

Optimalisasi Penggunaan Gerbong Kelas Kereta Api Penumpang Menggunakan Algoritma Genetika

Ahsin Fauzi¹, Tachbir Hendro Pudjiantoro², Fajri Rakhmat Umbara³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Informatika, Universitas Jenderal Achmad Yani

¹ahsinfauzi17@if.unjani.ac.id

²tachbirpudjiantoro@gmail.com

³fajri.rakhmat@lecture.unjani.ac.id

Abstrak— Penumpang kereta api tidak secara terus menerus meningkat pada setiap waktunya. Setiap rute yang disediakan oleh PT.KAI tidak selalu memenuhi kapasitas dari total kursi pada masing-masing kelas. Pada beberapa rute yang telah ditentukan, terdapat kursi pada setiap kelas tidak terisi secara optimal, hal tersebut dapat menyebabkan biaya operasional meningkat dikarenakan gerbong yang tidak terpakai akan tetap dijalankan meskipun tidak terdapat penumpang. Optimalisasi merupakan salah satu cara untuk melakukan pencarian nilai terbaik dari beberapa fungsi yang diberikan pada suatu konteks yang tersedia. Salah satu metode yang digunakan untuk optimalisasi yaitu Algoritma Genetika. Algoritma Genetika merupakan metode untuk mendapatkan solusi sesuai dengan kriteria tanpa perlu menguji keseluruhan kombinasi. Tahapan dari algoritma genetika terdiri dari empat tahap, yaitu input, pre-proses, proses dan output. Proses Algoritma Genetika meliputi pembangkitan solusi awal, evaluasi nilai kecocokan, seleksi, mutasi dan persilangan. Pada sistem ini dilakukan pengujian dengan memasukkan jumlah penumpang 250, 500, dan 750 orang. Pada jumlah Penumpang 250 dengan 100 generasi menghasilkan nilai kecocokan yang optimal yaitu 241 *seat* pada generasi ke 82 dengan persentase 98.18%. Tujuan dari penelitian ini untuk mengoptimalkan penggunaan gerbong kelas pada kereta api penumpang sesuai dengan jadwal masing-masing kereta api.

Kata kunci— Optimalisasi, Algoritma Genetika, Gerbong Kelas, Kereta Api Penumpang.

Abstract—The Train passengers do not increase over time continuously. Each route provided by PT.KAI does not always meet the capacity of the total seats in each class. On some predetermined route, there are seats which are not optimally filled in each class, it can increase the operational costs because of the unused wagon stay to run even though there are no passengers. Optimization is one way to find the best value of a giving the function in an available context. One of the methods used for optimization is Genetic Algorithm. Genetic Algorithm is a method to get a solution according to the criteria without the need to test all combinations. The stages of the genetic algorithm consist of four stages, there are input, pre-process, process and output. The Genetic Algorithm process includes initial solution generation, match value evaluation, selection, mutation and crosses. This system is tested by entering the number of passengers 250, 500, and 750 people. The number of 250 passengers with 100 generations produces an optimal fitness value, namely 241 seats in the 82nd generation with a percentage of 98.18%. The purpose of this research is to optimize the use of class wagon on passenger trains according to the schedule of each train.

Keywords— Optimization, Genetic Algorithm, Class Carriage, The Train Passengers.

I. PENDAHULUAN

Kereta api merupakan pelayanan transportasi yang banyak dipilih oleh masyarakat sebagai moda transportasi umum untuk melakukan perjalanan, mulai dari wilayah lokal seperti jabodetabek sampai dengan antar kota atau provinsi khususnya dipulau Jawa, dengan meningkatnya minat masyarakat tersebut PT. Kereta Api Indonesia (KAI) mulai berbenah, baik dari segi pelayanan maupun fasilitas yang terdapat pada stasiun demi mengindahkan kenyamanan dari pengguna kereta api. Kereta api menjadi favorit masyarakat dikarenakan harganya yang bervariasi serta memiliki ketepatan waktu keberangkatan dan kedatangan yang baik[1]. Sehingga untuk mempertahankan pandangan masyarakat terhadap pelayanan kereta api tersebut, perlu dilakukan pemeliharaan pada rangkaian kereta api terutama pada gerbong kelas, karena gerbong kereta api merupakan salah satu objek yang terlihat dan digunakan oleh penumpang. Gerbong-gerbong pada kereta api banyak diperbaiki mulai dari kursi serta fasilitas yang ada pada gerbong, sistem pembelian tiket semakin mudah dengan menggunakan aplikasi.

Meningkatnya jumlah penumpang kereta api tidak secara terus menerus setiap waktu akan memenuhi gerbong pada

kereta api yang telah tersedia. Masih banyak ditemukan dalam waktu tertentu penggunaan gerbong tersebut kurang optimal sesuai dengan tempat duduk pada masing-masing gerbong yang disediakan. Gerbong kelas pada tiap tiap kereta pada jadwal tertentu kurang mendapatkan minat dari penumpang, banyak faktor yang mempengaruhi kursi pada gerbong kelas kereta tidak terpakai. Harga pada sub-class yang bervariasi memungkinkan penumpang dapat membeli harga termurah dari yang ditawarkan, serta dapat memilih tempat duduk sesuai dengan keinginan dari penumpang, disisi lain banyak alternatif kereta api yang memiliki harga lebih murah namun waktu tempuh sama dengan harga yang lebih mahal, sehingga hal tersebut dapat menjadi indikator gerbong kelas tidak terpakai secara optimal.

Penggunaan gerbong kelas kereta api yang diberangkatkan tidak melihat secara spesifik kondisi tempat duduk penumpang terpakai atau tidak terpakai akan tetap diberangkatkan sesuai dengan jadwal keberangkatan yang telah ditentukan. Berdasarkan data yang diperoleh dari PT.KAI, dapat dilakukan analisa terhadap data tersebut untuk pembangkitan populasi awal berdasarkan atribut yang tersedia serta pemilihan fungsi objektif. Analisa dataset dan penggunaan fungsi objek dapat digunakan dalam ruang lingkup *data and software engineering*, informasi yang

dihasilkan dari optimalisasi pada penelitian ini dapat menjadi suatu pengetahuan untuk organisasi dalam memanfaatkan dan mengoptimalkan penggunaan gerbong kereta api. Dalam penelitian ini, penggunaan gerbong kereta api dikatakan optimal apabila gerbong yang disediakan terisi penuh berdasarkan jadwal keberangkatan pada masing-masing kereta api.

Metode yang sesuai sangat dibutuhkan untuk memperoleh hasil yang optimal dalam penggunaan gerbong kereta api, metode optimalisasi banyak digunakan dalam penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Imam Ahmad Ashari dalam melakukan perbandingan performansi algoritma genetika dan algoritma ant colony optimization dengan studi kasus penjadwalan mata kuliah menghasilkan algoritma genetika memiliki performansi lebih baik dibandingkan algoritma ant colony optimization dalam menyelesaikan kasus penjadwalan mata kuliah[2]. Penelitian yang lain yang dilakukan oleh Deni Prasetyo dalam kasus optimasi solusi permasalahan rute kendaraan menghasilkan nilai optimalisasi yang dapat meminimalkan biaya dan dapat pemeratakan beban kerja serta rute yang terbentuk menghasilkan utilitas optimasi sebesar 86% dalam hal ini kapasitas truk hampir seluruhnya terpakai untuk memuat muatan[3]. Metode optimasi yang lain seperti knapsack, metode bloclan, gabungan metode bloclan dan corelap dalam menentukan nilai yang optimum terdapat beberapa kekurangan yang dapat ditutupi dengan menggunakan algoritma genetika, seperti knapsack yang berfokus pada ruang pencarian tertentu, metode blockpan yang berfokus pada jarak atau rute. Metode algoritma genetika dapat digunakan dalam ruang solusi yang kompleks tanpa harus memeriksa secara keseluruhan kemungkinan solusi[4].

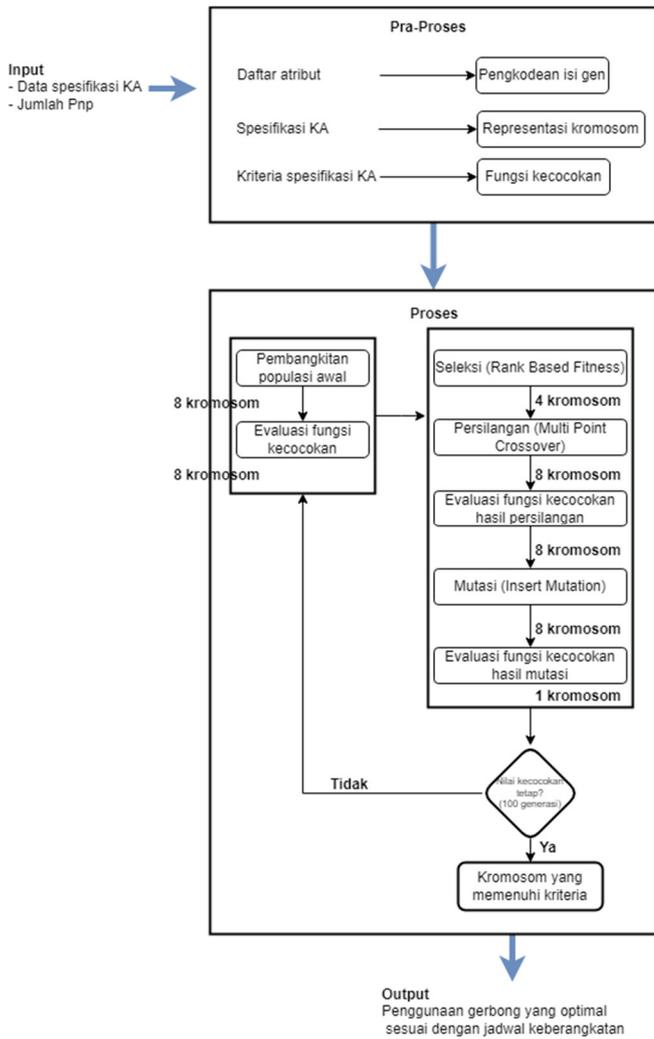
Algoritma Genetika memiliki kelebihan dalam menyelesaikan permasalahan seperti optimalisasi penjadwalan, pencarian rute dan penempatan ruang[5][6]. Hasil Penelitian sebelumnya dengan menggunakan Algoritma Genetika dalam permasalahan penjadwalan tour guide wisata jendela alam menghasilkan jumlah gen yang melanggar terkecil sebanyak 21 gen dengan waktu proses 15451ms[7]. Penelitian optimalisasi pendistribusian dengan menggunakan metode fuzzy integer transportation menghasilkan hasil perhitungan biaya minimum menggunakan *fuzzy transportation* lebih kecil atau sama dengan hasil perhitungan transportasi tegas[8]. Selain itu terdapat penelitian lain mengenai penentuan rute distribusi air minum yang berfokus kepada *vehicle routing problem* (VRP) yang cenderung meminimalkan biaya yang direpresentasikan dari jarak tempuh dan jumlah kendaraan yang digunakan, dengan menggunakan Algoritma Genetika didapatkan bahwa seleksi dengan metode Elistis menghasilkan nilai fitness 0.08294 jauh lebih baik daripada menggunakan seleksi *Roulette wheel* dengan rata-rata nilai fitness 0.0583[9]. Pada penelitian ini Algoritma Genetika dapat diimplementasikan pada pencarian rute optimal pada distribusi air minum dengan permasalahan *time window*, dengan dilakukan pengujian terhadap hasil data yang telah didapatkan sebelumnya. Sehingga penelitian ini akan merujuk kembali pada penelitian terdahulu dengan menggunakan metode Algoritma Genetika yang diharapkan mampu menghasilkan generasi yang banyak dan nilai fitness yang besar, karena hal tersebut dapat mempengaruhi hasil optimal dari penelitian sebelumnya.

Penelitian ini akan berfokus pada optimalisasi penggunaan gerbong kelas pada kereta api berdasarkan jadwal kereta dengan menghasilkan jumlah optimal gerbong kelas yang akan dibawa pada masing-masing jadwal kereta. Algoritma genetika merupakan metode pencarian solusi kriteria tanpa harus menguji satu persatu dari sekian banyak kombinasi[10]. Hasil penelitian yang diharapkan peneliti agar dapat dimanfaatkan oleh para stakeholder untuk mengoptimalkan penggunaan gerbong kelas pada kereta api sesuai dengan jadwal kereta api, sehingga gerbong kelas dapat optimal dalam rute yang telah ditentukan pada masing-masing kereta api.

II. METODE

Algoritma Genetika merupakan algoritma yang memanfaatkan proses seleksi alamiah dengan pendekatan ilmu biologi yang dikenal dengan proses evolusi, metode ini digunakan untuk menentukan solusi yang tepat dalam permasalahan optimasi dari satu variable atau multi variabel[11]. Algoritma genetika merupakan metode komputasi yang digunakan untuk memilih solusi yang sesuai kriteria tanpa harus mencoba keseluruhan kemungkinan langkah yang dapat dilakukan[12][13]. Algoritma Genetika efektif dalam memecahkan masalah yang sulit dan kompleks untuk ruang yang besar[14][15].

Pada penelitian ini, proses algoritma genetika dibagi menjadi beberapa tahap. Tahap pertama adalah memasukkan jumlah penumpang yang akan dicari untuk mengetahui jumlah *seat* yang optimal. Tahap kedua adalah pra-proses, terdiri dari pengkodean isi gen yang mewakili daftar atribut dari spesifikasi kereta api, representasi kromosom dibuat berdasarkan data jumlah penumpang pada masing-masing jadwal kereta api dengan panjang kromosom 10 gen, dan membangun fungsi *fitness* untuk menentukan kriteria optimalisasi yang dapat memenuhi syarat. Tahap ketiga melakukan proses algoritma genetika, proses ini dimulai dari membangkitkan populasi awal sebanyak 8 kromosom yang diperoleh secara acak, selanjutnya kromosom yang telah dibangkitkan akan dihitung dengan fungsi *fitness*. Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan fungsi *fitness*, selanjutnya masuk ke proses seleksi dengan menggunakan teknik *rank based fitness*, tujuannya adalah untuk mengurutkan hasil dari nilai *fitness* dari yang terkecil sampai paling besar. Proses seleksi akan dipilih 4 kromosom dengan nilai *fitness* tertinggi, selanjutnya akan dilakukan proses persilangan dari hasil seleksi dengan menggunakan Teknik *Multi Point Crossover*. Teknik ini menentukan titik dalam hal ini gen yang akan dijadikan acuan lokasi persilangan. Gen yang menjadi posisi persilangan adalah 1,2,6,7,8, dan 9. Proses selanjutnya adalah mutasi, teknik yang digunakan adalah *Insert Mutation*, gen dimutasi sesuai dengan daftar gen yang dipilih secara acak pada segmen tertentu tanpa memperhitungkan gen lainnya. Nilai *fitness* yang dipilih berdasarkan hasil mutasi adalah kromosom yang memiliki nilai fitness tertinggi. Selanjutnya penghentian generasi dilakukan dengan menggunakan dua kriteria, pertama jika telah mencapai batas maksimum generasi, dan kedua jika telah menghasilkan nilai fitness yang tetap (*konvergen*), yang selejadwal kereta api. Tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar 1 yang merupakan tahapan dari algoritma genetika pada sistem optimalisasi penggunaan gerbong kelas kereta api penumpang.

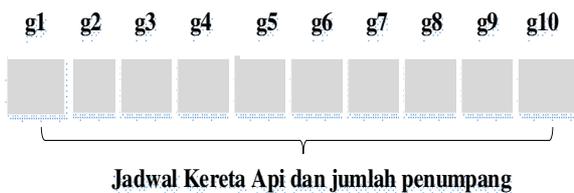


Gambar 1 Proses Algoritma Genetika pada Sistem Optimalisasi Penggunaan Gerbong Kelas Kereta Api Penumpang

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Representasi Struktur Kromosom

Representasi struktur kromosom pada penelitian ini ditentukan dari data kereta api yang di kelola oleh Daerah Operasi 3 Cirebon. Data kereta api akan dijadikan gen-gen sesuai dengan representasi solusi penggunaan gerbong berdasarkan jadwal kereta api. Data perjalanan kereta api yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 jadwal keberangkatan. Representasi struktur kromosom dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Representasi Struktur Kromosom

Struktur kromosom seperti pada gambar 2 merupakan representasi solusi yang terdiri dari gen-gen. Setiap gen mewakili jumlah penumpang dalam masing-masing jadwal keberangkatan kereta api. Daftar pengkodean isi dari gen, seperti yang diperlihatkan pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 1 Data Perjalanan KA 15

Kode	No Ka	Nama Ka	Asal	Tujuan	Kelas	Jumlah Penumpang
Ka15-Eks1	Ka_15	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eks	217
Ka15-Eko1	Ka_15	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	237
...
Ka15-Eko2	Ka_15	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	181

Tabel 2 Data Perjalanan KA 17

Kode	No Ka	Nama Ka	Asal	Tujuan	Kelas	Jumlah Penumpang
Ka17-Eks5	Ka_17	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eks	132
Ka17-Eko9	Ka_17	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	241
...
Ka17-Eko2	Ka_17	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	115

Tabel 3 Data Perjalanan KA 19

Kode	No Ka	Nama Ka	Asal	Tujuan	Kelas	Jumlah Penumpang
Ka19-Eks11	Ka_19	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eks	98
Ka19-Eko8	Ka_19	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	295
...
Ka19-Eko20	Ka_19	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	185

Tabel 4 Data Perjalanan KA 21

Kode	No Ka	Nama Ka	Asal	Tujuan	Kelas	Jumlah Penumpang
Ka21-Eks1	Ka_21	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eks	221
Ka21-Eko1	Ka_21	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	214
...
Ka21-Eko2	Ka_21	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	143

Tabel 5 Data Perjalanan KA 23

Kode	No Ka	Nama Ka	Asal	Tujuan	Kelas	Jumlah Penumpang
Ka23-Eks13	Ka_23	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eks	145
Ka23-Eko21	Ka_23	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	117
...
Ka23-Eko15	Ka_23	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	98

Tabel 6 Data Perjalanan KA 25

Kode	No Ka	Nama Ka	Asal	Tujuan	Kelas	Jumlah Penumpang
Ka25-Eks3	Ka_25	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eks	140
Ka25-Eko2	Ka_25	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	110
...
Ka25-Eko5	Ka_25	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	85

Tabel 7 Data Perjalanan KA 27

Kode	No Ka	Nama Ka	Asal	Tujuan	Kelas	Jumlah Penumpang
Ka27-Eks3	Ka_27	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eks	127
Ka27-Eko2	Ka_27	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	189
...
Ka27-Eko5	Ka_27	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	113

Tabel 8 Data Perjalanan KA 29

Kode	No Ka	Nama Ka	Asal	Tujuan	Kelas	Jumlah Penumpang
Ka29-Eks3	Ka_29	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eks	119
Ka29-Eko2	Ka_29	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	193
...
Ka29-Eko5	Ka_29	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	125

Tabel 9 Data Perjalanan KA 33

Kode	No Ka	Nama Ka	Asal	Tujuan	Kelas	Jumlah Penumpang
Ka33-Eks3	Ka_33	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eks	152
Ka33-Eko2	Ka_33	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	254
...
Ka33-Eko5	Ka_33	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	75

Tabel 10 Data Perjalanan KA 63

Kode	No Ka	Nama Ka	Asal	Tujuan	Kelas	Jumlah Penumpang
Ka63-Eks3	Ka_63	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eks	178
Ka63-Eko2	Ka_63	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	134
...
Ka63-Eko5	Ka_63	Argo Cheribon	Cn	Gmr	Eko	170

B. Pembangkitan Populasi Awal

Tahap pertama pada siklus algoritma genetika adalah pembangkitan populasi awal, pada penelitian ini populasi awal dibangkitkan dengan mengambil beberapa kromosom sebagai induk kromosom, selanjutnya dimasukan ke dalam satu populasi dalam setiap generasi. Rangkaian masing-masing kromosom memiliki isi gen yang berbeda berupa nilai yang diambil secara acak. Kromosom yang dibangkitkan adalah 8 kromosom sebagai populasi awal dengan panjang 10 gen. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 berikut ini.

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10
Kromosom 1	KA15-EKS3	KA17-EKS1	KA19-EKS2	KA21-EKO2	KA23-EKO1	KA25-EKO3	KA27-EKS9	KA29-EKO15	KA33-EKS7	KA63-EKS7
Kromosom 2	KA15-EKO3	KA17-EKO2	KA19-EKS6	KA21-EKO1	KA23-EKS18	KA25-EKO1	KA27-EKO9	KA29-EKO1	KA33-EKS1	KA63-EKS1
Kromosom 3	KA15-EKO1	KA17-EKO5	KA19-EKS10	KA21-EKS6	KA23-EKO5	KA25-EKS7	KA27-EKO10	KA29-EKO3	KA33-EKS2	KA63-EKO5
Kromosom 4	KA15-EKS5	KA17-EKS5	KA19-EKS5	KA21-EKO15	KA23-EKO15	KA25-EKS9	KA27-EKS1	KA29-EKS5	KA33-EKO6	KA63-EKS2
Kromosom 5	KA15-EKS11	KA17-EKS9	KA19-EKS9	KA21-EKS7	KA23-EKS11	KA25-EKS11	KA27-EKS8	KA29-EKS3	KA33-EKO2	KA63-EKO3
Kromosom 6	KA15-EKS12	KA17-EKO7	KA19-EKO8	KA21-EKO11	KA23-EKS3	KA25-EKO7	KA27-EKS3	KA29-EKO9	KA33-EKS5	KA63-EKS9
Kromosom 7	KA15-EKO7	KA17-EKO11	KA19-EKO12	KA21-EKO9	KA23-EKS7	KA25-EKO8	KA27-EKS4	KA29-EKO8	KA33-EKO9	KA63-EKS4
Kromosom 8	KA15-EKO4	KA17-EKS4	KA19-EKO2	KA21-EKS3	KA23-EKO10	KA25-EKS6	KA27-EKS7	KA29-EKS1	KA33-EKS4	KA63-EKS8

Gambar 3 Pembangkitan Populasi Awal

C. Membangun Fungsi Fitness

Fungsi *fitness* digunakan untuk mencari solusi optimal penyediaan gerbong berdasarkan jumlah penumpang untuk lintas perjalanan pada masing-masing jadwal keberangkatan kereta api. *Fitness* pada penelitian ini, sebelum melakukan perhitungan, terlebih dahulu menghitung jumlah penumpang berdasarkan lintas perjalanan kereta api di masing-masing jadwal keberangkatan pada setiap individu. Selanjutnya pada fungsi *fitness* menggunakan operator pembagi dengan menghitung kapasitas gerbong kelas yang tersedia pada masing-masing jadwal keberangkatan kereta api dikalikan dengan jumlah gerbong kelas. Kriteria tersebut selanjutnya dijadikan fungsi matematika sebagai fungsi kecocokan untuk mencari selisih yang mendekati dari kapasitas gerbong yang dimasukkan dan gen tersebut merupakan representasi dari kapasitas gerbong dan jumlah penumpang. Seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 1 – 3 berikut ini.

$$F = \frac{\sum_{x=1}^{n=10} jmlPnp}{KpG(eks) \times jmlGerbong \times \sum_{x=1}^n Eks} \times 100\% \quad (1)$$

$$F = \frac{\sum_{x=1}^{n=10} jmlPnp}{KpG(bis) \times jmlGerbong \times \sum_{x=1}^n Bis} \times 100\% \quad (2)$$

$$F = \frac{\sum_{x=1}^{n=10} jmlPnp}{KpG(eko) \times jmlGerbong \times \sum_{x=1}^n Eko} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

- F : menyatakan fungsi kecocokan
- KpG : menyatakan kapasitas gerbong (eks, bis, eko)
- n : menyatakan banyak gerbong
- x : menyatakan posisi gen
- jmlPnp : menyatakan jumlah penumpang
- jmlGerbong: menyatakan jumlah gerbong

Evaluasi fungsi *fitness* dilakukan terhadap setiap kromosom yang telah dibangkitkan pada populasi awal, proses ini dilakukan untuk menemukan kecocokan dengan cara melakukan perhitungan menggunakan fungsi kecocokan yang telah dibuat sebelumnya dan menghasilkan suatu nilai seperti yang diperlihatkan pada Tabel 11 berikut ini.

Tabel 11 Nilai Kecocokan Populasi Awal

Kromosom yang dibangkitkan	Nilai Kecocokan	
	Feks	Feko
Kromosom ke – 1	82%	73.67%
Kromosom ke – 2	62.88%	34.06%
Kromosom ke – 3	31.8%	50.25%
Kromosom ke – 4	19.1%	12.68%
Kromosom ke – 5	42.65%	32.48%
Kromosom ke – 6	53.24%	19.26%
Kromosom ke – 7	29.5%	65.24%
Kromosom ke – 8	36.12%	47.15%

D. Seleksi

Seleksi dilakukan untuk memilih kromosom dalam populasi, kromosom yang terpilih kemudian masuk ke proses persilangan. Teknik seleksi yang digunakan adalah *Rank Based Fitness*, teknik ini melakukan proses seleksi

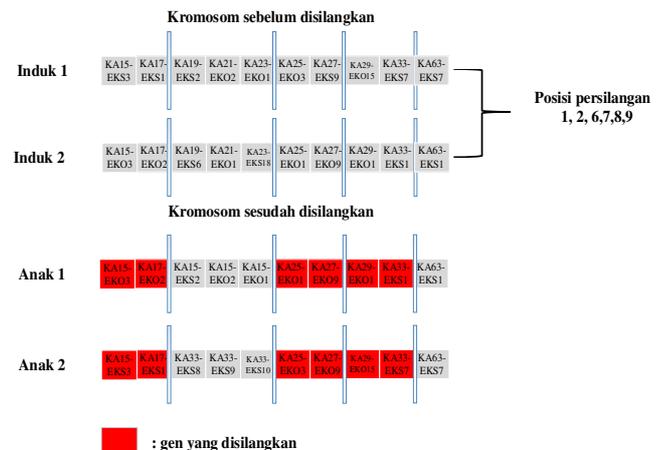
menggunakan sistem Roulette Wheel tetapi semua kandidat memiliki proporsi yang sama. Nilai fitness tertinggi akan berada pada *rank* pertama. 4 kromosom tertinggi akan dipilih untuk dilakukan proses persilangan. Seperti yang diperlihatkan pada tabel 12 berikut ini.

Tabel 12 Tabel Hasil Proses Seleksi

Kromosom	Nilai Kecocokan (Feks)	Rank
Kromosom ke – 1	82%	1
Kromosom ke – 2	62.88%	2
Kromosom ke – 6	53.24%	3
Kromosom ke – 5	42.65%	4
Kromosom	Nilai Kecocokan (Feko)	Rank
Kromosom ke – 1	73.67%	1
Kromosom ke – 7	65.24%	2
Kromosom ke – 3	50.25%	3
Kromosom ke – 8	47.15%	4

E. Persilangan

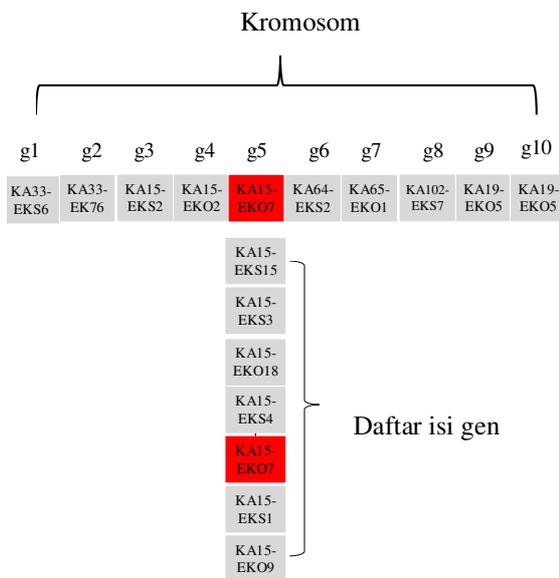
Persilangan dilakukan untuk menghasilkan generasi baru dari kromosom induk yang telah terpilih sebelumnya. Teknik persilangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Multi Point Crossover, teknik ini memiliki beberapa titik yang dijadikan sebagai acuan lokasi persilangan. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4 Proses Persilangan

F. Mutasi

Mutasi digunakan untuk mengubah nilai gen dengan tujuan untuk mendapatkan keturunan yang lebih baik dari generasi sebelumnya. Proses mutasi dikatakan berhasil jika menghasilkan nilai *fitness* yang lebih baik, maka individu hasil mutasi akan menggantikan individu lama. Pada penelitian ini teknik mutasi yang digunakan adalah Insertion Mutation, teknik ini gen yang dimutasikan dirubah sesuai daftar gen yang dilakukan secara acak pada segmen tertentu tanpa memperhitungkan gen yang lainnya. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5 Proses Mutasi

G. Penghentian Generasi

Penghentian generasi digunakan untuk menyatakan penghentian proses dalam algoritma genetika. Pada penelitian ini penghentian generasi dilakukan apabila telah mencapai batas maksimum generasi dan menghasilkan nilai fitness yang tetap. Apabila salah satu kondisi penghentian generasi terpenuhi, maka kromosom tersebut dinyatakan sebagai kromosom yang dipilih sebagai solusi optimal. Seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 13 Perbandingan Hasil Pengujian

Test	Input Jumlah Penumpang	Generasi	Berhenti pada Generasi ke-	Fitness Terpilih
1	250	50	48	236
		100	82	241
		250	141	241
		500	145	241
		750	166	241
2	500	50	49	485
		100	82	488
		250	142	490
		500	160	491
		750	152	491
3	750	50	48	736
		100	83	741
		250	144	740
		500	164	741
		750	166	741
		1000	167	741

Pengujian sistem optimalisasi penggunaan gerbong kereta api ini dilakukan sebanyak 18 kali dalam beberapa tahap, dengan memasukkan jumlah penumpang dan generasi dari 50 sampai dengan 1000 generasi, sehingga menghasilkan hasil

optimal berdasarkan jumlah penumpang yang dimasukkan. Nilai fitness yang dihasilkan cenderung naik dari generasi ke generasi berikutnya, sehingga dihasilkan nilai fitness yang lebih optimal pada generasi berikutnya karena memberikan eksplorasi terhadap ruang pencarian yang lebih besar, akan tetapi harus dibayar dengan waktu eksekusi yang lebih lama. Nilai *fitness* yang terpilih dari setiap generasi merepresentasikan jumlah *seat* yang optimal berdasarkan jumlah penumpang yang dimasukkan yaitu 250, 500, dan 750 penumpang. Hasil yang didapat pada pengujian dengan jumlah penumpang 250 orang dengan 100 generasi menghasilkan nilai kecocokan yang optimal yaitu 241 *seat* pada generasi ke 82 dengan persentase 98.18%.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah membuat sistem optimalisasi penggunaan gerbong kelas kereta api penumpang menggunakan algoritma genetika. Hasil dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi jumlah *seat* yang harus disediakan berdasarkan jumlah penumpang untuk kereta api pada masing-masing jadwal keberangkatan.

Pengujian yang dilakukan dengan dengan simulasi jumlah penumpang 250 orang, 500 orang, dan 750 orang. Pada setiap simulasi dilakukan enam kali pengujian dengan generasi yang berbeda-beda, sehingga total pengujian yang dilakukan sebanyak 18 pengujian. Berdasarkan pengujian yang dilakukan sebanyak tiga kali, simulasi optimalisasi tidak mencapai batas maksimum generasi, hal ini disebabkan nilai kecocokan yang tidak mengalami perubahan (*konvergen*) dan hasil yang didapat pada pengujian dengan jumlah penumpang 250 orang dengan 100 generasi menghasilkan nilai kecocokan yang optimal yaitu 241 *seat* pada generasi ke 82 dengan persentase 98.18%. Hal ini membuktikan bahwa sistem optimalisasi penggunaan gerbong kelas kereta api penumpang mampu memberikan rekomendasi jumlah *seat* yang harus disediakan berdasarkan jumlah penumpang.

REFERENSI

- [1] F. A. Amalia, "Optimalisasi Susunan Tempat Duduk Kereta Api Menggunakan Algoritma Greedy dan Program Dinamis," 2017.
- [2] I. A. Ashari, "Perbandingan Performansi Algoritma Genetika dan Algoritma Ant Colony Optimization dalam Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah," *Skripsi UNNES*, pp. 1–80, 2016.
- [3] P. Studi, U. G. Mada, J. Kemuning, and M. Sekip, "Optimasi solusi permasalahan rute kendaraan dengan pemerataan beban menggunakan," pp. 1–10, 2015.
- [4] S. Rajak, "Optimasi Tata Letak Fasilitas Produksi Menggunakan Algoritma Genetika," 2018, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/6570>.
- [5] E. Ismayanto, E. C. Djamal, and A. Komarudin, "Optimalisasi Penempatan Barang Dalam Ruang 3 (Tiga) Dimensi Menggunakan Algoritma Genetika," vol. 3, 2015.
- [6] M. Mitchell, "Introduction to genetic algorithms," *Sadhana - Acad. Proc. Eng. Sci.*, vol. 24, no. 4, pp. 293–315, 1999, doi: 10.1007/BF02823145.
- [7] Ubadillah Asep Subur; Djamal Esmeralda C; Yuniarti Rezki, "Optimalisasi Penjadwalan Tour Guide Wisata Jendela Alam Bandung Menggunakan Algoritma Genetika," *Pros. SNATIF ke-5 Tahun 2018*, 2019.

- [8] E. H. Siska, Vivi ;Parmadi, "Optimalisasi Pendistribusian Telur Menggunakan Metode Fuzzy Integer Transportation," *Pros. SNATIF ke-5 Tahun 2018*, 2018.
- [9] D. Sundarningsih, W. F. Mahmudy, and Sutrisno, "Penerapan Algoritma Genetika untuk Optimasi Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) Studi Kasus Air Minum Kemasan," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 1, no. 2, pp. 100–107, 2017.
- [10] R. I. Luthfi Ahmad Fadhil*, Esmeralda C Djamal, "Optimalisasi lahan tanah untuk area rumah dan jalan menggunakan algoritma genetika," *Jl. Terusan Jenderal Sudirman, Cimahi*, no. August, pp. 96–101, 2015.
- [11] U. A. A. Aziz, E. C. Djamal, and F. Renaldi, "Optimalisasi Penjadwalan Pemadaman Hotspot Kebakaran Hutan Dan Lahan Menggunakan Algoritma Genetik," *Semnasteknomedia ...*, no. July, 2017, [Online]. Available: <https://ojs.amikom.ac.id/index.php/semnasteknomedia/article/view/1711>.
- [12] E. C. Djamal and A. Komarudin, "Optimalisasi Penjadwalan Babak Penyisihan Pertandingan Sepak Bola Liga Mahasiswa Jawa Barat Menggunakan Algoritma Genetika," vol. 8, no. August, pp. 1–6, 2017.
- [13] M. A. Salido, J. Escamilla, A. Giret, and F. Barber, "A genetic algorithm for energy-efficiency in job-shop scheduling," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 85, no. 5–8, pp. 1303–1314, 2016, doi: 10.1007/s00170-015-7987-0.
- [14] P. D. A. G. K. A. J, "Optimalisasi Penempatan Biopori Untuk Mengurangi Banjir di Kota Cimahi Menggunakan Algoritma Genetika," *Pros. SNATIF ke-6 Tahun 2019*, no. 2007, pp. 96–101, 2019.
- [15] T. Iswari and A. M. S. Asih, "Comparing genetic algorithm and particle swarm optimization for solving capacitated vehicle routing problem," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 337, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/337/1/012004.