Analisis Panjang Populasi dan Banyak Generasi Algoritma Genetika pada *Traveling Salesman Problem*

Muhammad Iqbal Mubarok*, Icih Sukarsih, Yurika Permanasari

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

[*]mubarok.iqbal@gmail.com, icih@unisba.ac.id, yurika@unisba.ac.id

Abstract. The *Traveling Salesman Problem* (TSP) is an important optimization problem in the fields of computer science and mathematics. Its main objective is to find the shortest route that involves visiting a specific set of points or cities by a salesman. Genetic Algorithms (GA) have become a popular approach in solving the *Traveling Salesman Problem* due to their ability to generate solutions that approximate optimality. In this study, an analysis was conducted on the population size and number of generations in the Genetic Algorithm for solving the *Traveling Salesman Problem*. The aim of this research was to analyze the influence of these two parameters on the performance of the genetic algorithm in achieving near-optimal solutions. A case study was conducted on the distribution of a small and medium-sized enterprise (SME) product in Bandung. The evaluation was based on the shortest route length discovered by the the Genetic Algorithms within a specified number of iterations. The experimental results indicated that increasing the population size in the Genetic Algorithms can enhance the algorithm's ability to find better solutions. With a larger number of individuals in the population, the algorithm had more opportunities to explore the solution space and discover the shortest routes that met the the *Traveling Salesman Problem* criteria.

Keywords: *Traveling Salesman Problem, Genetic Algorithm, Population, Generation, Optimization.*

Abstrak. *Traveling Salesman Problem* (TSP) adalah masalah optimasi yang penting dalam bidang ilmu komputer dan matematika. Tujuan utama dari TSP adalah mencari rute terpendek yang melibatkan kunjungan ke sejumlah titik atau kota tertentu oleh seorang salesman. Algoritma Genetika (AG) telah menjadi salah satu pendekatan populer dalam menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* karena kemampuannya untuk menghasilkan solusi yang mendekati optimum. Pada penelitian ini, dilakukan analisis mengenai panjang populasi dan banyak generasi pada Algoritma Genetika dalam menyelesaikan *Traveling Salesman Problem*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh kedua parameter tersebut terhadap kinerja Algoritma Genetika dalam mencapai solusi yang mendekati optimal. Digunakan studi kasus pendistribusian suatu produk UMKM (Usaha Mikro Kecil dan Menengah) di Bandung. Evaluasi dilakukan berdasarkan panjang rute terpendek yang ditemukan oleh Algoritma Genetika dalam jumlah iterasi tertentu. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dengan peningkatan panjang populasi pada Algoritma Genetika dapat meningkatkan kemampuan algoritma untuk menemukan solusi yang lebih baik. Dengan jumlah individu dalam populasi yang lebih besar, algoritma memiliki lebih banyak kesempatan untuk menjelajahi ruang solusi dan menemukan rute terpendek yang memenuhi kriteria *Traveling Salesman Problem*.

Kata Kunci: *Traveling Salesman Problem, Algoritma Genetika, Populasi, Generasi, Optimisasi.*

Corresponding Author
Email: icih@unisba.ac.id

A. Pendahuluan

Dalam dunia bisnis dan industri yang kompetitif, optimasi rute berperan penting dalam mencapai efisiensi operasional yang optimal, meningkatkan produktivitas, dan pada akhirnya mencapai tingkat keuntungan yang lebih tinggi. Konsep pengoptimasian rute ini melibatkan perencanaan dan pengaturan urutan yang optimal dari berbagai titik atau lokasi yang harus dikunjungi dalam rangka mencapai tujuan tertentu. Rute dalam konteks bisnis dapat mencakup berbagai aspek seperti pengiriman barang, kunjungan penjualan, pengumpulan sampah, atau kunjungan teknisi lapangan. Salah satu permasalahan yang menantang dalam pengoptimasian rute adalah *Travelling Salesman Problem* (TSP).

Traveling Salesman Problem (TSP) adalah salah satu bentuk masalah optimasi yang kompleks. Pada dasarnya bertujuan untuk menemukan rute dari perjalanan seorang sales yang dimulai dari lokasi (kota) awal, mengunjungi beberapa kota yang telah ditentukan kemudian kembali ke kota asal sedemikian rupa sehingga jarak total yang ditempuh minimum dan setiap kota dikunjungi tepat satu kali [1][2]. *Traveling Salesman Problem* (TSP) memiliki kompleksitas yang tinggi karena jumlah kemungkinan rute yang dapat dihasilkan meningkat secara eksponensial seiring dengan penambahan jumlah kota yang harus dikunjungi.

Sebagai sebuah permaslahan, *Traveling Salesman Problem* (TSP) memerlukan penyelesaian. Prosedur sederhana dalam penyelesaian masalah *Traveling Salesman Problem* (TSP) dibagi menjadi dua metode, yaitu metode optimal (eksak) dan metode aproksimasi. Metode optimal akan menghasilkan solusi yang optimal (minimum) sedangkan metode aproksimasi akan menghasilkan solusi yang mendekati optimal. Penyelesaian eksak untuk masalah *Traveling Salesman Problem* (TSP) adalah mengharuskan perhitungan terhadap semua kemungkinan sirkuit yang dapat diperoleh, kemudian memilih sirkuit terbaik dengan jarak total atau biaya yang paling minimum.[3][4].

Untuk menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* (TSP), telah dikembangkan berbagai pendekatan dan algoritma. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah menggunakan Algoritma Genetika. Algoritma Genetika adalah salah satu teknik optimasi yang terinspirasi dari mekanisme evolusi dalam alam. Algoritma Genetika menggunakan konsep seleksi alami, persilangan, dan mutasi untuk menghasilkan solusi-solusi yang semakin baik dari generasi ke generasi. Dalam Algoritma Genetika, panjang populasi dan banyak generasi menjadi parameter penting yang perlu ditentukan untuk mencapai hasil yang optimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh panjang populasi dan banyak generasi pada kinerja Algoritma Genetika dalam menyelesaikan TSP. Dengan melakukan analisis yang komprehensif, diharapkan dapat ditemukan pengaturan optimal untuk kedua parameter tersebut, sehingga dapat memperoleh solusi yang mendekati optimal.

Harapan dari tugas akhir ini adalah untuk memberikan kontribusi dalam pengembangan dan pemahaman lebih lanjut tentang algoritma yang efektif dalam menyelesaikan *Travelling Salesman Problem* (TSP). Selain itu, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan panduan dan rekomendasi bagi para praktisi dalam mengoptimalkan rute perjalanan yang melibatkan banyak titik kunjungan dalam berbagai konteks aplikasi, seperti logistik, distribusi, dan pariwisata.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana Algoritma Genetika menyelesaikan permasalahan *Traveling Salesman Problem* (TSP)?
2. Bagaimana hubungan antara panjang populasi dan kinerja Algoritma Genetika dalam menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* (TSP)?.
3. Bagaimana hubungan antara banyak generasi dan kinerja Algoritma Genetika dalam menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* (TSP)?.

Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara panjang populasi dan banyak generasi dalam Algoritma Genetika pada permasalahan *Traveling Salesman Problem*.

Tujuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara panjang populasi dan banyak generasi dalam Algoritma

Genetika pada permasalahan *Traveling Salesman Problem*.

Penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk memberikan panduan dan rekomendasi bagi para praktisi dalam mengoptimalkan rute perjalanan yang melibatkan banyak titik kunjungan dalam berbagai konteks aplikasi, seperti logistik, distribusi, dan pariwisata.

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang perlu diperhatikan. Berikut adalah beberapa batasan masalah yang relevan dalam konteks penelitian ini:

1. Evaluasi kinerja algoritma dilakukan berdasarkan panjang rute terpendek yang ditemukan oleh Algoritma Genetika dalam jumlah iterasi tertentu.
2. Parameter lain dalam Algoritma Genetika, seperti metode seleksi, *crossover*, dan mutasi, tidak menjadi fokus utama dalam analisis ini.
3. Analisis tidak mempertimbangkan faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kinerja Algoritma Genetika, seperti kondisi lingkungan atau aspek praktis dalam implementasi.
4. Setiap titik lokasi dapat dikunjungi dari titik lokasi manapun lainnya. Dalam hal ini, tidak ada batasan khusus mengenai aksesibilitas atau keterhubungan antara titik-titik yang harus dikunjungi oleh salesman.
5. *Haversine* Formula digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik pada permukaan bumi dengan asumsi permukaan bumi adalah bola dengan jari-jari tetap dan tidak mempertimbangkan hambatan fisik seperti gedung, sungai, danau, atau bahkan tembok yang dianggap menghalangi jalur antara dua titik tersebut.
6. Spesifikasi komputer yang digunakan untuk komputasi adalah *MacBook Pro* tahun 2020 dengan chipset M1, RAM 8GB, SSD 256GB, dan sistem operasi MacOS Ventura 13.2.1.

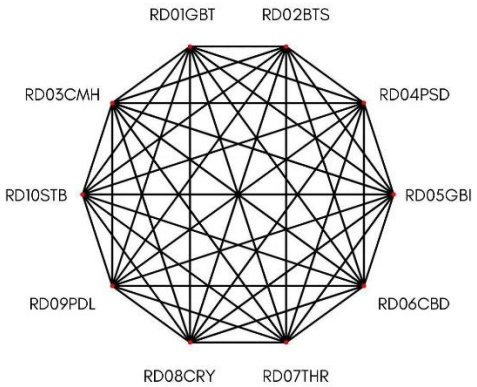
B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental. Metode penelitian eksperimental adalah pendekatan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui sebab-akibat antara satu atau beberapa variabel bebas (dalam hal ini, panjang populasi dan banyak generasi algoritma genetika) terhadap variabel terikat (dalam hal ini, performa solusi dari *Traveling Salesman Problem*). Dalam metode ini, peneliti akan mengatur dan mengontrol variabel-variabel yang diteliti untuk mengidentifikasi pengaruhnya terhadap hasil yang diinginkan.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Simulasi Masalah *Traveling Salesman Problem* (TSP)

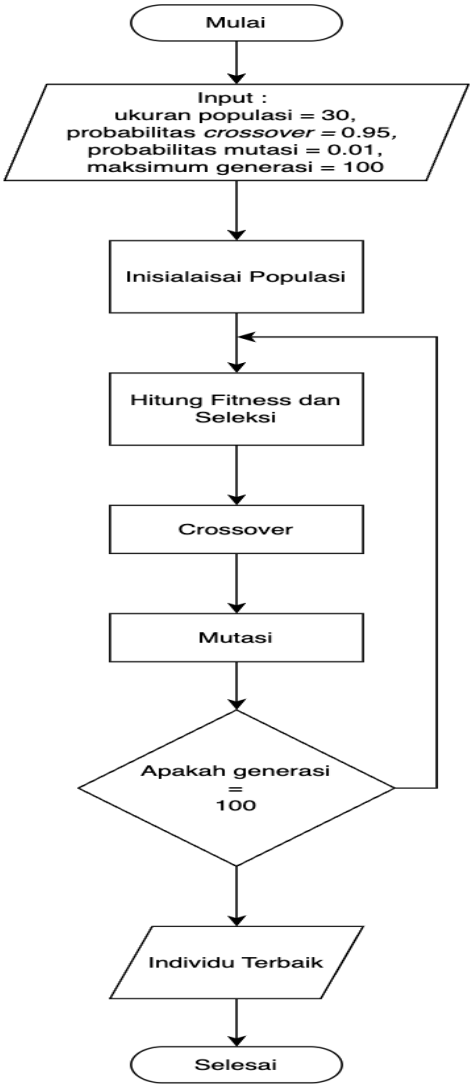
Berikut ini adalah *graf* lengkap yang terdiri dari 10 titik, yang merepresentasikan lokasi yang harus dikunjungi.



Gambar 1. *Graf* lengkap yang terdiri dari 10 titik

Proses Penyelesaian Masalah

Berikut adalah *flowchart* proses penyelesaian *Traveling Salesman Problem* (TSP) menggunakan Algoritma Genetika.



Gambar 2. *flowchart* proses penyelesaian

Adapun proses penyelesaian masalah menggunakan Algoritma Genetika ini terdiri dari beberapa tahapan, yakni sebagai berikut:

1. Pengkodean.
2. Pembangkitan populasi awal. Menurut Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo penentuan ukuran populasi = 30, probabilitas *crossover* = 0.95, probabilitas mutasi = 0.01, dan maksimal generasi = 100, hal ini bertujuan agar *fitness value* setiap generasi digunakan sebagai indikator optimisasi [5].
3. Evaluasi *fitness value*, melakukan invers dari total jarak setiap kromosom dengan perhitungan 1/nilai-jarak-kromosom.
4. Seleksi, proses seleksi dilakukan dengan menggunakan Seleksi Elitis dan *Roullete Wheel Selection*.
5. *Crossover* dengan menggunakan metode *Order Based Crossover*.
6. Mutasi, proses mutasi dilakukan dengan menggunakan metode Inversion Mutation.
7. Syarat berhenti dari proses Algortima Genetika ini seperti yang sudah disinggung pada poin 1 adalah dibatasi dengan 100 generasi.

Untuk mendapatkan hasil, kami melakukan perhitungan jarak rute semua kromosom yang telah dibangkitkan menggunakan formula *Haversine*. Berikut adalah formula *Haversine*.

$\Delta lat = lat_2 - lat_1$

$\Delta long = long_2 - long_1$

$a = sin^2(\Delta lat/2) + cos(lat_1) \cdot cos(lat_2) \cdot sin^2(\Delta long/2)$
$d = R.arcsin(a^{1/2})$
Keterangan :
R: jari-jari bumi sebesar 6371(km)
Δlat: besaran perubahan latitude
$\Delta long$: besaran perubahan longitude
d : jarak (km)
1 derajat : 0.0174532925 radian

Panjang Populasi dan Banyak Generasi Algoritma Genetika
Untuk pengamatan hubungan antara peningkatan jumlah generasi terhadap kualitas solusi dan waktu eksekusi, panjang populasi akan tetap sama dalam setiap eksperimen, adapun hasil pengujian dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 1. Peningkatan Jumlah Generasi terhadap Kualitas Solusi dan Waktu Eksekusi

No	Panjang Populasi	Jumlah Generasi (n)	Jarak Generasi-1	Nilai Fitness Generasi-1	Jarak Generasi-n	Nilai Fitness Generasi-n	Waktu Eksekusi (s)
1	30	100	79,118	0,01264	67,284	0,01486	0,1040461063385
2	30	200	75,709	0,01321	61,567	0,01624	0,1945979595184
3	30	300	79,585	0,01257	61,567	0,01624	0,2848198413848
4	30	400	81,616	0,01224	63,437	0.01575	0,3765950202941
5	30	500	78,386	0,01275	69,253	0.01443	0,4677300453186
6	30	600	81,837	0,0122	61,567	0,01624	0,5554831027984
7	30	700	74,762	0,01337	61,567	0,01624	0,6669340133667
8	30	800	82,443	0,01212	61,567	0,01624	0,7329158782959
9	30	900	84,981	0,01176	61,567	0,01624	0,8193619251251
10	30	1000	77,005	0,01298	61,567	0,01624	0,9232149124145

Selanjutnya akan diamati pula hubungan antara peningkatan panjang populasi terhadap kualitas solusi dan waktu eksekusi. Jumlah generasi akan tetap sama dalam setiap eksperimen. Dalam eksperimen ini, panjang populasi akan dievaluasi dengan mempertahankan jumlah generasi yang tetap. Dengan demikian, dapat dilihat bagaimana peningkatan panjang populasi mempengaruhi kualitas solusi yang dihasilkan oleh Algoritma Genetika serta waktu yang dibutuhkan untuk mengeksekusi algoritma tersebut. Adapun datanya dapat kita lihat pada tampilan tabel berikut.

Tabel 2. Peningkatan Panjang Populasi terhadap Kualitas Solusi dan Waktu Eksekusi

No	Jumlah Generasi	Panjang Populasi	Jarak Generasi-1	Nilai Fitness Generasi-1	Jarak Generasi-100	Nilai Fitness Generasi-100	Waktu Eksekusi (s)
1	100	10	84,946	0.01177	63,437	0.01575	0,044225 9311676
2	100	20	85,912	0.01163	63,437	0.01575	0,081626 8920899
3	100	30	79,118	0,01264	67,284	0,01486	0,104046 1063385
4	100	40	80,464	0.01243	61,567	0,01624	0,142860 8894348
5	100	50	80,209	0.01247	61,567	0,01624	0,176781 8927764
6	100	60	73,586	0.01359	61,567	0,01624	0,202147 9606628
7	100	70	81,616	0.01224	61,567	0,01624	0,229127 3182912
8	100	80	77,005	0.01298	61,567	0,01624	0,243172 3718244
9	100	90	74,762	0.01337	61,567	0,01624	0,289317 2738123
10	100	100	78,386	0.01276	61,567	0,01624	0,329483 9859008

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2023.

Adapun hasil pengamatan dari data di atas adalah sebagai berikut:

1. Hubungan antara peningkatan jumlah generasi dan performa dengan peningkatan jumlah generasi, Algoritma Genetika memiliki lebih banyak kesempatan untuk mencapai solusi yang lebih baik. Proses evolusi memiliki lebih banyak iterasi, yang memungkinkan algoritma untuk menjelajahi ruang pencarian dengan lebih baik dan meningkatkan solusi seiring waktu.
2. Hubungan antara peningkatan jumlah generasi dan potensi konvergensi ke solusi yang lebih baik: dengan peningkatan jumlah generasi memberikan lebih banyak waktu bagi Algoritma Genetika untuk mendekati atau mencapai solusi optimal. Dengan lebih banyak iterasi, algoritma memiliki kesempatan untuk mengeksplorasi dan mengoptimalkan solusi secara lebih efektif.
3. Pengaruh peningkatan jumlah generasi terhadap waktu eksekusi : semakin banyak generasi yang dievaluasi, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan Algoritma Genetika. Proses seleksi, reproduksi, *crossover*, dan mutasi dilakukan pada setiap generasi, sehingga waktu eksekusi cenderung meningkat seiring dengan peningkatan jumlah generasi.
4. Pengaruh peningkatan panjang populasi terhadap variasi dan eksplorasi: dengan meningkatkan panjang populasi, Algoritma Genetika memiliki lebih banyak individu dalam populasi yang dapat berinteraksi dan menghasilkan variasi genetik. Ini dapat meningkatkan kemampuan algoritma untuk menjelajahi ruang pencarian dengan lebih baik dan menemukan solusi yang lebih beragam.
5. Pengaruh peningkatan panjang populasi terhadap kualitas solusi: dengan peningkatan panjang populasi, ada kemungkinan lebih besar untuk menemukan solusi yang lebih baik karena adanya variasi genetik yang lebih besar dalam populasi. Populasi yang lebih besar memberikan lebih banyak kesempatan untuk menggabungkan dan menghasilkan

individu dengan kualitas yang lebih tinggi.

6. Pengaruh peningkatan panjang populasi terhadap waktu eksekusi: peningkatan panjang populasi juga dapat memperpanjang waktu eksekusi Algoritma Genetika. Semakin besar populasi, semakin banyak individu yang harus dievaluasi dan diproses pada setiap generasi.

Perlu diperhatikan bahwa peningkatan jumlah generasi dan peningkatan panjang populasi tidak saling menggantikan satu sama lain. Keduanya dapat dikombinasikan untuk memperbaiki performa Algoritma Genetika, tetapi juga harus dipertimbangkan dengan keterbatasan waktu eksekusi dan sumber daya komputasi yang tersedia. Pada publikasi yang berjudul "*Large Population or Many Generations for Genetic Algorithms? Implications in Information Retrieval*", Dana Vrajitoru menyimpulkan bahwa kemungkinan mendapatkan solusi yang mendekati optimum cenderung lebih tinggi dengan menggunakan populasi yang lebih besar daripada dengan meningkatkan jumlah generasi[14].

D. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma Genetika (AG) dapat menyelesaikan permasalahan *Traveling Salesman Problem* (TSP) dengan menentukan jumlah generasi dan panjang populasi yang tepat.
2. Peningkatan jumlah generasi dalam Algoritma Genetika (AG) memberikan kesempatan lebih besar untuk mencapai solusi yang lebih baik dan mendekati solusi optimal. Namun, ini juga memerlukan waktu eksekusi yang lebih lama karena evaluasi dan pemrosesan pada setiap generasi.
3. Peningkatan panjang populasi dalam Algoritma Genetika dapat meningkatkan variasi genetik dan potensi penemuan solusi yang lebih baik. Namun, hal ini juga berdampak pada waktu eksekusi yang lebih lama karena evaluasi dan interaksi individu yang lebih banyak.
4. Peningkatan jumlah generasi dan peningkatan panjang populasi adalah dua faktor yang berbeda tetapi dapat digunakan bersama-sama untuk meningkatkan performa Algoritma Genetika, dengan pertimbangan terhadap waktu eksekusi dan sumber daya yang tersedia.

Daftar Pustaka

[1] A. Khaerunnisa, “Analisis Tingkat Kelulusan Mahasiswa di Unisba dengan menggunakan Algoritma K-Means Clustering,” *Jurnal Riset Matematika*, pp. 67–76, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrm.v2i1.1018.

[2] G. Guttin and A. Punnen, *The Traveling Salesman Problem and Its Variations*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004.

[3] Asyifaa Nabilah and D. Suhaedi, “Analisis Equilibrium Price dalam Teori Walrasian dan Teori Marshallian pada Persaingan Sempurna,” *Jurnal Riset Matematika*, pp. 37–43, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrm.v2i1.796.

[4] Rhett Wilfahrt, Sangho Kim, S Shekhar, H Xiong, and X Zhou. 2017. *Traveling Salesman Problem* (tsp).

[5] Zukhri, Zainudin, 2014. *Algoritma Genetika*. Yogyakarta: ANDI.

[6] Sri Kusumadewi and Hari Purnomo. 2005. *Penyelesaian masalah optimasi dengan teknik-teknik heuristik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

[7] D. E. Goldberg. 1989. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company Inc.

[8] Budi santosa. 2017. Konsep dasar optimasi Pengantar metaheuristik implementasi dengan Matlab, 09-20 & 177-197.

[9] J.R.Raco, 2010. Metode Penelitian Kualitatif: Jenis, Karakteristik dan Keunggulannya, Jakarta: PT.Grasindo.

[10] Ding, Q. dan Gasvoda. 2004. A Genetic Algorithm for Clustering on Image Data. *International Journal of Computational Intelligence* 1(1):81 – 86.

[11] Bandyopadhayay, S., Murthy dan Pal. 2001. *Genetic Algorithms, Pattern Classification and Neural Networks Design*. Dlm. Pal, S.K. dan Pal, A. (pnyt.). *Pattern Recognition from Classical to Modern Approaches*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

[12] Rinaldi Munir, 2016. *Matematika Diskrit.* Bandung: Informatika Bandung

[13] Azdy, Rezania Agramanisti. dan Danis, Febriyanti. 2020, Journal of Physics: *Conference Series: Use of Haversine Formula in Finding Distance Between Temporary Shelter and Waste End Processing Sites,* (online) (https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1500/1/012104/pdf, diakses 17 Juli 2023)

[14] Vrajitoru, Dana. 2000, *Large Population or Many Generations for Genetic Algorithms? Implications in Information Retrieval*, (online) (https://www.cs.iusb.edu/~danav/papers/LargePop.pdf, diakses 21 Juli 2023)