencarian rute terbaik menggunakan Algoritma Genetika adalah :

- 1.) **Inisialisasi Populasi** : Tahap pertama adalah membangkitkan populasi awal yang terdiri dari sejumlah solusi acak. Setiap solusi, yang disebut kromosom, mewakili urutan rute distribusi ke berbagai lokasi bantuan. Setiap kromosom menyatakan urutan titik lokasi kunjungan dalam pendistribusian bantuan. Representasi kromosom dijelaskan dalam permutasi dari indeks titik lokasi di nyatakan sebagai kromosom v berikut :

$$V_i = [g1, g2, \dots, gN] \text{ dengan } 1 \leq i \leq UkPopulasi$$

- 2.) **Evaluasi Fitness** : Setiap kromosom dievaluasi menggunakan fungsi fitness untuk mengukur kualitas solusi. Dalam konteks distribusi bantuan, fungsi fitness biasanya mempertimbangkan jarak tempuh total. Semakin efisien rute, semakin tinggi nilai fitness-nya. Rumus perhitungan nilai *fitness* dari masing-masing kromosom yaitu :

$$F_{[k]} = j1 + j2 + \dots + jN$$

Setelah nilai fitness didapatkan, Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai probabilitas nilai fitness. Hasil perhitungan probabilitas fitness digunakan untuk tahap selanjutnya yaitu tahap seleksi. Permasalahan pencarian rute terbaik bertujuan untuk meminimalisir jarak, untuk itu perhitungan fitnessnya adalah inversi dari jarak. Rumus menghitung nilai probabilitas nilai fitness masing-masing kromosom adalah :

$$P_{[k]} = \frac{1}{Fitness_{[K,i]}}$$

3.) Seleksi

Tahap seleksi merupakan tahap dalam memilih kromosom yang akan dipertahankan pada populasi selanjutnya. Ada 2 teknik yang dapat digunakan dalam seleksi ini, yaitu *roulette*, turnamen atau perankingan. Pada penelitian ini, kami menggunakan Teknik *Roulette Wheel* sering dikenal dengan nama *stochastic sampling with replacement* yang memilih kromosom terbaik dengan cara menghitung setiap nilai kromosom dan membandingkannya dengan nilai kromosom lainnya. Metode ini memilih orang tua berdasarkan nilai kecocokannya (fitness). Kromosom yang terbaik memiliki presentasi dipilih yang lebih besar. Pencarian seleksi dapat dilakukan dengan Langkah-langkah :

1. Menghitung nilai fitness relative dengan rumus relatif : $P_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^{UkPop} F_i}$
2. Menghitung nilai fitness komulatif dengan rumus kumulatif : $q_1 = p_1$ dan $q_i = q_{(i-1)} + p_i, i = 2, 3, \dots, UkPop$
3. Membuat bilangan random yang memiliki nilai antara 0 sampai 1 ($0 < r < 1$).
4. Jika $r < q_1$ maka dipilih kromosom pertama, namun jika $q_1 < r < q_{(i+j)}$ dengan $j=(1, 2, \dots, UkPop)$ maka pilih kromosom ke- $i+j$.
5. Ulangi kedua Langkah hingga sebanyak kromosom dalam sebuah populasi.

4.) Crossover (Penyilangan)

Crossover merupakan tahap pindah silang yang dilakukan antar 2 kromosom untuk menghasilkan kromosom anak (*offspring*). Kromosom anak mewarisi Sebagian sifat kromosom parent. Pada penelitian ini, kami menggunakan metode *one point crossover* (Crossover satu titik). Proses ini

dilakukan secara acak untuk menentukan posisi persilangan dengan cara menukarkan bagian kanan dari titik potong kedua parent kromosom untuk menghasilkan kromosom anak.

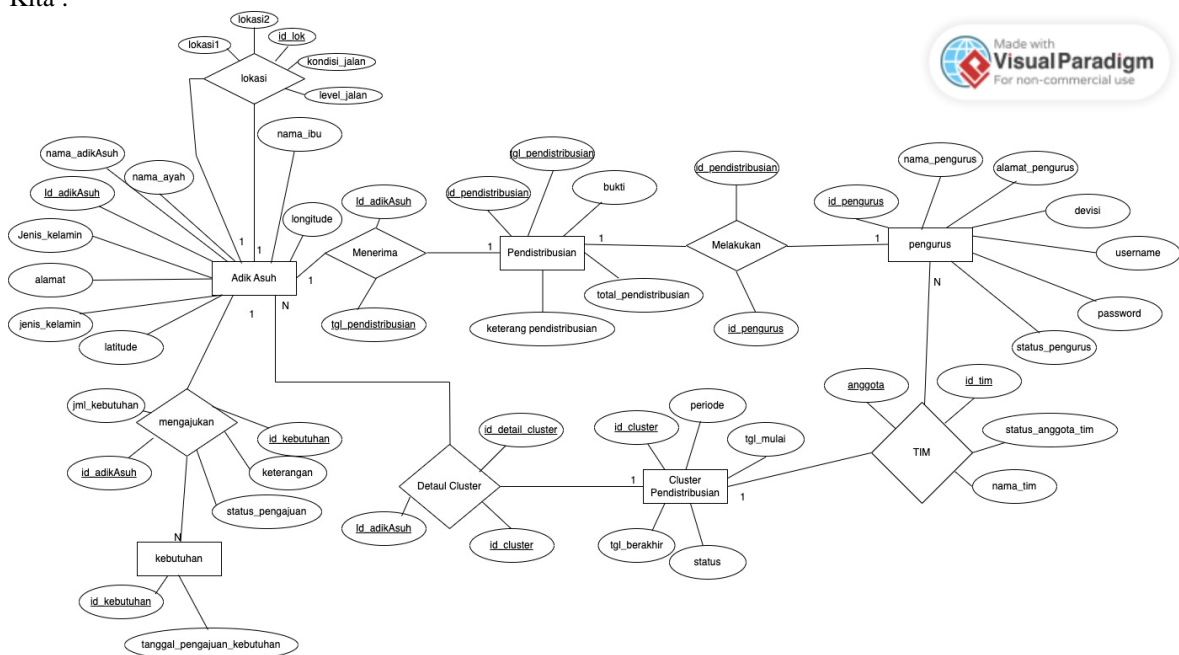
5.) Mutasi

Tahap selanjutnya adalah proses mutasi yang mengubah nilai gen dalam kromosom anak dari hasil crossover. Tujuan proses mutasi ini adalah memperoleh variasi individu baru dalam populasi generasi selanjutnya yang lebih baik. Pada proses ini, perlu diidentifikasi *mutation rate* yang diklasifikasikan menjadi dua, yaitu mutasi statis dan mutasi adaptif. Mutasi statis mempunyai parameter nilai mutasi rate yang konstan di seluruh generasi pencarian solusi. Sedangkan mutasi adaptif, parameter mutasi ratenya bergantung dari nilai fitness, nilai mutasi rate sebelumnya, atau berdasarkan banyak jumlah generasi.

4. RESULT DAN ANALISIS

4.1. Pemodelan Data

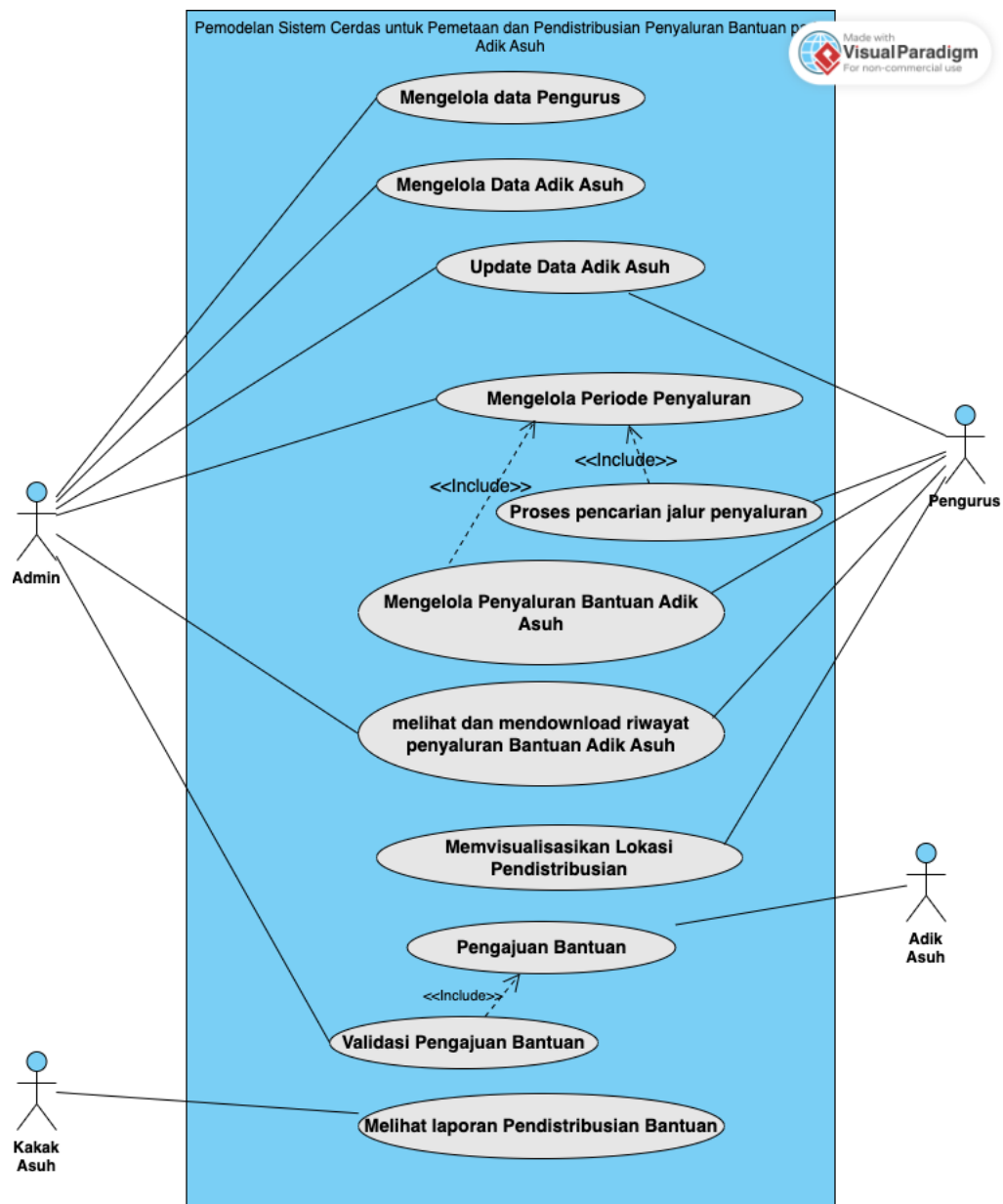
Pada penelitian ini, kami memodelkan data pada aplikasi cerdas ini menggunakan diagram ERD. Berikut desain ERD untuk Sistem Cerdas Pemantauan dan Pendistribusian Bantuan pada Yayasan Senyum Kita :



Gambar 2 Pemodelan Data dengan ERD

4.2 Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem dilakukan dengan menganalisis dan merancang menggunakan diagram UML (*Unified Modeling Language*). Berikut hasil pemodelan sistem dengan menggunakan Use Case Diagram :



Gambar 3 Pemodelan Sistem dengan Use Case Diagram

4.3 Pemodelan Pencarian Rute Optimal

Pada pemodelan pencarian rute optimal ini, kami menggunakan pseudocode sebagai representasi dari algoritma genetika yang diterapkan dalam sistem cerdas pemetaan dan pendistribusian bantuan pada Yayasan Senyum Kita. Berikut langkah-langkah dalam proses pencarian rute terbaik dengan algoritma genetika :

a. Inisialisasi Populasi

Pada tahap ini, populasi awal dilakukan inisialisasi dengan memperhitungkan populasi size dan Panjang kromosom. Berikut pseudocode untuk inisialisasi populasi awal :

```

Function InisialisasiPop(PopSize,PjgKromosom){
    populasi[]
    for i-> 1 - PopSize do{
        individu[]
        for i-> 1 - PjgKromosom do{
            gen = genRandom()
            individu.append(gen)
        }
        populasi.append(individu)
    }
    return populasi
}

```

Gambar 4 Pseudocode untuk Inisialisasi Populasi

b. Evaluasi Fitness

Seluruh kromosom menjalani proses evaluasi untuk mendapatkan nilai fitness dari masing-masing kromosom. Nilai fitness dapatkan dari proses pembobotan fitness dengan memperhatikan faktor jarak, kondisi jalan dan level kerumitan jalan. Kami menentukan bobot masing-masing faktor dengan nilai bobot, yaitu : Jarak diberi bobot 0.6, kondisi jalan diberi bobot 0.2 dan Level kerumitan jalan dengan bobot 0.1. Kami memberikan skala skor untuk parameter kondisi jalan dengan skala 1 (Sangat Macer), 2 (Padat) 3 (lengang). Pada faktor level kerumitan jalan, kami memberikan skala skor : 1 (Sangat Buruk), 2 (Sedang), dan 3 (Baik). Berikut rumus perhitungan fitness yang kami gunakan :

$$Bobot_{i-j} = (J_{i-j} * Bobot_{jarak}) + (K_{i-j} * Bobot_{KondisiJalan}) + (L_{i-j} + Bobot_{LevelKerumitanJalan})$$

Berikut pseudocode untuk menghitung fitness masing-masing individu:

```

Function HitungFitnes(Individu){
    TotalBobot=0;

    for i -> 0 - Length(Individu) do{
        jarakCityA = individu[i];
        jarakCityB = individu[i+1]
        SkalaKondisiJalanAB= SkorKondisiJalan[individu[i]][individu[i+1]]
        LevelKerumitanJalanAB = SkorLevelKerumitan[individu[i]][individu[i+1]]
        bobotIndividu[i][i+1]=((distance[individu[i]][individu[i+1]])*0,6)+(
            SkalaKondisiJalanAB*0,2)+(LevelKerumitanJalanAB*0,2)

        TotalBobot=TotalBobot+BobotIndividu[i][i+1]
        TotalBobot=TotalBobot+BobotMetrix[individu[Length(individu)-1]][individu[0]]
        fitness= 1/TotalBobot
    }
}

```

Gambar 5 Pseudocode untuk menghitung Fitness Individu

Berikut ini pseudocode untuk menghitung evaluasi fitness dalam populasi :

```

Function EvaluasiFitness(Populasi){
    FitnessList[]
    for each individu in populasi do {
        fitness=HitungFitnes(individu)
        fitnessList.append(fitness)
    }
    return fitnessList
}

```

Gambar 6 Pseudocode untuk menghitung evaluasi fitness dalam populasi

c. Seleksi

Pada tahap ini, dilakukan seleksi terhadap kromosom yang akan dipertahankan pada populasi selanjutnya dengan Teknik Roullate Wheel. Kami telah merancang pseudocode untuk tahap seleksi ini.

```

Function SeleksiRoullate(populasi, fitnessList, numSelections){
  IndTerpilih[]
  totalFitness = sum(fitnessList)
  for k -> 1 - numSelections do {
    r= rand(0,totalFitness)
    cumulative=0
    for i -> 0 - Length(populasi) - 1 do{
      cumulative = cumulative+fitnessList[i]
      if cumulative<=r then{
        IndTerpilih.Append(populasi[i])
        break
      }
    }
  }
  return IndTerpilih
}

```

Gambar 7 Pseudocode untuk Proses Seleksi Kromosom

d. Crossover

Selanjutnya dilakukan pembuatan pasangan kromosom induk secara acak dengan jumlah sebanyak setengah dari ukuran populasi kemudian ditentukan nilai probabilitas crossover yaitu sebesar 0.5. Pada proses crossover ini, kami menggunakan metode *one point crossover*. Berikut pseudocode untuk proses crossover ini :

```

function CrossoverOnePoint(parents,ProbCrossOver){
  keturunan[]
  for i -> 0 - Length(parents) - 1 step 2 do{
    parents1 =parents[i]
    parents2= parents[i+1]

    r = rand(0,1)

    if(r<ProbCrossOver) {
      point = randInteger(1, Length(parents) - 1)
      child1 = parents1[0 to point-1] + parents2[point to end]
      child2 = parents2[0 to point-1] + parents1[point to end]
    }else{
      child1 = parents1;
      child2 = parents2;
    }
    keturunan.append(child1)
    keturunan.append(child2)
  }
  return keturunan
}

```

Gambar 8 Pseudocode Proses One Point Crossover

e. Mutasi

Pada tahap mutasi ini, mengubah Sebagian kecil dari kromosom individu untuk menjaga keragaman genetika dan menghindari konvergensi prematur. Ada beberapa Teknik mutasi tergantung dari jenis

represents kromosomnya, pada penelitian ini kami menggunakan Teknik swap mutation untuk merepresentasikan urutan. Berikut pseudocode untuk proses mutasi ini :

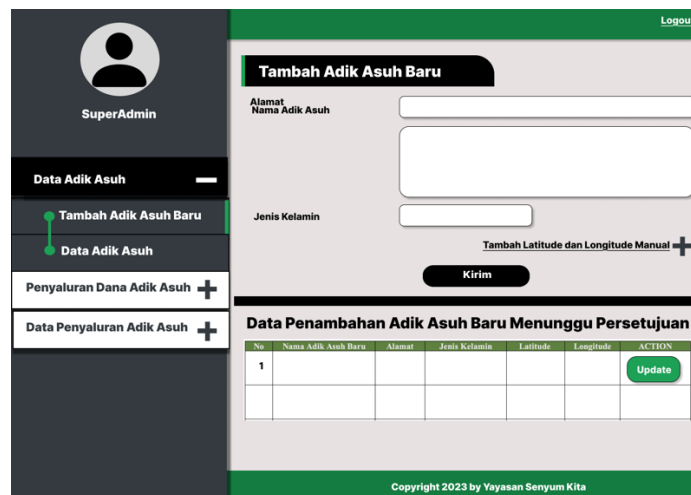
```

Function MutasiSwap(individu, mr){
  r = rand(0,1)
  if(r<mr){
    pos1 = randInt(0, Length(Individu) -1)
    pos2 = randInt(0, Length(Individu) -1)
  }

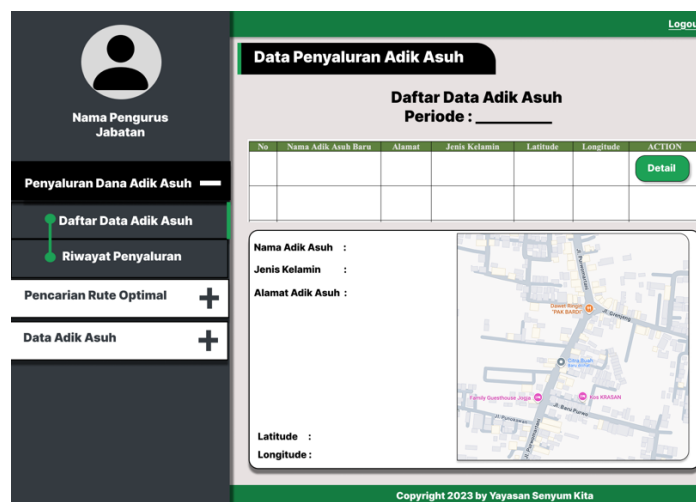
  While pos1=pos2 do{
    pos2 = RandInt(0, Length(Individu) -1)
    temp = individu[pos1]
    individu[pos1]= individu[pos2]
    individu[pos2]= temp
  }
  Return individu
}
    
```

Gambar 9 Pseudocode untuk Proses Swap Mutation

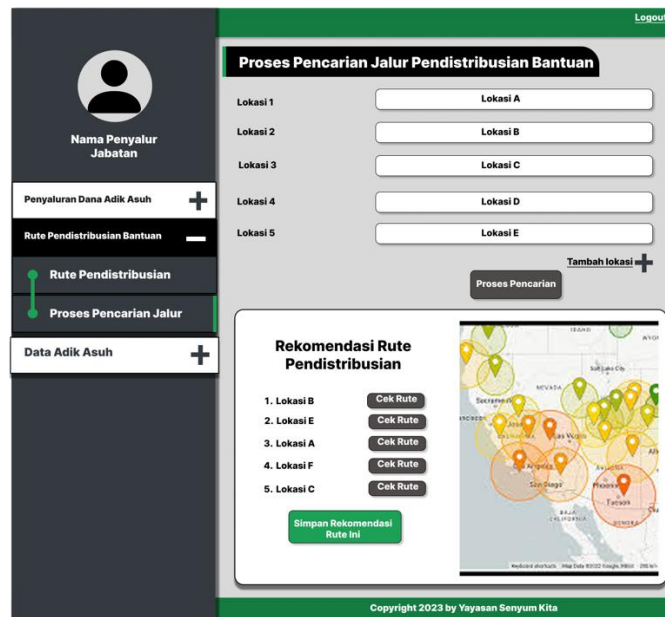
4.4 Pemodelan Antar Muka Sistem



Gambar 10 Desain Antar Muka Halaman Tambah Data Adik Asuh Baru



Gambar 11 Desain Antar Muka Halaman Melihat Detail Lokasi Adik Asuh



Gambar 12 Desain Antar Muka Halaman Proses Pencarian Rute Optimal untuk Pendistribusian Bantuan

5. DISCUSSION/CONCLUSION

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemodelan sistem cerdas untuk pemetaan dan pencarian rute optimal dalam pendistribusian dilakukan dengan pendekatan deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan proses bisnis dari aplikasi cerdas yang diusulkan, menghasilkan pemodelan data dengan ERD, Pemodelan sistem dengan UML (*Unified Modeling Language*) berupa Use Case Diagram, dan Pemodelan Algoritma dengan pseudocode.
2. Pemodelan aplikasi cerdas ini diharapkan mampu membantu Yayasan senyum kita dalam membangun aplikasi cerdas untuk pemetaan dan pendistribusian bantuan pada Yayasan Senyum Kita.

REFERENCES

- Ginting, N. B., Inawan, E., Afrianto, Y., & Muliawati, F. (2021). Implementation of Traveling salesman problem Algorithm for Scheduling and Shortest Distance Optimization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1088(1), 012079. doi: 10.1088/1757-899x/1088/1/012079
- Huang, S. H., Huang, Y. H., Blazquez, C. A., & Chen, C. Y. (2022). Solving the vehicle routing problem with drone for delivery services using an ant colony optimization algorithm. *Advanced Engineering Informatics*, 51. doi: 10.1016/j.aei.2022.101536
- Karthikeyan, P., & Priyadharshini.P. (2020). Personalized Route Finding System Using Genetic Algorithm. *Congress on Intelligent Systems, Proceedings of CIS 2020*, 1, 383–396. Retrieved from <http://www.springer.com/series/11156>
- Malik, A., Nirsal, N., Bantun, S., & Sari, J. Y. (2023). OPTIMALISASI RUTE PENGIRIMAN UNTUK E-COMMERCE: APLIKASI KURIR BERBASIS WEB MENGGUNAKAN ALGORITMA SIMPLE HILL CLIMBING. *SemanTIK: Teknik Informasi*, 9(2), 157. doi: 10.55679/semantik.v9i2.45346

- Mutakhiroh, I., Saptono, F., Hasanah, N., & Wiryadinata, R. (2007). PEMANFAATAN METODE HEURISTIK DALAM Pencarian Jalur Terpendek Dengan Algoritma Semut Dan Algoritma Genetika. In Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi.
- Ochelska-Mierzejewska, J., Poniszewska-Marańda, A., & Marańda, W. (2021). Selected genetic algorithms for vehicle routing problem solving. *Electronics (Switzerland)*, 10(24). doi: 10.3390/electronics10243147
- Ramadhani, R., Ramadhanu, R., & Fiddin, F. (2025). Optimization of the Shortest Route to Tourist Attractions in Tangerang Regency Using Genetic Algorithm with the Traveling Salesman Problem Approach. *Sistem Pendukung Keputusan Dengan Aplikasi*, 4(1), 29–37. doi: 10.55537/spk.v4i1.1125
- Setiawati, Y., Aditya Pradana, Y., Puspita Dewi, L., Qolbi Shobri, M., Syahriandi Adhantoro, M., Tri Buana Kurniaji, G., & Tri Romadloni, N. (n.d.). Penentuan Rute Optimal Wisata di Kota dan Kabupaten Madiun Menggunakan Algoritma Genetika. doi: 10.23917/jkk.v3i1.223
- Sihombing, D. E., & Ahyaningsih, F. (2023). Optimalisasi Rute Distribusi Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Algoritma Genetika Pada PT. Mual Natio Maju Bersama. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Pendidikan (JURRIPEN)*, 2(1).
- Timofeeva, O., Sannikov, A., Stepanenko, M., & Balashova, T. (2023). Modification of the Bellman–Ford Algorithm for Finding the Optimal Route in Multilayer Network Structures. *Computation*, 11(4). doi: 10.3390/computation11040074
- Wirabuana, R., Bella F, T., Ngatiqoh, R., & Fauzi, M. (2021). Pencarian Rute Terpendek pada Distribusi Produk dengan Metode Dijkstra DI PT. XYZ. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(7), 1341–1349. doi: 10.46799/jsa.v2i7.273
- Yilmaz, V., BÜYÜKYILDIZ, M., & BAYKAN, Ö. K. (2020). Optimization of Water Distribution Networks Using Artificial Bee Colony Algorithm. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1). doi: 10.28948/ngumuh.568917