

PENERAPAN *K*-MEANS DAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK  
MENYELESAIKAN MTSP  
(Studi Kasus pada Perjalanan Menuju Seluruh SMA di Kabupaten Probolinggo)



SKRIPSI

Oleh:

MUHAMMAD FAIZ NAILUN NI'AM

NIM : 1842200034

FAKULTAS SOSIAL DAN HUMANIORA

UNIVERSITAS NURUL JADID

PROBOLINGGO

2022

## DAFTAR ISI

<b>1</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
A.	Latar Belakang Masalah . . . . .	1
B.	Rumusan Masalah . . . . .	2
C.	Tujuan Penelitian dan Pengembangan . . . . .	2
D.	Manfaat Penelitian . . . . .	2
E.	Batasan Masalah Penelitian . . . . .	3
<b>2</b>	<b>KAJIAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
A.	Penelitian Relevan . . . . .	4
B.	Dasar Teori . . . . .	5
B.1.	<i>Multiple Traveling Salesman Problem</i> . . . . .	5
B.2.	Algoritma . . . . .	6
B.3.	Algoritma <i>k</i> -means . . . . .	6
B.4.	Algoritma Genetika . . . . .	7
<b>3</b>	<b>KERANGKA TEORITIK DAN PENGEMBANGAN</b>	<b>8</b>
A.	Model Penelitian dan Pengembangan . . . . .	8
B.	Prosedur Penelitian dan Pengembangan . . . . .	9
B.1.	Data Penelitian . . . . .	9
B.2.	Instrumen Pendukung . . . . .	9
B.3.	Langkah-langkah Dalam Tahap Pengolahan Data . . . . .	11
<b>4</b>	<b>HASIL</b>	<b>13</b>
A.	Penyajian Data Uji Coba . . . . .	13
B.	Analisis Data . . . . .	13
C.	Revisi Produk . . . . .	13
<b>5</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>14</b>
A.	Kesimpulan . . . . .	14

B.   Saran . . . . .	14
----------------------	----

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Solusi MTSP dengan membagi menjadi 6 klaster . . . . .	5
2.2	Solusi MTSP dengan membagi menjadi 5 klaster . . . . .	5
3.1	Visualisasi data menggunakan jupyter notebook . . . . .	10
3.2	Menandai beberapa lokasi pada google earth . . . . .	10
3.3	Mengekspor data dan menjadikannya ke format excel . . . . .	11

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Kabupaten Probolinggo adalah salah satu dari beberapa kabupaten yang sedang berkembang di provinsi Jawa Timur. Banyak sekolah-sekolah menengah yang tersebar di Kabupaten Probolinggo. Oleh karena itu jika ada sebuah instansi yang akan menyebarkan barang, pamflet atau undangan kepada sekolah-sekolah tersebut diperlukanlah sebuah rute yang paling pendek agar dapat mempermudah perjalanan.

Selama bertahun-tahun, telah banyak penelitian tentang *Multiple Traveling Salesman Problem* (MTSP). Berbagai metode telah digunakan untuk mencari solusi MTSP, salah satunya adalah Algoritma Genetika (AG), ada banyak upaya untuk menggunakan AG dalam pengklasteran, metode ini dapat menemukan solusi lebih cepat daripada beberapa algoritma lain yang digunakan untuk pengklasteran [6]. Kemampuan menemukan solusi dari AG dimanfaatkan untuk mencari pusat kluster yang sesuai di ruang fitur sedemikian rupa sehingga kesamaan dari kluster yang dihasilkan dioptimalkan [9]. Ada juga upaya untuk menggunakan metode paralel untuk TSP untuk meningkatkan efisiensi [7]. Namun, menurut Zhang efisiensi AG akan menurun dengan cepat jika digunakan pada skala kota besar [16].

Penggunaan AG dan algoritma  $k$ -means adalah metode yang efektif untuk menyelesaikan MTSP, selain itu juga dapat menghindari persilangan antar salesman seperti yang dibahas oleh Lu pada artikelnya [8]. Dari gabungan semua perspektif tersebut, dalam proposal ini, digunakanlah AG dan  $k$ -means untuk menyelesaikan kasus pembagian kluster dan pencarian rute terdekat tiap kluster di seluruh SMP di Kabupaten Probolinggo.

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana cara mencari solusi *multiple traveling salesman problem* dengan *k*-means dan algoritma genetika?
2. Bagaimana pembagian klaster dan penentuan rute terdekat menuju seluruh SMA di Kabupaten Probolinggo?

## C. Tujuan Penelitian dan Pengembangan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk:

1. Mengetahui cara menemukan solusi *multiple traveling salesman problem* dengan *k*-means dan algoritma genetika.
2. Menemukan solusi pembagian klaster dan penentuan rute terdekat menuju seluruh SMA di Kabupaten Probolinggo.

## D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi Penulis, mengetahui cara menyelesaikan kasus *Multiple Traveling Salesman Problem* yang telah dipelajari yaitu dengan menggunakan metode *K-Means Clustering* dan Algoritma Genetika serta penulis dapat mengembangkan ilmu pemrograman python pada komputer.
2. Bagi Program Studi Pendidikan Matematika, menambah ilmu mengenai metode optimasi dan pencarian rute terdekat yang dapat diterapkan serta dipelajari kembali oleh mahasiswa pendidikan matematika untuk tahun-tahun selanjutnya, serta mengetahui rute-rute terdekat untuk menuju ke seluruh SMA di Kabupaten Probolinggo.

3. Bagi Masyarakat, dapat menggunakan metode tersebut untuk menyelesaikan kasus *Multiple Traveling Salesman Problem*, seperti penyebaran pestisida, pengintaian musuh pada militer, pendistribusian barang, dan lain-lain.

#### **E. Batasan Masalah Penelitian**

Berdasarkan latar belakang penelitian dan tujuan penelitian, batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. MTSP pada skripsi ini menggunakan 1 kota asal dan setiap salesman akan berangkat dan kembali pada simpul kota yang sama.
2. MTSP pada skripsi ini menggunakan menggunakan  $k$ -means untuk pengklasteraan dan algoritma genetika untuk menentukan rute terdekatnya.
3. Banyak titik tujuan selalu lebih besar dari setiap salesman.
4. Titik tujuan merupakan seluruh SMA di Kabupaten Probolinggo baik negeri maupun swasta.
5. Setiap titik tujuan diasumsikan selalu terhubung dan berjalan lurus
6. Tidak ada prioritas kota mana saja yang dilalui terlebih dahulu

## BAB 2

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Penelitian Relevan

Ada beberapa hasil penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini. Penelitian berjudul "Applying K-means and Genetic Algorithm for Solving MTSP" [8]. Penelitian tersebut membahas tentang persilangan jalur antar tiap salesman yang dapat dihindari dengan menggunakan algoritma genetika dan *k*-means. Dari penelitian tersebut dihasilkan bahwa dengan penggunaan algoritma genetika dan *k*-means untuk menyelesaikan MTSP dapat meminimalisir terjadinya tabrakan antar salesman.

Penelitian kedua berjudul "Optimasi *Multiple Travelling Salesman Problem* (M-TSP) Pada Penentuan Rute Optimal Penjemputan Penumpang *Travel* Menggunakan Algoritme Genetika" [13]. Penelitian tersebut membahas tentang permasalahan MTSP yaitu beberapa orang salesman yang akan berangkat dari kantor *travel* menuju ke alamat penjemputan masing-masing penumpang. Pada permasalahan tersebut menggunakan representasi permutasi, proses reproduksi *crossover* dengan *one cut point crossover*, proses mutasi dengan *exchange mutation*, dan proses seleksi dengan *elitism selection*.

Mayuliana, N. K., Kencana, E. N., dan Harini, L. P. I. dalam artikelnya yang berjudul "Penyelesaian Multitraveling Salesman Problem dengan Algoritma Genetika" [11], mempelajari tentang kinerja algoritma genetika berdasarkan jarak minimum dan waktu pemrosesan yang diperlukan untuk 10 kali pengulangan untuk setiap kombinasi kota penjual. Artikel karangan Al-Khateeb, B., dan Yousif, M. berjudul "*SOLVING MULTIPLE TRAVELING SALESMAN PROBLEM BY MEERKAT SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM*" [2] dalam artikel ini mengusulkan algoritma metaheuristik yang disebut algoritma *Meerkat Swarm Optimization* (MSO) untuk memecahkan MTSP dan menjamin solusi berkualitas baik dalam waktu yang wajar untuk masalah kehidupan nyata.



## B. Dasar Teori

### B.1. *Multiple Traveling Salesman Problem*

Menurut Al-Omeir dan Ahmed, *Multiple Travelling Salesman Problem* (MTSP) adalah salah satu kombinatorial optimasi masalah, yang dapat didefinisikan sebagai berikut: Ada  $m$  jumlah salesman yang harus melakukan perjalanan ke  $n$  sejumlah kota dimulai dengan depot dan berakhir di depot yang sama [3]. Selanjutnya para salesman harus melakukan perjalanan dari satu kota ke kota lain secara terus menerus tanpa mengulang kota mana saja yang telah dilintasi oleh para salesman dan mempertimbangkan jalur terpendek selama perjalanan tersebut. Metode MTSP sebenarnya banyak sekali, namun yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma genetika dan algoritma  $k$ -means.

Contoh solusi MTSP:

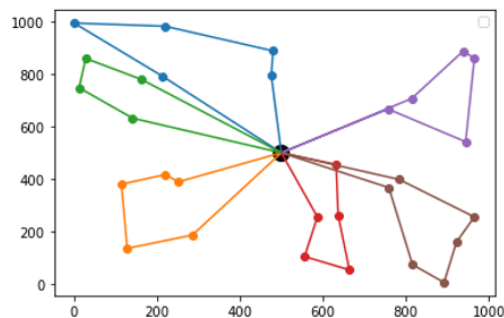


Figure 2.1: Solusi MTSP dengan membagi menjadi 6 klaster

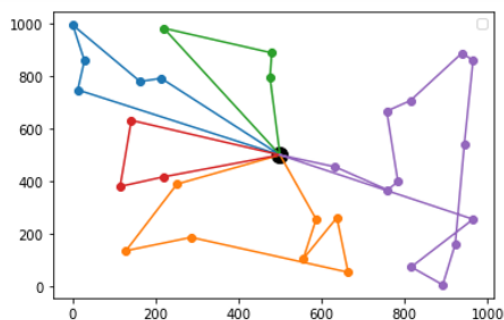


Figure 2.2: Solusi MTSP dengan membagi menjadi 5 klaster

## B.2. Algoritma

Maulana menyebutkan dalam artikelnya algoritma adalah kumpulan perintah untuk menyelesaikan suatu masalah dan diselesaikan dengan cara sistematis, terstruktur dan logis [10]. Algoritma digunakan untuk memecahkan permasalahan yang dialami oleh seorang pengguna program.

## B.3. Algoritma *k*-means

*K*-Means adalah jenis metode klasifikasi tanpa pengawasan yang mempartisi item data menjadi satu atau lebih kluster [1]. *K*-Means mencoba untuk memodelkan suatu dataset ke dalam kluster-kluster sehingga item-item data dalam suatu kluster memiliki karakteristik yang sama dan memiliki karakteristik yang berbeda dengan cluster lainnya.

Menurut S Monalisa [12] tahapan mengkluster menggunakan algoritma *k*-means adalah sebagai berikut:

1. Menentukan banyak kluster sesuai dengan keinginan
2. Pilih beberapa *centroid* secara acak sesuai banyak kluster
3. Hitung jarak titik ke centroid dengan rumus *euclidean distance*

$$d_{xy} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (2.1)$$

4. Titik-titik yang tersebar masuk ke kluster yang sama dengan titik *centroid* yang paling dekat
5. Perbarui *centroid* dengan menghitung nilai rata-rata nilai pada masing-masing kluster
6. Lakukan iterasi sebanyak mungkin dengan kembali ke tahapan 3 sampai tidak ada perubahan kluster atau perubahan nilai *centroid*

#### B.4. Algoritma Genetika

Pada artikel Hermanto disebutkan bahwa algoritma genetika adalah algoritma yang digunakan untuk mencari solusi suatu permasalahan dengan cara yang lebih alami yang terinspirasi dari teori evolusi [5]. Dalam hal ini, algoritma genetika dapat juga digunakan untuk pencarian sebuah rute terpendek dalam sebuah kasus perjalanan.

Menurut Armanda RS [4] dalam artikelnya menyampaikan penyelesaian masalah menggunakan algoritma genetika memerlukan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Menyiapkan populasi, dalam penelitian ini yang digunakan adalah data yang telah dikluster menggunakan algoritma *k*-means
2. Melakukan reproduksi dengan crossover dan mutasi pada pembentukan awal populasi
3. Seleksi dengan metode elitism
4. Menentukan nilai fitness agar mendapatkan solusi akhir yang optimal.  
Berikut merupakan persamaan perhitungan dalam mengetahui nilai fitness pada metode algoritma genetika

$$fitness = \frac{10000}{RMSE} \quad (2.2)$$

5. Iterasi dilakukan untuk generasi berikutnya.

## **BAB 3**

### **KERANGKA TEORITIK DAN PENGEMBANGAN**

#### **A. Model Penelitian dan Pengembangan**

*Research and Development (R&D)* atau penelitian dan pengembangan adalah suatu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk [14]. Berdasarkan pendapat tersebut, metode *Research and Development (R&D)* atau penelitian dan pengembangan dalam bidang pendidikan merupakan penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan atau mengembangkan dan memvalidasi suatu produk pendidikan secara efektif. Model penelitian dan pengembangan dalam skripsi ini melalui tahapan sebagai berikut:

1. Tahap pengumpulan data, kegiatan yang dilakukan pada tahap pertama adalah peneliti mengumpulkan data. Pada tahap ini peneliti juga mencari informasi data, yaitu membaca artikel penelitian sebelumnya yang berkaitan dan juga menyiapkan alat bantu atau aplikasi yang akan digunakan untuk membantu pengolahan data. Dari tahap ini data akan dikumpulkan untuk kemudian melanjutkan ke tahapan selanjutnya.
2. Tahap pengolahan data, pada tahap ini penulis mulai mengolah data yang telah dikumpulkan sebelumnya untuk di olah dan dari tahap ini akan dilakukan ujicoba untuk mengetahui keefektifan suatu produk.
3. Tahap analisis, setelah mendapatkan hasil uji coba peneliti mulai menganalisis hasil, menjabarkan, serta mengevaluasinya.
4. Tahap implementasi, pada tahap terakhir ini penelitian yang telah dievaluasi dapat digunakan dan diterapkan pada tempat penelitian.

## **B. Prosedur Penelitian dan Pengembangan**

### **B.1. Data Penelitian**

Berdasarkan studi kasus dalam skripsi ini, data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data koordinat dari seluruh SMA di Kabupaten Probolinggo. Data nama-nama sekolah dikumpulkan dari <https://data.sekolah-kita.net>, dan data koordinat dikumpulkan melalui aplikasi Google Earth yang dapat diunduh langsung ke dalam bentuk excel. Waktu yang diperlukan peneliti untuk mengumpulkan data dari web tersebut kurang lebih sekitar satu bulan.

### **B.2. Instrumen Pendukung**

#### **1. Python**

Dalam penelitian ini akan digunakan bahasa pemrograman python untuk mempermudah pengerjaan. Bahasa python adalah bahasa pemrograman baru di masa sekarang, karena dalam bahasa ini lebih simple dan singkat dalam membuat program [15]. Bahasa pemrograman ini merupakan bahasa pemrograman yang paling mudah dipelajari dari pada bahasa pemrograman yang lain. Serta dalam bahasa pemrograman ini dapat menjalankan beberapa rumus matematika di dalamnya. Selain itu bahasa Python telah digunakan secara luas, dan masuk dalam 3 besar bahasa pemrograman yang digunakan dalam beberapa tahun belakangan.

#### **2. Jupyter Notebook**

Jupyter Notebook adalah aplikasi web gratis yang digunakan untuk membuat dan membagikan dokumen yang memiliki kode, hasil hitungan, visualisasi, dan teks. Notebook ini juga mendukung 3 bahasa pemrograman salah satunya adalah bahasa pemrograman python. Banyak kelebihan yang disajikan dari aplikasi ini salah satunya adalah visualisasi data, mendokumentasikan kode, dan menjalankan kode dalam setiap sel.

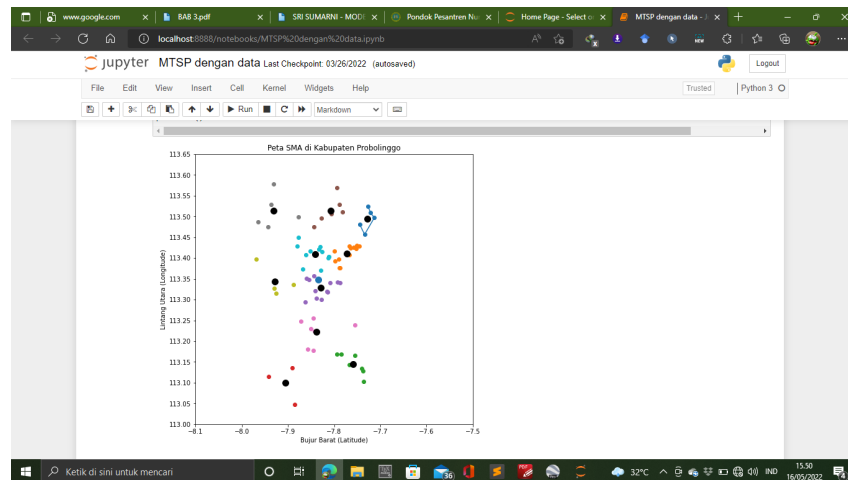


Figure 3.1: Visualisasi data menggunakan jupyter notebook

### 3. Google Earth

Google earth digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan koordinat lokasi seluruh SMA di Kabupaten Probolinggo. Dalam hal ini google earth dapat menandai beberapa lokasi dan mengekspor langsung kedalam bentuk excel. Data-data lokasi yang telah didownload ke dalam bentuk excel akan diproses menggunakan jupyter notebook.

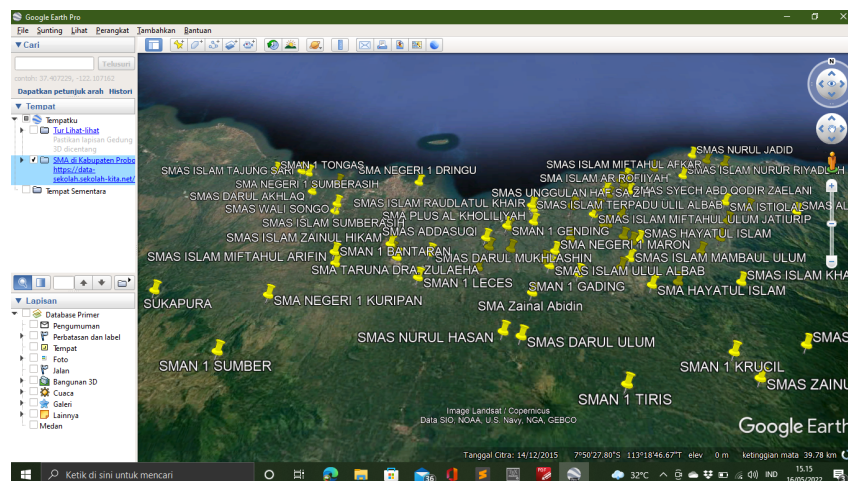


Figure 3.2: Menandai beberapa lokasi pada google earth

	A	B	C	D	E
	Nama Sekolah	Latitude (Sumbu X)	Longitude (Sumbu Y)	Klaster	Urutan
2	SMAN 1 SUMBER	-7,94	113,11	D	
3	SMAN 1 SUKAPURA	-7,89	113,05	D	
4	SMAN 1 BANTARAN	-7,84	113,18	G	
5	SMAS ISLAM MIFTAHUL ARIFIN	-7,86	113,18	G	
6	SMA TARJUNA DIRA ZULAEHA	-7,85	113,25	G	
7	SMAN 1 LECES	-7,87	113,25	G	
8	SMAS ISLAM ZAINUL HIKAM	-7,84	113,22	G	
9	SMAS IT KYAI SEKAR AL AMRI	-7,84	113,22	G	
10	SMAS DARUL MUHLASHIN	-7,85	113,26	G	
11	SMA ISLAM MIFTAHUL ULUM GUNUNG GENI	-7,86	113,29	E	
12	SMA NAZHATUT THOLIBIN	-7,84	113,30	E	
13	SMAS ADDASUJI	-7,83	113,30	E	
14	SMAS ISLAM RADEN FATAH	-7,84	113,32	E	
15	SMAN 1 TIRIS	-7,97	113,40	I	
16	SMAS DARUL ULUM	-7,93	113,33	I	
17	SMAS NURUL HASAN	-7,93	113,31	I	
18	SMA HAYATUL ISLAM	-7,88	113,43	J	
19	SMAN 1 KRUCIL	-7,94	113,40	H	
20	SMAS ISLAM AR ROHMAH	-7,93	113,58	H	11
21	SMAS ISLAM NURUL HUDA	-7,94	113,53	H	10
22	SMAS ZAINUL HASAN 2 KRUCIL	-7,96	113,49	H	
23	SMAS ISLAM AL MUHAMMADIYAH	-7,93	113,43	I	

Figure 3.3: Mengekspor data dan menjadikannya ke format excel

### B.3. Langkah-langkah Dalam Tahap Pengolahan Data

1. Menyiapkan data yang telah dikumpulkan sebelumnya.
2. Selanjutnya menentukan jumlah klaster yaitu sebanyak  $n$  klaster. Data yang telah dikumpulkan pada tahap ini akan dibagi menjadi beberapa klaster, metode yang digunakan algoritma  $k$ -means.
3. Langkah-langkah yang digunakan dalam metode  $k$ -means adalah sebagai berikut

(a) Memilih sebanyak  $n$  *centroid* secara acak, sesuai dengan berapa banyak salesman yang akan ditugaskan

(b) Menghitung jarak data ke *centroid* dengan rumus *euclidean distance*

$$d_{xy} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (3.1)$$

(c) Titik-titik lokasi yang tersebar merupakan klaster yang sama dengan titik *centroid* paling dekat

(d) Perbarui *centroid* tiap klaster yang dihasilkan dengan menghitung nilai koordinat rata-rata titik nilai pada masing-masing klaster.

- (e) Iterasi dilakukan untuk generasi berikutnya sampai yaitu dengan kembali ke tahapan (b) sampai tidak ada perubahan klaster atau perubahan nilai *centroid*
4. Selanjutnya melakukan proses TSP pada setiap klaster yang telah dibagi, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.
- (a) Membuat populasi awal secara random menggunakan data yang telah diklaster
  - (b) Melakukan reproduksi dengan metode *crossover* dengan peluang 0,95
  - (c) Melakukan mutasi pada data dengan peluang 0,01
  - (d) Selanjutnya seleksi dengan mode eliminasi
  - (e) Menentukan nilai fitness agar mendapatkan solusi akhir yang optimal dengan rumus:
 
$$fitness = \frac{10000}{RMSE} \quad (3.2)$$
  - (f) Iterasi dilakukan dengan cara kembali ke tahapan b untuk generasi berikutnya sampai hasil yang dilakukan optimal atau mendekati optimal.
5. Ketika proses diatas selesai dilakukan maka dihasilkanlah pembagian klaster dan rute terdekat tiap klaster menuju seluruh SMP di Kabupaten Probolinggo
6. Mengevaluasi data yang dihasilkan



## **BAB 4**

### **HASIL**

- A. Penyajian Data Uji Coba**
- B. Analisis Data**
- C. Revisi Produk**

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

**A. Kesimpulan**

**B. Saran**

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agusta, Y. (2007). K-means—penerapan, permasalahan dan metode terkait. *Jurnal Sistem dan informatika*, 3(1):47–60.
- [2] Al-Khateeb, B. and Yousif, M. (2019). Solving multiple traveling salesman problem by meerkat swarm optimization algorithm. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 54(3).
- [3] Al-Omeir, M. A. and Ahmed, Z. H. (2019). Comparative study of crossover operators for the mtsp. In *2019 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCIS)*, pages 1–6. IEEE.
- [4] Armanda, R. S. and Mahmudy, W. F. (2016). Penerapan algoritma genetika untuk penentuan batasan fungsi kenggotaan fuzzy tsukamoto pada kasus peramalan permintaan barang. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 3(3):169–173.
- [5] Hermawanto, D. (2003). Algoritma genetika dan contoh aplikasinya. *Retrieved*, 10(25):2013.
- [6] Krishna, K. and Murty, M. N. (1999). Genetic k-means algorithm. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 29(3):433–439.
- [7] Li, L., Zhang, K., Yang, S., and He, J. (2016). Parallel hybrid genetic algorithm for maximum clique problem on opencl. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 13(6):3595–3600.
- [8] Lu, Z., Zhang, K., He, J., and Niu, Y. (2016). Applying k-means clustering and genetic algorithm for solving mtsp. pages 278–284.
- [9] Maii, U. and Bandyopadhyay, S. (2000). Genetic algorithm-based clustering technique. *j. Pattern Recogn*, 33:1455–1465.

- [10] Maulana, G. G. et al. (2017). Pembelajaran dasar algoritma dan pemrograman menggunakan el-goritma berbasis web. *J. Tek. Mesin*, 6(2):8.
- [11] Mayuliana, N. K., Kencana, E. N., and Harini, L. P. I. (2015). Penyelesaian multi traveling salesman problem dengan algoritma genetika. *E-Jurnal Mat*, 6(1):1–6.
- [12] Monalisa, S. (2018). Klasterisasi customer lifetime value dengan model lrfm menggunakan algoritma k-means. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 5(2):247–252.
- [13] Raditya, P. M. R. and Dewi, C. (2017). Optimasi multiple travelling salesman problem (m-tsp) pada penentuan rute optimal penjemputan penumpang travel menggunakan algoritme genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN*, 2548:964X.
- [14] Sugiyono, D. (2016). Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan r&d.
- [15] Syahrudin, A. N. and Kurniawan, T. (2018). Input dan output pada bahasa pemrograman python. *Jurnal Dasar Pemrograman Python Stmik, January*, pages 1–7.
- [16] Zhang, K., Yang, S., Qiu, M., et al. (2014). Parallel genetic algorithm with opencl for traveling salesman problem. In *Bio-Inspired Computing-Theories and Applications*, pages 585–590. Springer.

## **Lampiran 1 Daftar Hadir Peserta**

## **Lampiran 2 Instrumen Penelitian**