

## PENERAPAN ALGORITMA ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEM UNTUK PENYUSUNAN RENCANA PERJALANAN PARIWISATA

### IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEM ALGORITHM FOR ITINERARY PLANNING IN TOURISM

<sup>1</sup>Muhammad Zaid Dzulfikar, <sup>2</sup>Kemas Muslim Lhaksamana, <sup>3</sup>Z K A Baizal  
<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Informatika, Fakultas Informatika, Universitas Telkom  
<sup>1</sup>zaiddzulfikar@gmail.com, <sup>2</sup>kemas.muslim@gmail.com, <sup>3</sup>bayzal@gmail.com

#### Abstrak

Bandung adalah kota yang memiliki alam yang indah, masyarakat yang ramah, kuliner yang menggoda lidah, dan segudang sejarah. Maka tidak aneh jika banyak wisatawan domestik maupun mancanegara yang senang menghabiskan waktu untuk berwisata di kota kembang ini. Bicara soal waktu, masih banyak dari wisatawan yang waktunya tidak terkoordinir dengan baik dalam menghabiskan waktunya saat berwisata. Tentu hal ini disebabkan oleh banyak hal, salah satunya adalah rute tujuan yang tidak optimal. Pada tugas akhir ini kami berusaha membantu wisatawan dengan menghasilkan rute wisata yang optimal dengan *constraint* waktu dengan harapan waktu wisatawan yang terbuang menjadi lebih sedikit. Kasus ini serupa namun tak sama dengan *Travelling Salesman Problem* (TSP). Pada TSP, semua node dianggap sama sehingga kunjungan dapat dimulai dari mana saja asalkan kembali ke tempat tersebut. Sedangkan pada kasus ini, node yang mewakili tujuan wisata berbeda-beda jenisnya, seperti hotel, rumah makan, dan sebagainya. Dengan demikian, pengguna dapat memiliki preferensi terhadap urutan node yang ingin dikunjungi. Algoritma yang akan digunakan dalam kasus ini adalah *Artificial Immune System* (AIS). AIS adalah algoritma yang terinspirasi dari sistem kekebalan tubuh manusia. Algoritma AIS dalam kasus ini akan menghasilkan satu buah antibody yang merepresentasikan solusi urutan rute kunjungan wisata yang optimal.  
**Kata kunci:** *Perutean, Artificial Immune System, Travelling Salesman Problem*

#### Abstract

Bandung is a city that has a beautiful nature, friendly societies, tempting culinary taste buds, and a myriad of history. It is not strange if many domestic and foreign tourists who love to spend time sightseeing in the city of flowers. Usually still a lot of tourists that time not resolve well in spending his time while travelling. Of course this is caused by many things, one of which is the destination route is not optimal. In this final project we strive to assist travelers by generating optimal tourist routes with the constraint of time with the expectation of the time traveller becomes wasted a little more. The case is similar but not the same as the *Traveling Salesman Problem* (TSP). At the TSP, all nodes are considered the same so that a visit can be started from anywhere as long as it returns to the venue. Whereas, in this case, the node that represents a different kind of tourist destinations, such as hotels, restaurants, and so on. Thus, users can have a preference for the sequence of nodes that would like to visit. The algorithm that will be used in this case is an *Artificial Immune System* (AIS). AIS algorithm was inspired by the human immune system. The algorithm of the AIS in this case will result in a single fruit of antibodies which represents tourist route-order solutions are optimal.  
**.Keywords:** *Routing, Artificial Immune Systems, Travelling Salesman Problem*

#### I. Pendahuluan

Seorang wisatawan biasanya pergi ke suatu daerah untuk mengunjungi beberapa lokasi wisata dalam satu waktu. Biasanya seorang wisatawan menentukan rute perjalanannya hanya dengan menggunakan perkiraan yang tidak didasari tanpa hitungan pasti, maka tidak aneh jika dalam realitanya sering terjadi beberapa tujuan wisata yang sebelumnya sudah menjadi targetnya tidak sempat dikunjungi karena masalah kemacetan, jalan yang rusak, dan lain sebagainya. Oleh karena itu seorang wisatawan

mebutuhkan rute wisata yang optimal atas tujuan wisata yang sudah ditargetkan.

Kasus ini merupakan kasus *Traveling Salesman Problem* (TSP) dimana TSP adalah problem yang membutuhkan optimasi dalam menentukan rute perjalanan yang paling terpendek. TSP adalah *problem* untuk menentukan urutan dari sejumlah kota yang harus dilalui oleh *salesman*, setiap kota hanya boleh dilalui satu kali dalam perjalanannya, dan perjalanan tersebut harus berakhir pada kota keberangkatannya dimana *salesman* tersebut memulai perjalanannya, dengan jarak antara setiap kota satu dengan kota lainnya sudah diketahui. *Salesman* tersebut harus meminimalkan pengeluaran biaya, waktu, dan jarak

yang harus ditempuh untuk perjalanannya tersebut yang mana dalam tugas akhir ini kami akan meminimalkan waktu tempuh perjalanan tersebut.

Pada kasus kali ini merupakan TSP dengan sedikit modifikasi. Dalam kasus ini setiap node memiliki waktu buka dan tutup yang berbeda – beda. Kasus ini dapat diselesaikan dengan beberapa algoritma, namun dalam tugas akhir ini kami menggunakan algoritma *Artificial Immune System* (AIS). Algoritma ini memiliki kelebihan yaitu menggunakan metode seleksi mutasi dan bekerja secara paralel untuk menemukan solusi. Sehingga AIS dapat melakukan pencarian global dan pencarian lokal dengan baik.

## II. Metode Penelitian

### A. Dataset

Yang akan menjadi dataset dalam sistem yang kami bangun ini adalah daftar tempat wisata, *time matrix*, dan parameter dalam algoritma AIS.

#### 1. Daftar tempat wisata

Daftar tempat wisata terdiri dari destinasi wisata, waktu buka dan tutup destinasi wisata, dan lama kunjungan wisata dalam masing – masing destinasi. Daftar destinasi wisata yang kami jadikan sebagai *input* dalam pengujian kali ini adalah tempat-tempat wisata yang berada di wilayah bandung raya. Tempat wisata tersebut kami pilih secara sembarang.

#### 2. Time Matrix

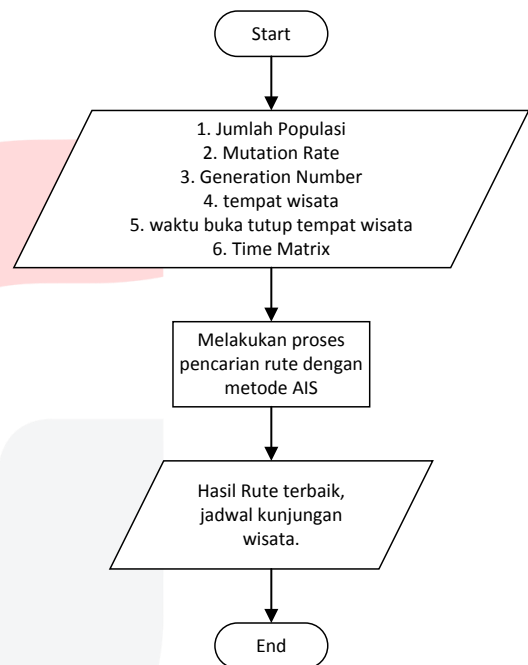
*Time matrix* ini akan diimport dari google API. *Time matrix* merupakan antigen pada AIS, yaitu waktu tempuh antara satu node ke node lainnya. Kemudian *time matrix* ini berguna dalam perhitungan *affinity*.

#### 3. Paramter Algoritma AIS

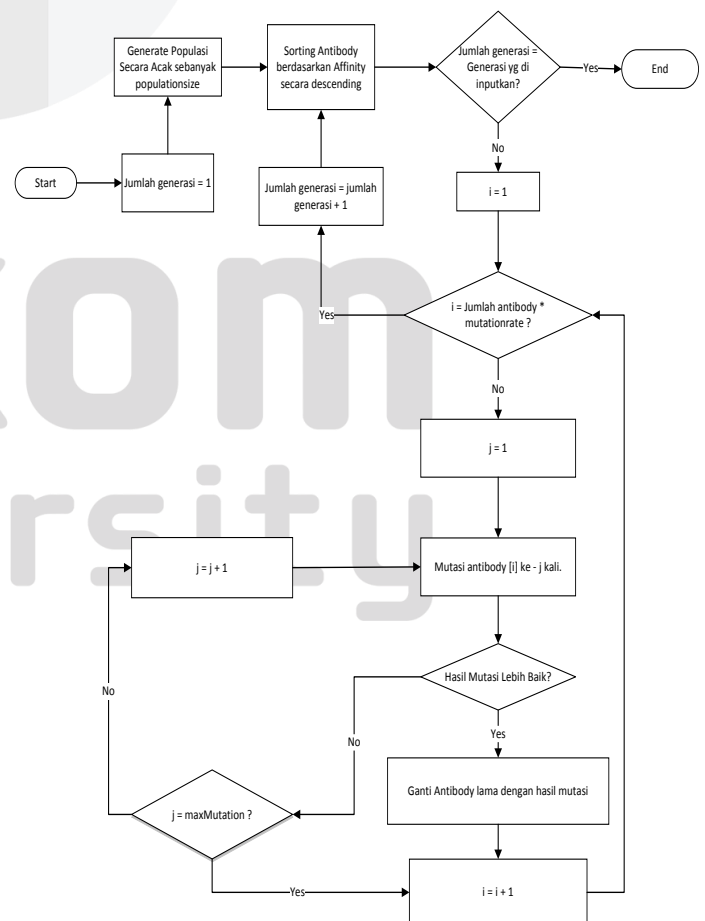
Parameter tersebut akan menentukan baik atau buruknya hasil atau solusi dari AIS. Parameter tersebut terdiri dari *population size*, *mutation rate*, dan *generation number*.

### B. Gambaran Umum Sistem

Sistem yang akan dibangun dalam tugas akhir ini adalah sistem yang menerima masukan data beberapa tujuan wisata, waktu buka dan tutup tempat wisata, lama kunjungan wisata dalam satu tempat wisata, *time matrix* yang diimport dari google API. Data tersebut akan diproses sedemikian sehingga akan menghasilkan suatu jadwal dan rute yang optimal bagi wisatawan. Algoritma yang digunakan dalam proses menghasilkan jadwal dan rute adalah *Artificial Immune System* (AIS).

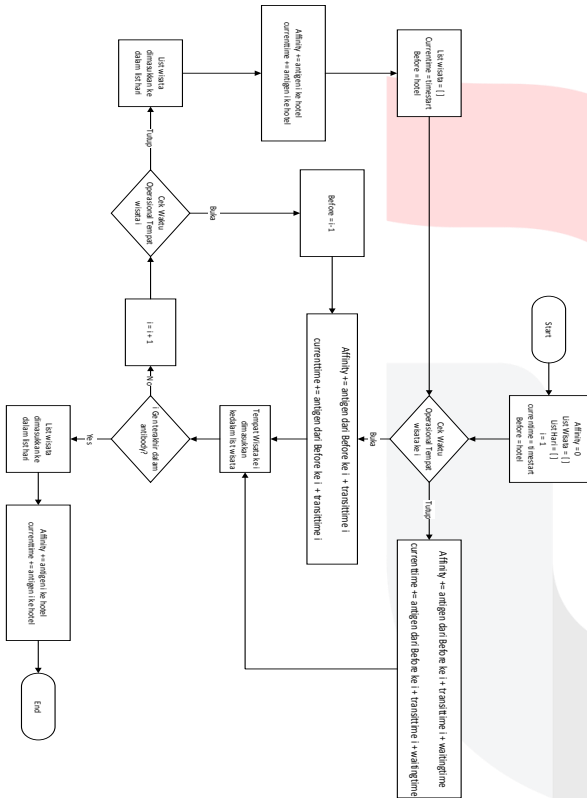


### C. Proses AIS



Gambar. 3.2. Flowchart AIS yang akan diterapkan dalam system

D. Proses Perhitungan Affinity



Pada skenario pengujian pertama ini kami akan mengobservasi pengaruh parameter AIS yaitu generation number, population size, dan mutation rate terhadap hasil atau keluarannya. Dalam pengujian pertama ini kami menggunakan dataset daftar wisata yang akan kami visualisasikan dalam tabel dan gambar dibawah ini:

Tabel. 4.1. Daftar destinasi wisata

No	Tempat Wisata	Waktu Operasional	Lama Kunjungan
Starting Point (S)	Hotel Lingga	24 Jam	-
1	Glamping lakeside	07.00 - 20.00	3 Jam
2	Backyard 145 Eatery and Bar	22.00 - 04.00	3 Jam
3	Farm House Susu Lembang	09.00 - 20.00	3 Jam
4	Lereng Anteng	08.00 - 22.00	3 Jam
5	Floating market Lembang	09.00 - 19.00	3 Jam
6	Tebing keraton	05.00 - 18.00	3 Jam
7	Kawah putih ciwiday	07.00 - 17.00	3 Jam
8	upside down bandung	10.00 - 20.00	3 Jam
9	Stone garden padalarang	00.00 - 23.00	3 Jam
10	De ranch Lembang	08.00 - 18.00	3 Jam
11	Bukit moko	00.00 - 23.00	3 Jam
12	Dusun bambu	08.00 - 22.00	3 Jam

III. Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian sistem

Setelah sistem dibangun maka akan dilakukan pencarian rute dengan sistem tersebut kemudian menentukan jadwal bagi wisatawan. Rute dan jadwal yang dihasilkan oleh sistem diharapkan memiliki hasil yang lebih optimal.

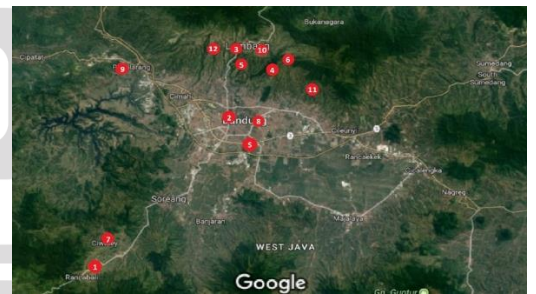
B. Skenario Pengujian

Skenario pengujian pada tugas akhir ini dibagi menjadi dua bagian. Pertama adalah pengujian untuk mengobservasi parameter-parameter dalam algoritma AIS dan bagaimana pengaruh dari parameter tersebut terhadap hasil / keluaran. Skenario pengujian yang kedua ialah untuk membandingkan hasil / keluaran sistem yang menggunakan algoritma AIS dengan sistem yang menggunakan algoritma lain, yang mana pada tugas akhir kali ini sistem dengan algoritma AIS akan dibandingkan dengan sistem yang menggunakan algoritma bruteforce. Agar hasil pengujian lebih baik maka dataset dalam skenario pengujian pertama dan kedua akan dibedakan.

C. Hasil Pengujian

1. Pengujian generation number, population size, dan mutation rate

Berikut adalah destinasi wisata yang telah ditentukan sebelumnya jika divisualisasikan pada peta:

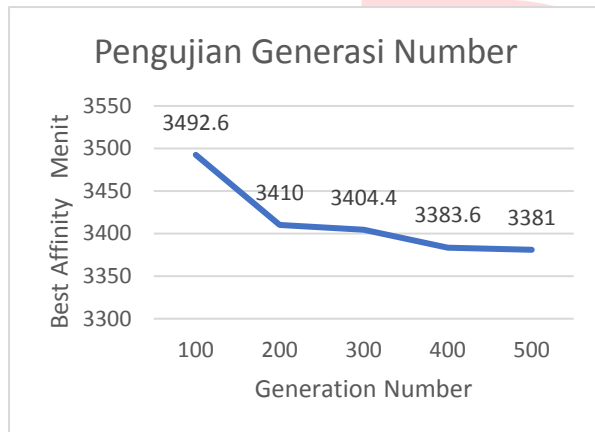


Gambar. 4.1. List destinasi wisata skenario 1 (source: maps.google.com)

a. Pengujian Generation Number

Pada pengujian kali ini akan dilakukan observasi untuk mencari jumlah generasi yang paling baik untuk mendapatkan solusi / hasil yang optimal. Pengujian ini kami lakukan sebanyak 10 kali kemudian hasil dari pengujian kami rata-rata lalu kami buat visualisasinya dengan grafik. Jumlah

generasi yang akan kami uji dalam pengujian kali ini adalah 100, 200, 300, 400, 500 [2]. Berikut adalah hasil pengujiannya:

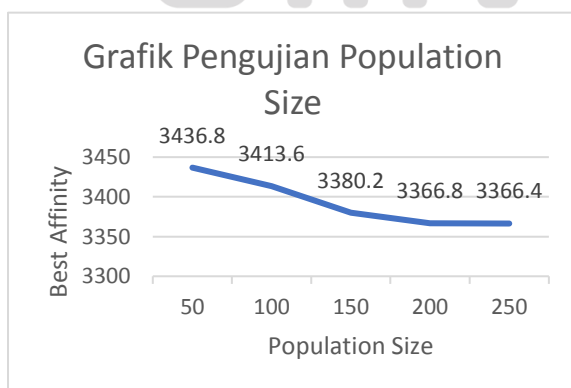


Gambar. 4.2. Grafik pengujian generation number

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa jika jumlah generasi semakin besar jumlah generasi maka *affinity* yang dihasilkan akan semakin baik, namun semakin besarnya jumlah generasi menyebabkan semakin kecil peningkatan optimasi. Hal ini disebabkan Karena pada generasi – generasi awal algoritma AIS berusaha mencari solusi yang terbaik. Semakin banyak jumlah generasi memungkinkan proses AIS mengganti solusi yang sudah baik. Hal ini dikarenakan solusi yang didapatkan sebelumnya sudah mendekati nilai optimal.

#### b. Pengujian Population Size

Pada pengujian kali ini akan dilakukan observasi *populasi size* yang bertujuan untuk melihat pengaruhnya terhadap hasil/keluaran dari sistem. Pengujian ini kami lakukan sebanyak 10 kali kemudian hasil dari pengujian kami rata-rata lalu kami buat visualisasinya dengan grafik. Jumlah *population size* yang akan kami lakukan pengujian adalah 50, 100, 150, 200, 250 [1]. Berikut adalah hasil pengujiannya:

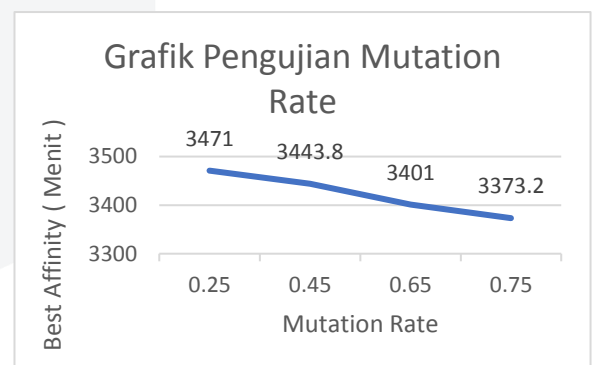


Gambar. 4.3. Grafik pengujian population size

Dari grafik diatas kita dapat kita lihat bahwa semakin besar jumlah populasi menghasilkan *affinity* yang semakin baik. Hal karena semakin besar jumlah populasi memungkinkan ruang pencarian solusi semakin luas sehingga solusi yang dihasilkan semakin banyak dan beragam.

#### c. Pengujian Mutation Rate

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat bagaimana pengaruh *mutation rate* terhadap hasil / keluaran system. Pengujian ini kami lakukan sebanyak 10 kali kemudian hasil dari pengujian kami rata-rata lalu kami buat visualisasinya dengan grafik. Jumlah *mutation rate* yang akan kami lakukan pengujian adalah 0.25 , 0.45 , 0.65 , 0.75 [1]. Berikut adalah hasilnya:



Gambar. 4.4. Grafik pengujian mutation rate

Grafik diatas menunjukkan bahwa semakin besar *mutation rate* maka solusi atau dalam kasus ini adalah *best affinity* akan semakin baik pula. Hal ini dikarenakan semakin besar *mutation rate* maka semakin besar pula *antibody* dalam populasi yang dilakukan proses mutasi dalam satu generasi.

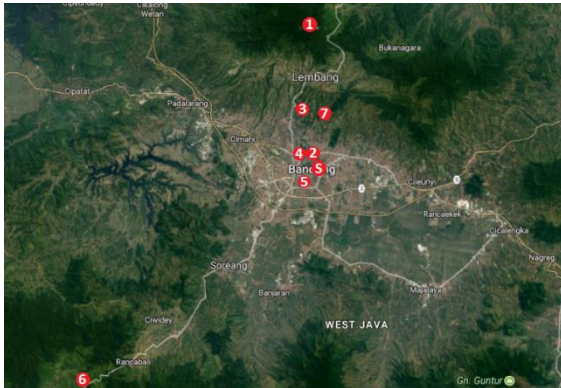
## 2. Perbandingan Hasil dengan Algoritma Bruteforce

Pada kali ini hasil pengujian dari algoritma artificial immune system akan dibandingkan dengan algoritma Bruteforce. Perbandingan ini dilakukan agar terlihat atau tergambaran sudah seberapa optimal solusi yang dihasilkan oleh algoritma AIS. Dataset tempat wisata yang digunakan pada skenario ini akan dibedakan dengan skenario pertama agar memberikan hasil dan gambaran yang lebih beragam. Berikut adalah dataset yang akan digunakan pada skenario kedua:



Tabel. 4.2. Daftar destinasi wisata

No	Tempat Wisata	Waktu Operasional	Lama Kunjungan
Starting Point (S)	The Trans Luxury Hotel	24 Jam	-
1	Tangkuban Perahu	07.00 - 18.00	2 Jam
2	Museum Geologi Bandung	09.00 - 18.00	2 Jam
3	Farm House Lembang	09.00 - 20.00	2 Jam
4	Kebun Binatang Bandung	08.00 - 22.00	2 Jam
5	Toko Sepatu Brodo Footwear	09.00 - 19.00	2 Jam
6	Situ Patengan Bandung	07.00 - 18.00	2 Jam
7	Lereng Anteng Bandung	07.00 - 17.00	2 Jam



Gambar. 4.5. List destinasi wisata skenario 2 (source: maps.google.com)

a. Hasil pengujian bruteforce

Tabel. 4.3. Hasil pengujian algoritma bruteforce

No.	Nama Tempat Wisata	Waktu Sampai	Lama Kunjungan	Waktu Pulang
<b>Hari Pertama</b>				
Hotel: The Trans Luxury Hotel				
1	Lereng Anteng Bandung	07:49	2 Jam	09:49
2	Tangkuban Perahu. Pukul	10:44	2 Jam	12:44
3	Farm House Susu Lembang	13:34	2 Jam	15:34
4	Kebun Binatang Bandung	16:02	2 Jam	18:02
5	Brodo Footwear Bandung	18:15	2 Jam	20:15
Waktu Perjalanan: 13 Jam 16.0 Menit				
<b>Hari Kedua</b>				
Hotel: The Trans Luxury Hotel				
1	Museum Geologi Bandung	07:18	2 Jam	09:18
2	Situ Patengan Bandung	11:26	2 Jam	13:26
Waktu Perjalanan: 8 Jam 54.0 Menit				
Total Waktu Perjalanan: 22 Jam 9.0 Menit				

b. Hasil pengujian AIS

Tabel. 4.4. Hasil pengujian algoritma AIS

No.	Nama Tempat Wisata	Waktu Sampai	Lama Kunjungan	Waktu Pulang
<b>Hari Pertama</b>				
Hotel: The Trans Luxury Hotel				
1	Lereng Anteng Bandung	07:49	2 Jam	09:49
2	Tangkuban Perahu. Pukul	10:44	2 Jam	12:44
3	Farm House Susu Lembang	13:34	2 Jam	15:34
4	Kebun Binatang Bandung	16:02	2 Jam	18:02
5	Brodo Footwear Bandung	18:15	2 Jam	20:15
Waktu Perjalanan: 13 Jam 16.0 Menit				
<b>Hari Kedua</b>				
Hotel: The Trans Luxury Hotel				
1	Museum Geologi Bandung	07:18	2 Jam	09:18
2	Situ Patengan Bandung	11:26	2 Jam	13:26
Waktu Perjalanan: 8 Jam 54.0 Menit				
Total Waktu Perjalanan: 22 Jam 9.0 Menit				

Setelah kami lakukan pengujian pada sistem dengan yang menggunakan algoritma AIS dan bruteforce dengan dataset yang sama ternyata kedua sistem menghasilkan solusi yang sama persis dengan total waktu perjalanan 22 jam 9 menit. Waktu tersebut adalah waktu wisatawan pada saat melakukan perjalanan wisata saja tanpa waktu menginap di hotel. Pada hari pertama waktu perjalanan yang dihasilkan adalah 13 jam 16 menit dengan 5 tujuan tempat wisata, dan hari kedua adalah 8 jam 54 menit dengan 2 tujuan tempat wisata. Hal ini membuktikan bahwa algoritma AIS telah menghasilkan solusi yang optimal karena hasil keluaran AIS sama dengan bruteforce. Algoritma bruteforce sendiri dapat dipastikan akan menghasilkan hasil yang optimal.

Walaupun algoritma bruteforce menghasilkan solusi yang pasti optimal namun dalam pencarian solusinya membutuhkan waktu yang lama tergantung banyak jumlah destinasi tempat wisatanya. Misal pada pengujian diatas terdapat 7 tempat wisata maka algoritma bruteforce akan memeriksa 823.543 (delapan ratus dua puluh tiga ribu lima ratus empat puluh tiga) solusi kemudian akan diperiksa solusi mana yang memiliki total waktu perjalanan yang paling cepat.

Sedangkan algoritma AIS membutuhkan waktu proses yang lebih singkat dibanding algoritma bruteforce. Hal ini disebabkan karena AIS hanya mencari solusi yang paling baik dari jumlah generasi dan jumlah populasi yang telah ditentukan. Misal jumlah generasi sama dengan 150 dan jumlah populasi sama dengan 50, maka algoritma AIS hanya akan mencari 7500 dan dapat dipastikan dari generasi ke generasi akan selalu menghasilkan hasil yang lebih baik.

#### IV. Kesimpulan

1. Algoritma *Artificial Immune System* (AIS) dapat digunakan pada kasus pencarian solusi *Traveling Salesman Problem* (TSP) untuk menentukan susunan rute dan jadwal kunjungan wisata bagi wisatawan dengan menghasilkan hasil yang optimal.
2. Parameter-parameter Algoritma *Artificial Immune System* yang berpengaruh dalam menentukan susunan rute dan jadwal kunjungan yang optimal adalah sebagai berikut.
  - Semakin besar jumlah generasi maka *affinity* yang dihasilkan akan semakin baik, namun semakin besarnya jumlah generasi menyebabkan semakin kecil peningkatan optimasi.
  - Semakin besar jumlah populasi akan menyebabkan untuk memungkinkan ruang pencarian solusi semakin luas sehingga solusi yang dihasilkan semakin banyak dan beragam.
  - Semakin besar *mutation rate* maka hasil solusi atau dalam kasus ini adalah *best affinity* akan semakin baik pula. Hal ini dikarenakan semakin besar *mutation rate* maka semakin besar pula *antibody* yang dilakukan proses mutasi dalam satu generasi.

#### Daftar Pustaka

- [1] Umi Kalsom Yusof, Mohd Nor Akmal Khalid. 2014. *Artificial Immune System for Optimizing Public Bus Transportation Route During Peak Off-Peak Hour*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences (AJBAS).
- [2] Keko, H., M. Skok and D. Skrlec, 2003. *Artificial Immune System in Solving Routing Problems*. Computer as a Tool. The IEEE Region, 1: 62-66. IEEE.
- [3] Z. Qiu, M. Chen, and J. Huang, "Design of Multi-mode E-commerce Recommendation System," 2010 Third Int. Symp. Intell. Inf. Technol. Secur. Informatics, no. 807018, pp. 530–533, Apr. 2010.
- [4] Jieqiong Zheng, Yunfang Chen, Wei Zhang. 2010. *A Survey of Artificial Immune Applications*.
- [5] J. Timmis, T Knight, L.N. de Castro, E. Hart. 2004. *An Overview of Artificial Immune Systems*.
- [6] Ricky Hardi. 2015. *Genetic Algorithm in Solving the TSP on These Mineral Water*. International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications.
- [7] Dwi Aries Suprayogi, Wayan F. Mahmudy. 2014. *Penerapan Algoritma Genetika Traveling Salesman Problem eith Time Window: Studi Kasus Antar Jemput Laundry*. Jurnal Buana Informatika.
- [8] Ying Tan. 2016. *Artificial Immune System: Applications in Computer Security*. Wiley-IEEE Press eBook Chapters.
- [9] Oliveira, D. Q., Zambroni de Souza, A. C., Almeida, A. B., Lima, I. 2015. *An Artificial Immune Approach for Service Restoration in Smart Distribution Systems*. IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Latin America (ISGT LATAM).
- [10] Farid, A.M., Wibowo, A.T. and Sulistiyo, M.D., Analisis dan Implementasi Algoritma Artificial Immune System Dalam Masalah Pemotongan Bahan (Cutting Stock Problem).
- [11] Ricci, Francesco, et al.(2011). "Recommender System Handbook". New York: Springer.