

## Optimasi *Travelling Salesman Problem* Pada Angkutan Sekolah Menggunakan Algoritme Genetika (Studi Kasus : Sekolah MI Salafiyah Kasim Blitar)

Ivianti Sihaloho<sup>1</sup>, Imam Cholissodin<sup>2</sup>, Tibyani<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>ivasihaloho@gmail.com, <sup>2</sup>imamcs@ub.ac.id, <sup>3</sup>tibyani@ub.ac.id

### Abstrak

Berbagai aspek dalam kehidupan masyarakat saat ini berkembang pesat karena adanya teknologi informasi. Hal ini termasuk pada peningkatan kualitas, layanan yang disediakan oleh pihak sekolah bagi para siswa. Layanan yang disediakan oleh pihak sekolah yaitu angkutan bus sekolah. Angkutan sekolah merupakan fasilitas yang sangat penting bagi orang tua siswa yang sedang sibuk untuk menjemput anaknya di sekolah. Hal ini menjadi salah satu alasan bagi sekolah Madrasah Ibtidaiyah (MI) Salafiyah untuk meningkatkan kualitas layanan angkutan sekolah dengan melakukan optimasi rute sehingga pengantaran siswa dapat dilakukan lebih baik. Optimasi dilakukan dengan membangun sebuah sistem yang menggunakan perhitungan jarak dengan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dan metode algoritme genetika. Pengantaran siswa pada sekolah MI Salafiyah Kasim dibagi menjadi dua kloter yaitu kloter pagi dan kloter siang. Pada penelitian ini, data yang digunakan berupa data aktual dan data sampel yang diambil selama 3 hari. Data ini kemudian akan dibandingkan untuk mengetahui berapa hasil selisih yang diperoleh dari proses optimasi pada sistem. Berdasarkan data tersebut didapatkan hasil optimasi pada kloter pagi sebesar 5,5 km (19,78%) dan pada kloter siang sebesar 17,17 km (36,30%). Dapat disimpulkan bahwa sistem ini sudah berjalan dengan baik dengan menghasilkan nilai optimal yang baik.

**Kata Kunci:** *rute, angkutan sekolah, optimasi, travelling salesman problem (TSP), algoritme genetika*

### Abstract

*Most aspects in all sectors are now fundamentally dependent on the information technology. One of the aspect is about the quality of school services for students, like school bus service. School bus service is one of the efficient school service to support safety for children while their parents are busy to pick up them at school. This is one of the reason from the improvement of MI Salafiyah Kasim school Bus service for children by optimizing the school bus routes. The Optimization system is built on with Traveling Salesman Problem (TSP) and genetic algorithm methods. MI Salafiyah Kasim school bus service has morning and afternoon arrival and departure of students. The actual road data used in this research consist of the sample within 3 days. This data will be compared to find out and show what method needs less time in comparison with known methods and so efficient for such problem. Based on the data research, the optimization results in the morning departure is about 5.5 km (accuracy = 19.78%) and in the afternoon arrival is about 17.17 km (accuracy = 36.30%). It can be concluded that this system is running well by producing a good optimal value.*

**Keywords:** *route, school transportation, optimization, travelling salesman problem (TSP), genetic algorithm*

### 1. PENDAHULUAN

Sekolah merupakan Lembaga Pendidikan formal yang didirikan oleh pihak swasta maupun pemerintah yang terdiri dari berbagai tingkatan yaitu tingkat SD, SMP, dan SMA. Sekolah dibangun dengan tujuan agar siswa-siswi dapat mengembangkan minat dan bakat yang dimiliki

oleh siswa. Siswa-siswi sekolah membutuhkan fasilitas pelayanan, salah satu fasilitas pelayanan yang dibutuhkan siswa yaitu transportasi angkutan sekolah. Angkutan sekolah merupakan salah satu sarana transportasi yang disediakan oleh pihak untuk mengantar dan menjemput siswa-siswi sekolah demi kelancaran proses belajar mengajar siswa selama di sekolah

dan keselamatan siswa selama diperjalanan (Kariono, 2011). Salah satu sekolah yang memiliki angkutan sekolah adalah sekolah MI Salafiyah Kasim. Sekolah ini merupakan sekolah madrasah yang berada di Blitar. Angkutan bus sekolah hanya digunakan pada saat pengantaran siswa saat jam pulang sekolah dan sistem pengantaran ini sudah dibangun kurang lebih 3 tahun. Bus sekolah yang disediakan oleh pihak sekolah hanya ada satu bus sehingga pengantaran siswa dibagi menjadi dua kloter yaitu kloter pagi dan kloter siang. Pengantaran kloter pagi hanya dikhususkan untuk siswa-siswi kelas 1 dan kelas 2 yang diberangkatkan pada pukul 11.30 WIB, sedangkan pengantaran kloter siang dikhususkan untuk siswa-siswi kelas 3 sampai kelas 6 yang diberangkatkan pada pukul 13.00 WIB. Dengan disediakannya bus angkutan sekolah maka dapat memberikan kenyamanan dan keamanan kepada siswa pada saat pulang sekolah dan orang tua siswa merasa lebih tenang jika anaknya naik angkutan sekolah.

Pada setiap harinya jumlah siswa yang diantarkan tidak selalu sama sehingga rute yang dilewati tidak dapat dipastikan oleh supir. Dengan demikian pengantaran pada kloter kedua sering terjadi keterlambatan saat jam pengantaran siswa. Selain itu pengeluaran biaya tidak dapat diantisipasi oleh pihak sekolah. Proses pendataan yang dilakukan pihak sekolah saat ini adalah pada saat setelah pulang sekolah sebelum siswa menaiki angkutan sekolah. Proses pendataan ini dilakukan agar jam keberangkatan setiap kloter dapat diberangkatkan dengan tepat waktu. Pada permasalahan diatas maka solusi yang dapat diterapkan yaitu melakukan optimasi jarak berdasarkan rute dengan menggunakan algoritme genetika.

Penelitian sebelumnya yang juga menggunakan *Travelling Salesman Problem* (TSP) yaitu Dwi Aries Suprayogi (2014) dan Joni dan Nurcahyawati (2012). Dwi Aries Suprayogi (2014) melakukan optimasi antar jemput *laundry* menggunakan nilai  $cr$  0,6,  $mr$  0,4 dan generasi optimal sebesar 2000. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah dapat memberikan solusi untuk melayani semua pelanggan dengan *real time window* masing-masing. Sedangkan Joni dan Nurcahyawati (2012) melakukan optimasi pada waktu dan biaya distribusi barang. Data yang dioptimasi menggunakan 5 kota yang dikombinasi untuk tujuan distribusi. Nilai  $cr$  dan  $mr$  yang digunakan pada penelitian ini kurang lebih 50 maka nilai

*fitness* dari kromsoma yang dihasilkan pada proses inisialisasi adalah sebesar 931 dan nilai *fitness* yang dihasilkan pada algoritme genetika adalah sebesar 762.

Dengan menggunakan metode tersebut maka dalam penelitian ini diharapkan dapat mengimplementasikan optimasi jarak dengan algoritme genetika pada pengantaran siswa dan dapat mengetahui tingkat kualitas nilai *fitness* dari hasil optimasi jarak dengan menggunakan algoritme genetika. Maka manfaat yang diharapkan dari pengimplementasian sistem ini yaitu pihak sekolah dapat mengetahui rute terpendek yang mana harus dilewati pada saat pengantaran siswa, dapat meringankan tanggungan orang tua ketika orang tua siswa sedang sibuk ataupun berhalangan untuk menjemput anaknya ke sekolah, siswa yang menaiki bus angkutan sekolah mendapatkan fasilitas yang nyaman, aman selama diperjalanan pulang ke rumah, selain itu siswa dapat melakukan interaksi dengan teman-teman sekolahnya dan siswa menjadi lebih mandiri lagi.

## 2. MI SALAFIYAH KASIM

MI Salafiyah Kasim merupakan salah satu sekolah madrasah yang berada di Blitar. Sekolah ini beralamat di Jalan KH. Dimiyati Kasim Ploso, kecamatan Selopuro, kabupaten Blitar. Sekolah dasar ini berdiri pada tanggal 30 Januari 1981. Sekolah ini merupakan Sekolah Lembaga Pendidikan Dasar Madrasah Nahdlatul Ulama (LPM NU). Sekolah MI Salafiyah Kasim merupakan salah satu sekolah yang menyediakan fasilitas layanan transportasi pada saat jam pulang sekolah. Layanan transportasi yang disediakan oleh pihak sekolah adalah bus angkutan sekolah milik sekolah itu sendiri. Bus ini disediakan atas kesepakatan dari yayasan, kepala sekolah dan orang tua siswa. Sistem pengantaran siswa sudah diterapkan kurang lebih 3 tahun. Pihak sekolah membuat keputusan bahwa jadwal bus pengantaran siswa dibagi menjadi dua kloter yaitu kloter pagi dan kloter siang. Biaya yang perlu dikeluarkan oleh masing-masing siswa untuk fasilitas ini sekitar 2000 untuk jarak rumah berbeda beda. Dengan adanya bus angkutan sekolah ini maka siswa-siswi sekolah MI Salafiyah Kasim dapat menaiki bus ini dengan mendapatkan fasilitas yang aman, nyaman dan dapat sampai ke rumah dengan tepat waktu.

### 3. TRAVELLING SALESMAN PROBLEM (TSP)

TSP merupakan salah satu metode optimasi kombinatorial yang digunakan untuk mengetahui jarak terpendek yang harus dilalui pada rute yang telah ditentukan melewati masing-masing titik pemberhentian hingga kembali ke titik awal. Terdapat beberapa ciri-ciri pada TSP yaitu tidak melewati satu pun titik pemberhentian, dan tiap titik pemberhentian hanya dapat dilewati satu kali sebelum akhirnya kembali ke titik awal. Tujuan TSP adalah menemukan rute terpendek yang optimal. Berikut rumus permutasi yang dapat digunakan pada TSP:

$$p_n^k = \frac{n!}{(n-k)!} \quad (1)$$

Keterangan :

$n$  : jumlah semua *node*

$k$  : jumlah *node* yang dilewati

### 4. ALGORITME GENETIKA

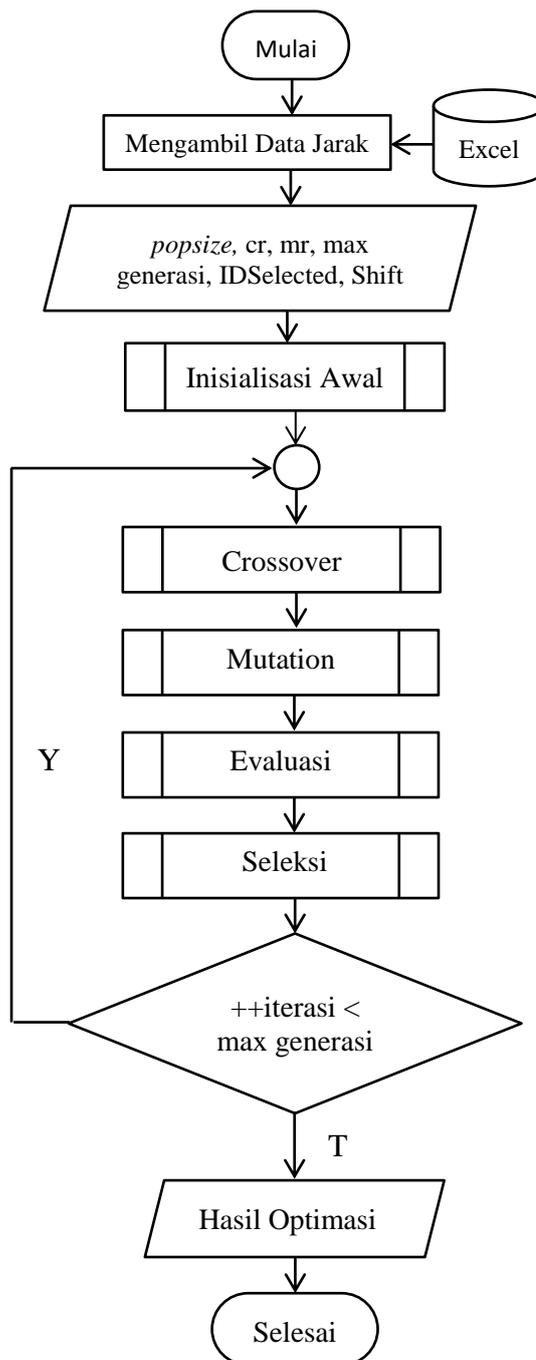
Algoritme genetika merupakan salah satu metode untuk menemukan hasil optimasi. Algoritme ini banyak digunakan untuk permasalahan optimasi, penjadwalan, penentuan rute, dan lain-lain. Algoritme genetika disebut sebagai proses seleksi secara alamiah oleh Charles Darwin hal ini dikemukakan oleh suprayogi et al (2014). *Chromosome* merupakan representasi dari solusi pada sebuah permasalahan yang disusun berdasarkan gen-gen berisi variabel penentuan keputusan hingga nantinya akan menjadi solusi. Nilai *fitness* digunakan sebagai penentuan baik tidaknya solusi yang dihasilkan, nilai yang lebih tinggi diharapkan dapat menjadi solusi yang paling optimal. Berikut rumus untuk menentukan nilai *fitness* dalam algoritme genetika yaitu:

$$Fitness = \frac{1}{Total\ jarak\ yang\ dilewati} \quad (2)$$

Tahapan-tahapan prose penentuan rute pengantaran siswa pada TSP menggunakan metode algoritme genetika secara umum dapat dilihat pada Gambar 1.

#### 4.1. Inisialisasi Awal

Inisialisasi awal merupakan tahapan awal pada algoritme genetika. Proses ini dilakukan secara acak menggabungkan individu-individu menjadi satu populasi menggunakan teknik kombinatorial. Pada tahap ini, pertama-tama



harus menentukan ukuran *popsize* yang akan menunjukkan banyak *chromosome* yang digunakan pada setiap generasi dalam proses algoritme genetika (Mahmudy, 2015).

#### 4.2. Reproduksi

Reproduksi merupakan tahapan kedua dari metode algoritme genetika untuk mendapatkan *offspring* yang dihasilkan dari individu-individu yang sudah terpilih sebagai *parent* (Ryan, Budi Darma, Marji, 2018). Proses reproduksi terdiri dari 2 proses yaitu *crossover* dan mutasi. Dimana *crossover* merupakan tahapan reproduksi pertama yang dilakukan pada

algoritme genetika. Penentuan *parent* untuk proses reproduksi dilakukan secara acak kemudian menentukan titik potong *one cut point* untuk menghasilkan *offspring* baru, sedangkan mutasi merupakan tahapan reproduksi yang kedua yang dilakukan pada algoritme genetika. Proses ini dilakukan dengan cara mengambil satu *parent* yang akan dimutasi, kemudian melakukan titik tukar secara acak untuk mendapatkan *offspring* baru.

### 4.3. Evaluasi

Evaluasi merupakan proses tahapan ketiga dari algoritme genetika. Proses ini dilakukan dengan cara melakukan penggabungan populasi *parent* dan *child* dari tiga proses sebelumnya beserta nilai *fitness*-nya. Perhitungan nilai *fitness* didapatkan dengan Persamaan 3:

$$Fitness = \frac{100}{c} \quad (3)$$

Keterangan:

C = Total Jarak yang dilewati.

### 4.4. Seleksi

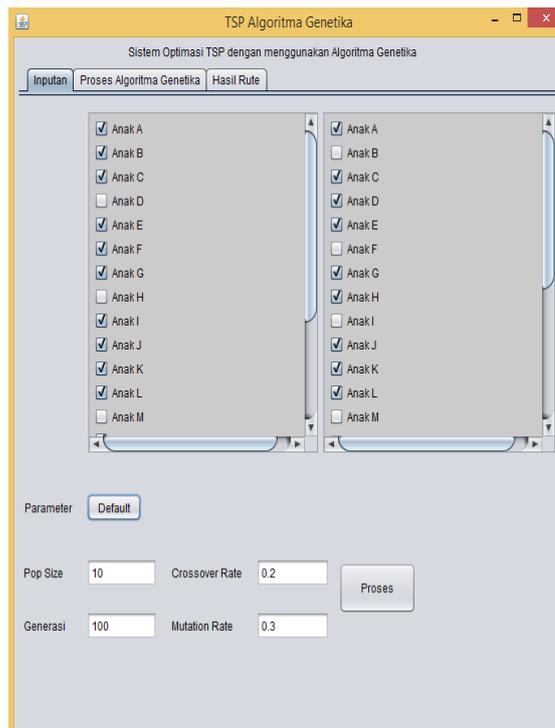
Seleksi merupakan tahapan terakhir dari algoritme genetika. Proses ini dilakukan dengan cara melakukan sorting dari seluruh populasi yang telah digabungkan dalam proses evaluasi. Proses *sorting* dilakukan berdasarkan nilai *fitness* tertinggi hingga ke terendah. Nugraha dan Mahmudy (2015) mengemukakan bahwa nilai *fitness* yang tertinggi akan mendapatkan peluang besar untuk menjadi induk pada generasi selanjutnya.

## 5. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bagian ini dijelaskan mengenai antarmuka yang digunakan pada sistem yang dibangun dalam penelitian ini. Sistem ini dibangun untuk menyelesaikan permasalahan menggunakan TSP dengan metode algoritme genetika dengan studi kasus pengantaran siswa yang terdiri dari dua kloter yaitu kloter pagi dan kloter siang. Total keseluruhan siswa yang menaiki bus angkutan sekolah sebanyak 44 siswa. Jumlah kloter pagi 20 siswa dan kloter siang 24 siswa. Pengantaran siswa dimulai dari pukul 11.30 WIB untuk kloter pagi dan pukul 13.00 WIB untuk kloter siang. Halaman antarmuka terbagi menjadi 4 halaman yaitu:

### 5.1. Halaman Utama

Halaman utama merupakan halaman inputan yang berisi data siswa pagi, siswa siang dan parameter algoritme genetika yang terdiri dari *popsize*, generasi, *crossover rate* dan *mutation rate*. Pemilihan siswa-siswi yang menaiki bus angkutan sekolah dilakukan dengan cara dicentang. Tampilan halaman utama dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Halaman Antarmuka

### 5.2. Halaman Proses Algoritme Genetika

Pada halaman proses algoritme genetika akan ditampilkan tabel yang berisi tabel kloter pagi dan kloter siang. Proses perhitungan algoritme genetika pada masing-masing kloter dilakukan dengan nilai-nilai yang dimasukkan oleh *user* antara lain populasi awal, *crossover*, mutasi, evaluasi, seleksi dan individu terbaik. Berikut tampilan halaman proses algoritme genetika dapat dilihat pada Gambar 3.

Generasi ke-	Individu	Kromosom	Total Jarak	Fitness
1	B1	12 9 3 1 5 7 1 4 6 2	20,35	4.914004914004914
2	B1	12 9 3 1 5 7 1 4 6 2	20,35	4.914004914004914
3	B1	1 2 6 7 3 5 1 1 2 1	18,8	5.319148936170213
4	B1	1 2 6 7 3 5 1 1 2 1	18,8	5.319148936170213
5	B1	1 2 6 7 3 5 1 1 2 1	18,8	5.319148936170213
6	B1	7 2 1 3 6 1 4 1 2 1 1	17,73	5.640157924421883
7	B1	7 2 1 3 6 1 4 1 2 1 1	17,73	5.640157924421883
8	B1	7 2 1 3 6 1 4 1 2 1 1	17,73	5.640157924421883
9	B1	10 2 1 3 6 1 4 1 2 1 1	17,33	5.770340450086556
10	B1	10 2 1 3 6 1 4 1 2 1 1	17,33	5.770340450086556
11	B1	7 5 1 3 6 1 4 1 2 1 1	17,029999999999999	5.871990604815033
12	B1	7 5 1 3 6 1 4 1 2 1 1	17,029999999999999	5.871990604815033
13	B1	7 5 1 3 6 1 4 1 2 1 1	17,029999999999999	5.871990604815033
14	B1	7 5 1 2 3 6 1 4 9 1 2	16,230000000000000	6.181428451632777
15	B1	10 2 1 3 6 7 5 1 4 9	14,53	6.882312456985548
16	B1	10 2 1 3 6 7 5 1 4 9	14,53	6.882312456985548
17	B1	10 2 1 3 6 7 5 1 4 9	14,53	6.882312456985548
18	B1	10 2 1 3 6 7 5 1 4 9	14,53	6.882312456985548
19	B1	10 2 1 3 6 7 5 1 4 9	14,53	6.882312456985548
20	B1	10 2 1 3 6 7 5 1 4 9	14,53	6.882312456985548
21	B1	10 2 1 3 6 7 5 1 4 9	14,53	6.882312456985548
22	B1	10 2 1 3 6 7 5 1 4 9	14,53	6.882312456985548
23	B1	10 2 1 3 6 7 5 1 4 9	14,53	6.882312456985548
24	B1	10 2 1 3 6 7 5 1 4 9	14,53	6.882312456985548
25	B1	7 5 1 0 2 1 3 6 1 4 1	14,499999999999999	6.8965517241379
26	B1	7 5 1 0 2 1 3 6 1 4 1	14,499999999999999	6.8965517241379
27	B1	7 5 1 0 2 1 3 6 1 4 1	14,499999999999999	6.8965517241379
28	B1	7 5 1 0 2 1 3 6 1 4 1	14,499999999999999	6.8965517241379
29	B1	7 5 1 0 2 1 3 6 1 4 1	14,499999999999999	6.8965517241379
30	B1	7 5 1 0 2 1 3 6 1 4 1	14,499999999999999	6.8965517241379
31	B1	7 6 1 0 2 1 5 3 1 4 1	14,2	7.04223521125761
32	B1	7 6 1 0 2 1 5 3 1 4 1	14,15	7.067137809187279
33	B1	7 6 1 0 2 1 5 3 1 4 1	14,15	7.067137809187279
34	B1	7 6 1 0 2 1 5 3 1 4 1	14,15	7.067137809187279

Gambar 3. Tampilan Halaman Proses Algoritme Genetika

### 5.3. Halaman Output

Halaman *output* merupakan halaman hasil optimasi rute pada pengantaran siswa dari nilai-nilai dan parameter algoritme genetika yang sudah diinputkan oleh *user*. Pada halaman ini ditampilkan hasil *output* yang berisi urutan nama siswa dan alamat pengantaran siswa sebagai rekomendasi rute yang dilalui. Tampilan halaman output dapat dilihat pada Gambar 4.

URUTAN NAMA ANAK YANG DILALUI (PAGI)  
Luthfi Nadyaturrahmah => Achmad Zaky Jauharushifa => Arida Izzatul Maghfiroh => Ilham Juliana Dwinov => Zahra O Ibtisami => Khoirun Nisa => Wahyu Intansari => Alissa Cotunnada Munawaroh => Risang Arum Putri Danasri => Dea Maharan Wahyu Azahra => Sekar Arum Nuhatalyaa

URUTAN NAMA ANAK YANG DILALUI (SIANG)  
Muhammad Dzikri Fajri Munir => Muhammad Saikhu Nadlimun Mubin => Muhammad Syukron Hajji => Syfii => Asfir s Vita Choirina => Likhodinna Itri Wahyudin => Amelia Sabrina Lathova => Izzatu Khoirin Nissa => Tuchtatus Salma

URUTAN ALAMAT ANAK YANG DILALUI  
Bukur 05/05 Popoh => Bukur 02/05 Popoh => Bukur 02/05 Popoh => Bukur 02/05 Popoh => Bukur 02/05 Popoh => Bukur 03/04 Popoh => Jepun 12/08 Tegalarjo => Dsn. Jatiluhur 01/04 Jattengah => Dsn. Jatiluhur r 01/05 Jattengah => Bukur 05/05 Popoh

URUTAN ALAMAT ANAK YANG DILALUI  
Gading => Gading => Jepun 04/05 Tegalarjo => Klemunan 03/06 Wlengi => Jatikepek 02/05 Klemunan => Jatikepek 01/05 Klemunan => Darungan 04/05 => Bukur 02/05 Popoh

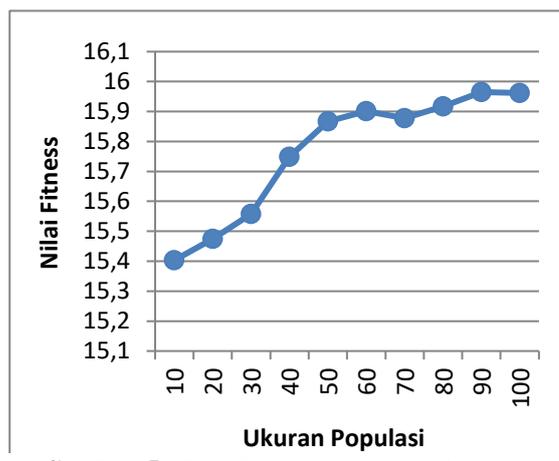
Gambar 4. Tampilan Halaman Hasil Rute

## 6. PENGUJIAN DAN ANALISIS

### 6.1. Hasil dan Analisis Pengujian Ukuran Populasi

Pengujian ukuran populasi dilakukan

dengan tujuan untuk menghasilkan solusi yang paling optimal dalam pengantaran siswa. Pada pengujian ini ukuran generasi yang digunakan sebanyak 1000, nilai *crossover rate* 0,4 *mutation rate* 0,6. Data siswa yang digunakan dalam pengujian ini sejumlah 10 siswa dan ukuran populasi dilakukan menggunakan nilai kelipatan 10 dimulai dari 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100. Grafik hasil pengujian ukuran populasi dapat dilihat pada Gambar 5.



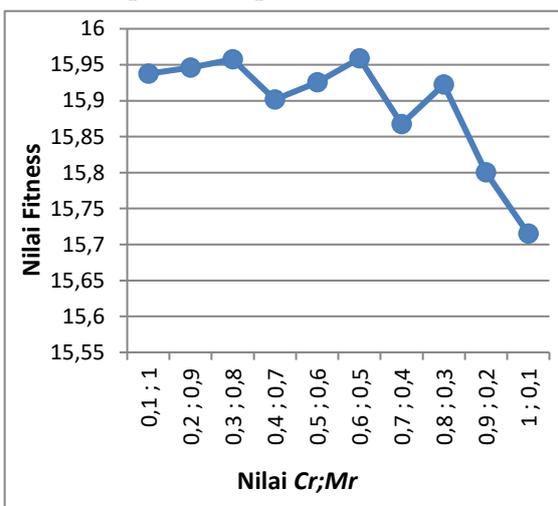
Gambar 5. Hasil Pengujian Ukuran Populasi

Hasil pengujian ukuran populasi di Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai *fitness* tertinggi sebesar 15,9648 yang terletak pada populasi ke-90 dan nilai *fitness* terendah terletak pada populasi ke-10 dengan nilai sebesar 15,40314. Berdasarkan grafik Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran populasi maka semakin tinggi nilai *fitness* yang dihasilkan, hal ini dikarenakan semakin banyak individu maka variasi solusi yang dihasilkan semakin banyak sehingga menghasilkan nilai *fitness* yang tinggi. Nilai *fitness* yang tinggi tidak selalu dikarenakan ukuran populasi yang besar karena pembangkitan populasi dilakukan secara *random* (Kusumaningsih, 2016). Ukuran populasi yang kecil juga dapat menghasilkan solusi yang terbaik. Pada ukuran populasi 10 sampai 60 nilai *fitness* mengalami kenaikan, dan pada ukuran populasi 70 nilai *fitness* mengalami penurunan dikarenakan saat proses inisialisasi awal individu dipilih secara acak dan telah menghasilkan nilai *fitness* yang baik sehingga pada iterasi selanjutnya nilai yang dihasilkan dalam pengujian akan tetap sama dan nilai ini dianggap kurang optimal dibandingkan dengan nilai baru yang dihasilkan. Pada proses *elitism selection* juga mempengaruhi penurunan ini dikarenakan hanya dipilih nilai *fitness* yang tertinggi, sedangkan individu dengan nilai

*fitness* yang kecil hasil dari reproduksi bisa saja memiliki solusi yang optimum (Mahmudy, 2015). Selanjutnya pada ukuran populasi ke-80 hingga 90 mengalami kenaikan dan mulai konvergen pada ukuran populasi ke-100. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran populasi 90 adalah ukuran populasi yang paling optimal.

### 6.2. Hasil dan Analisis Pengujian Kombinasi Nilai Cr dan Mr

Pengujian kombinasi nilai *cr* dan *mr* dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan solusi yang paling optimal dalam pengantaran siswa. Pada pengujian ini nilai *cr* dari 0,1 hingga 1 sedangkan nilai *mr* dari 1 hingga 0,1. Data siswa yang digunakan dalam pengujian ini sejumlah 10 siswa dengan generasi yang digunakan sebanyak 1000, nilai *crossover rate* 0,4 dan *mutation rate* 0,6. Pengujian kombinasi nilai *cr* dan *mr* ini dilakukan sebanyak 10 kali uji coba. Grafik hasil pengujian kombinasi nilai *cr* dan *mr* dapat dilihat pada Gambar 6.



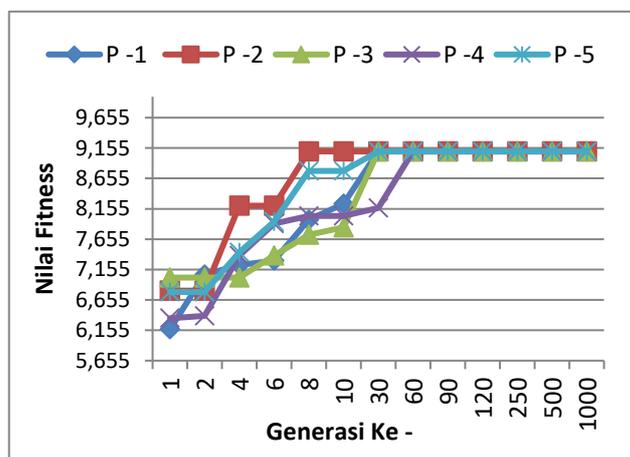
Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Kombinasi Nilai Cr dan Mr

Hasil pengujian kombinasi *cr* dan *mr* menunjukkan bahwa nilai *fitness* tertinggi sebesar 15,9587 yang berada pada nilai *cr* 0,6 dan *mr* = 0,5. Sedangkan nilai *fitness* terendah pada pengujian ini sebesar 15,7149 yang berada pada nilai *cr* 1 dan *mr* 0,1. Pada grafik Gambar 6 terjadi beberapa kali kenaikan dan penurunan hal ini dipengaruhi oleh nilai *Cr* dan *Mr* yang digunakan. Nilai *fitness* akan menurun jika nilai *Cr* semakin menurun sedangkan nilai *Mr* semakin bertambah, hal ini menyebabkan kemampuan eksploitasi pada algoritme genetika menjadi lebih besar sehingga menghasilkan individu yang beragam. Sedangkan jika nilai *Cr*

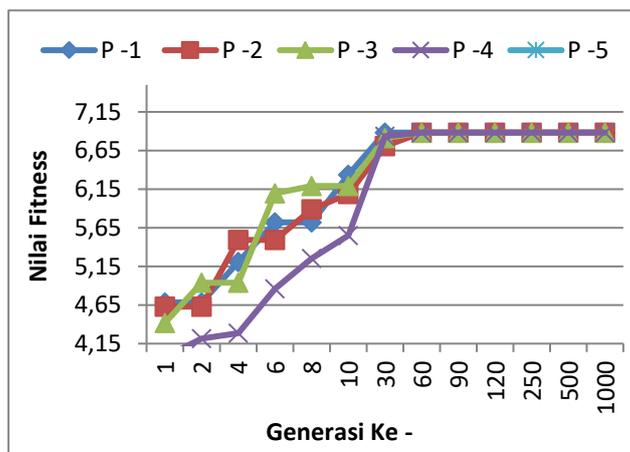
semakin bertambah dan *Mr* semakin menurun, hal ini menyebabkan kemampuan eksploitasi pada algoritme genetika semakin besar dan menghasilkan individu dengan nilai *fitness* yang menurun karena cenderung mirip dengan induknya (Siahaan, et al., 2017).

### 6.3. Hasil dan Analisis Pengujian Konvergensi

Pengujian konvergensi dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan nilai *fitness* yang stabil pada masing-masing generasi. Pada pengujian ini generasi yang digunakan sebesar 1000, populasi 90, nilai *Cr* 0,6 dan *Mr* 0,5 untuk masing-masing kloter pagi dan kloter siang. Grafik pengujian konvergensi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Konvergensi Kloter Pagi



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Konvergensi Kloter Siang

Pengujian konvergensi dilakukan sebanyak 5 kali uji coba. Grafik diatas menunjukkan

bahwa kloter pagi mulai mengalami konvergensi pada generasi ke-45 dengan nilai *fitness* sebesar 9,0991 dan kloter siang mulai mengalami konvergensi pada generasi ke-45 dengan nilai *fitness* 6,882. Selanjutnya sistem akan menghasilkan solusi yang stabil hingga ke generasi terakhir, maka dapat disimpulkan bahwa generasi ke-60 merupakan generasi paling optimal.

**6.4. Analisis Global Hasil Pengujian**

Berdasarkan pengujian sebelumnya didapatkan parameter-parameter yang paling optimal untuk menghasilkan solusi optimasi rute pengantaran siswa, yaitu ukuran generasi sebesar 1000, populasi 90, *Cr* 0,6 dan *Mr* 0,5. Paramater ini diimplementasi pada data sampel selama 3 hari untuk mendapatkan hasil rekomendasi rute yang akan dibandingkan dengan data aktual pengantaran siswa. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Perbandingan Kloter Pagi dan Kloter Siang

Hari	Data Aktual Urutan Pengantaran					
	Kloter Pagi			Kloter Siang		
	Jarak Aktual (Km)	Jarak Sistem (Km)	Selisih (%)	Jarak Aktual (Km)	Jarak Sistem (Km)	Selisih (%)
1	22,6	21,97	0,63 (2,88%)	34,00	29,55	4,45 (13,08%)
2	22,5	20,1	2,4 (10,66%)	38,8	23,05	13,9 (35,82%)
3	27,8	22,3	5,5 (19,78%)	47,3	30,13	17,17 (36,30%)

Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui selisih jarak yang dilalui pada kloter pagi dan kloter siang antara data aktual dan data sampel hasil perhitungan sistem. Selisih pada tabel diatas menunjukkan bahwa optimasi berhasil dilakukan oleh sistem Hasil yang didapat dengan melakukan perbandingan antara data aktual yang dilalui supir sekolah dan data hasil rekomendasi sistem selama 1 hari dengan melakukan percobaan sebanyak lima kali uji coba. Hasil optimasi dari lima uji coba pada masing-masing kloter nantinya akan dipilih tiga yang menghasilkan nilai yang optimal daripada data aktual. Dapat disimpulkan bahwa sistem telah berjalan dengan baik dengan menghasilkan

rekomendasi rute pengantaran yang optimal.

**7. KESIMPULAN DAN SARAN**

**7.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pengujian mengenai optimasi rute terpendek pada pengantaran siswa, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil nilai *fitness* tertinggi yang didapatkan di pengujian ukuran populasi pada kloter pagi dan kloter siang terletak pada ukuran populasi ke-90 dengan nilai *fitness* sebesar 15,9648.
2. Hasil nilai *fitness* tertinggi yang didapatkan di pengujian kombinasi nilai *Cr* dan *Mr* pada kloter pagi dan kloter siang terletak diantara nilai *Cr* 0,6 dan *Mr* 0,5 dengan nilai *fitness* sebesar 15,9587.
3. Hasil pengujian konvergensi kloter pagi mulai mengalami konvergen pada generasi ke-45 dengan nilai *fitness* sebesar 9,0991, sedangkan kloter siang mulai mengalami konvergen pada generasi ke-45 dengan nilai *fitness* 6,882.
4. Hasil analisis global menggunakan parameter hasil pengujian sebelumnya diketahui bahwa sistem memberikan hasil rekomendasi rute yang optimal dengan menunjukkan selisih perbandingan jarak rute pengantaran pada data aktual dan data sampel, yaitu pada kloter pagi sebesar 5,5 km (19,78%) dan 17,17 km (36,30%).

**7.2. Saran**

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan parameter waktu dan kondisi jalan agar mendapatkan hasil rekomendasi yang baik sehingga dapat menjadi lebih efisien pada saat pengantaran siswa.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem ini dalam berbasis *web* dan *mobile* agar dapat lebih mudah diakses atau digunakan oleh *user*.
3. Sistem ini dapat dikembangkan dengan mengimplementasikan metode yang berbeda sehingga dapat diketahui hasil perbandingan masing-masing metode.

**8. DAFTAR PUSTAKA**

Joni I.D.A.B., V. N., 2012. Penentuan Jarak Terpendek Pada Jalur Distribusi Barang Di Pulau Jawa Menggunakan Algoritme Genetika. *Journal Nasional Pendidikan*

- Teknik Informatika*, pp. 2089-8673.
- Kariono, 2011. *Layanan transportasi sekolah untuk menekan tidak masuk dan terlambat ke sekolah bagi siswa*. s.l.:s.n.
- Kusumaningsih, F. D., 2016. Penerapan Algoritme Genetika Pada Optimasi Susunan Bahan Makanan Untuk Pemenuhan Kebutuhan Gizi Keluarga. *Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya*.
- Mahmudy, W. F., 2015. *Modul Dasar Teori*
- Joni I.D.A.B., V. N., 2012. Penentuan Jarak Terpendek Pada Jalur Distribusi Barang Di Pulau Jawa Menggunakan Algoritme Genetika. *Journal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*, pp. 2089-8673.
- Nugraha, D. C. A. & M. W., 2015. Optimasi Vehicle Routing Problem with Time Windows Pada Distribusi Katering Menggunakan Algoritma Genetika. *Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesi*.
- Siahaan, E. J. I., 2017. Sistem Rekomendasi Makanan Bagi Penderita Jantung Menggunakan Algoritme Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 1406-1415.
- Suprayogi, D. A., 2015. Penerapan Algoritma Genetika Travelling Salesman Problem with Time Window:Studi Kasus Antar Jemput Laundry. *Jurnal Buana Informatika*, pp. 121-130.