

Perancangan Perjalanan Mengunjungi New7Wonders of the World dengan Aplikasi Travelling Salesman Problem

Hughie Alghaniyyu Emiliano 13519217¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹13519217@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Makalah ini membahas mengenai perancangan perjalanan mengunjungi New7Wonders of the World. Pada makalah ini, akan dilakukan pencarian rute terpendek untuk mengunjungi ketujuh New7Wonders of the World dan kembali ke tempat asal dengan menerapkan Travelling Salesman Problem (TSP). Ketujuh monumen dan Ibukota Jakarta menjadi simpul dan jarak setiap monumen tersebut dan Ibukota Jakarta akan menjadi sisi yang semuanya akan terbentuk menjadi sebuah graf. Untuk menentukan rute tercepatnya, akan dicari menggunakan Nearest Neighbor Method.

Kata Kunci—Graf, Nearest Neighbor Method, Rute, Travelling Salesman Problem (TSP).

I. PENDAHULUAN

Di dunia ini banyak sekali destinasi liburan yang sangat cocok untuk dikunjungi. Tujuh Keajaiban Dunia menjadi sebuah pilihan sebagai destinasi liburan. Banyak sekali wisatawan-wisatawan yang berbondong-bondong untuk datang ke tempat New7Wonders of the World atau biasa dikenal dengan Tujuh Keajaiban Dunia ini berada untuk bisa melihat secara langsung.

Tujuh Keajaiban Dunia merupakan monumen-monumen peninggalan sejarah yang tersebar di dunia ini. Tujuh Keajaiban Dunia tersebut adalah Tembok Besar Cina di Republik Rakyat Tiongkok, Kota bersejarah Petra di Yordania, Colosseum di Italia, Chichen Itza di Meksiko, Macchu Picchu di Peru, Taj Mahal di India, dan Patung Kristus Sang Penebus di Brasil.

Tentunya, bagi para *traveller* yang ingin mengunjungi ketujuh monumen bersejarah tersebut, ingin sekali bisa mengunjungi monumen-monumen tersebut dengan waktu tempuh yang relatif lebih cepat dan biaya yang relatif lebih murah. Oleh karena itu, pada makalah ini, penulis akan menerapkan Travelling Salesman Problem (TSP) untuk menentukan rute perjalanan para *traveller* untuk bisa mengunjungi New7Wonders of the World dengan waktu tempuh yang relatif lebih cepat dan biaya yang relatif lebih murah.

II. LANDASAN TEORI

A. Teori Graf

Graf merupakan sebuah cara untuk merepresentasikan objek-

objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut.

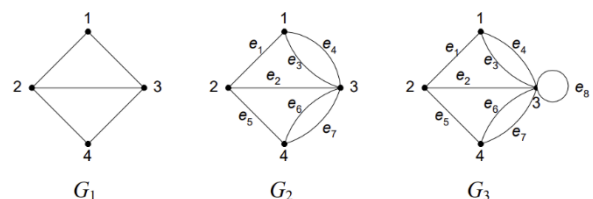
$$G = (V, E)$$

*Keterangan

G = Graf

V = Himpunan tidak kosong dari simpul-simpul

E = Himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul



Gambar 1. Contoh Graf

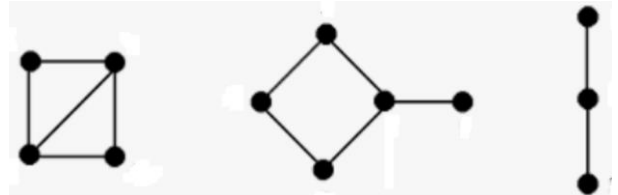
(Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>)

Graf digolongkan menjadi dua jenis :

1. Graf Sederhana

Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda.



Gambar 2. Graf Sederhana

(Sumber :

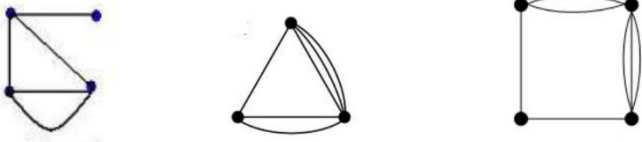
<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>)

2. Graf tak-sederhana

Graf tak-sederhana adalah graf yang mengandung sisi gelang atau ganda.

Graf tak-sederhana dibedakan lagi menjadi :

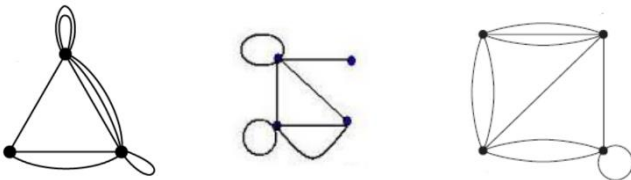
a. Graf ganda yaitu graf yang mengandung sisi ganda



Gambar 3. Graf Ganda
(Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>)

b. Graf semu yaitu graf yang mengandung sisi gelang

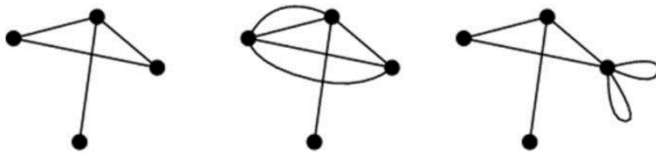


Gambar 4. Graf Semu
(Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>)

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf dibedakan atas dua jenis :

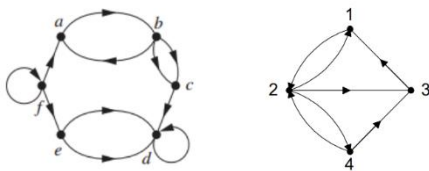
1. Graf tak-berarah yaitu graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah.



Gambar 5. Graf Tak-Berarah
(Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>)

2. Graf berarah yaitu graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah.



Gambar 6. Graf Berarah
(Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>)

Graf memiliki beberapa terminologi :

1. Ketetanggaan

Dua buah simpul dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung.

2. Bersisian

Untuk sembarang sisi $e = (v_j, v_k)$ dikatakan bahwa e bersisian dengan simpul v_j dan simpul v_k .

3. Simpul terpencil

Simpul terpencil adalah simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya.

4. Graf kosong

Graf kosong adalah graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong.

5. Derajat

Derajat suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.

6. Lintasan

Lintasan adalah suatu simpul yang dihubungkan dengan simpul lain melalui sisi yang berada di dalam graf. Panjang lintasan adalah jumlah sisi dalam lintasan tersebut.

7. Sirkuit

Sirkuit adalah lintasan yang berawal dan berakhir di simpul yang sama. Panjang sirkuit adalah jumlah sisi dalam sirkuit tersebut.

8. Keterhubungan

Dua buah simpul dikatakan terhubung jika terdapat lintasan yang menghubungkan kedua simpul tersebut. Graf dikatakan terhubung jika setiap simpul graf tersebut saling terhubung.

9. Upagraf

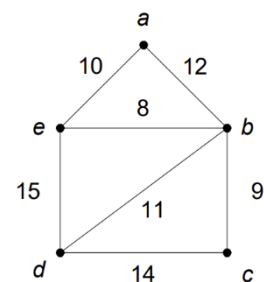
Upagraf adalah suatu potongan dari suatu graf. Komplemen dari upagraf adalah sisa dari hasil pemotongan graf menjadi upagraf.

10. Cut-Set

Cut-set dari graf terhubung adalah himpunan sisi yang bila dibuang dari suatu graf menyebabkan graf tersebut menjadi tidak terhubung.

11. Graf berbobot

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga (bobot).



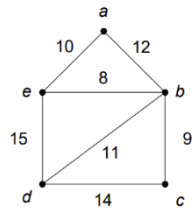
Gambar 7. Graf Berbobot
(Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>)

Graf dapat direpresentasikan dengan beberapa cara :

1. Matriks Ketegangan

$A = [a_{ij}]$, a_{ij} bernilai 1 jika i dan j bertetangga, a_{ij} 0 jika i dan j tidak bertetangga.



	a	b	c	d	e
a	∞	12	∞	∞	10
b	12	∞	9	11	8
c	∞	9	∞	14	∞
d	∞	11	14	∞	15
e	10	8	∞	15	∞

Gambar 8. Matriks Ketetangaan.

(Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>)

2. Matriks Bersisian

$A = [a_{ij}]$, a_{ij} bernilai 1 jika i dan j bersisian, a_{ij} 0 jika i dan j tidak bersisian.

3. Senarai Ketegangan

Tabel yang menunjukkan simpul-simpul yang bertetangaan dengan suatu simpul.

B. Travelling Salesman Problem (TSP)

Travelling Salesman Problem merupakan suatu persoalan yang seringkali ditemui pada permasalahan graf. Persoalannya ini didapat berdasarkan seorang pedagang keliling yang ingin berjualan di beberapa kota. Kemudian pedagang tersebut berkeinginan untuk mengunjungi setiap kota tepat satu kali kemudian kembali ke kota asal dengan jalur terpendek / tercepat.

Graf yang digunakan pada persoalan Travelling Salesman Problem adalah suatu graf tidak berarah dan graf berbobot. Banyaknya solusi yang dihasilkan untuk n buah simpul merupakan $(n - 1)!$.

C. The Nearest Neighbor Method

The Nearest Neighbor Method merupakan salah satu cara untuk menyelesaikan permasalahan TSP. The Nearest Neighbor Method akan mencari jarak terdekat dari titik yang sedang ditempati dengan titik yang belum dikunjungi.

Langkah :

1. Buat matriks ketetangaan sebagai acuan jarak antartitik
2. Pilih satu titik sebagai titik awal.
3. Cari nilai terkecil dari bobot ketetangaan pada titik yang sedang ditempati dengan titik lain yang belum pernah ditempati.
4. Atur kota baru sebagai kota saat ini.
5. Ulangi kembali dari cara ke-3
6. Jika semua kota dikunjungi, maka diakhiri.

D. New7Wonders of The World

New7Wonders of The World atau biasa disebut dengan 7 Keajaiban Dunia adalah sebuah kampanye yang dilakukan pada

tahun 2000 untuk memilih "Keajaiban Dunia" berdasarkan pemungutan suara global melalui platform web yang dapat diakses oleh semua orang di seluruh dunia. Hasil pemungutan suara tersebut diumumkan pada tanggal 7 Juli 2007 dan didapatkan hasil pemungutan suara sebagai New7Wonders of the World atau 7 Keajaiban Dunia.

1. Tembok Besar Cina, Republik Rakyat Tiongkok

Tembok Besar Cina adalah serangkaian benteng yang tersusun menjadi suatu dinding besar yang dibangun di sepanjang garis timur-ke-barat melintasi perbatasan utara Cina, dari Dandong di timur hingga Danau Lop di barat, untuk melindungi negara dan kerajaan melawan berbagai kelompok nomaden di Eurasia Stepa. Sejak itu, Tembok Besar ini tetap dibangun kembali, dipelihara, dan ditingkatkan.

2. Petra, Yordania

Petra adalah kota bersejarah di Yordania Selatan. Kota ini dikenal dengan arsitektur potongan batu dan sistem saluran airnya. Petra dikenal juga dengan sebutan Kota Mawar karena warna batu yang diukir.

3. Colosseum, Italia

Colosseum adalah amfiteater berbentuk oval di Roma, Italia. Colosseum digunakan untuk gladiator dan tontonan publik seperti pertempuran laut tiruan, perburuan hewan, eksekusi, peragaan ulang pertempuran terkenal, dan pertunjukkan drama mitologi klasik. Colosseum tidak lagi digunakan untuk hiburan di awal abad pertengahan, kemudian digunakan kembali untuk perumahan, bengkel, tempat tinggal untuk ordo religius, benteng, tambang, dan tempat suci Kristen.

4. Chichen Itza, Meksiko

Chichen Itza adalah piramida bertingkat Mesoamerika. Piramida terdiri dari serangkaian teras persegi dengan tangga naik masing-masing dari empat sisinya ke candi di atasnya. Patung ular berbulu berlari menuruni sisi pagar utara. Selama ekuinoks musim semi dan musim gugur, matahari sore menyinari sudut barat laut piramida dan melemparkan serangkaian bayangan segitiga ke pagar barat laut, menciptakan ilusi ular berbulu yang "merayap" di piramida. Acara ini sangat populer, tetapi patut dipertanyakan apakah ini adalah hasil dari desain yang disengaja. Masing-masing dari empat sisi piramida memiliki 91 anak tangga, jika dijumlahkan dan termasuk platform candi di atasnya sebagai "anak tangga" terakhir, menghasilkan total 365 anak tangga (yang sama dengan jumlah hari dalam tahun Haab').

5. Macchu Picchu, Peru

Macchu Picchu adalah benteng Inca abad ke-15 yang terletak di 2.430 meter di atas permukaan laut, di Wilayah Cusco, Provinsi Urubamba, Distrik Machupicchu di Peru. Sebagian besar arkeolog percaya bahwa Machu Picchu dibangun pada masa kaisar Inca Pachacuti (1438–1472). Suku Inca membangun sebuah perkebunan, kemudian meninggalkannya 100 tahun kemudian pada saat Penaklukan Spanyol. Macchu Picchu tetap tidak diketahui dunia luar hingga sejarawan Amerika, Hiram Bingham, menemukannya pada tahun 1911.

6. Taj Mahal, India

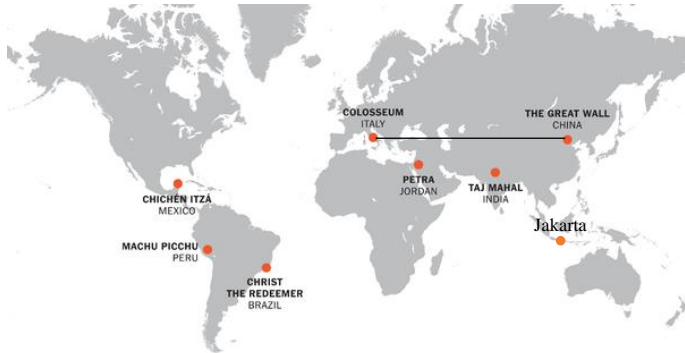
Taj Mahal adalah adalah marmer makam gading-putih di Kota Agra, India. Taj Mahal dibangun pada tahun 1632 pada masa kaisar Mughal, Shah Jahan untuk menampung makam istrinya, Mumtaz Mahal. Makam tersebut adalah bagian tengah dari kompleks seluas 42 hektar, yang mencakup masjid dan wisma, dan dibatasi oleh dinding bertingkat.

7. Patung Kristus Sang Penebus, Brasil

Patung Kristus Sang Penebus adalah patung Yesus Kristus Art Deco di Rio de Janeiro, Brasil. Wajah patung tersebut diciptakan oleh seniman Rumania Gheorghe Leonida. Tinggi patung tersebut 30 meter dan lebar lengannya 28 meter. Patung ini terletak di puncak Gunung Corcovado di Taman Nasional Hutan Tijuca yang menghadap ke kota Rio. Patung ini dijadikan simbol agama Kristen di seluruh dunia.

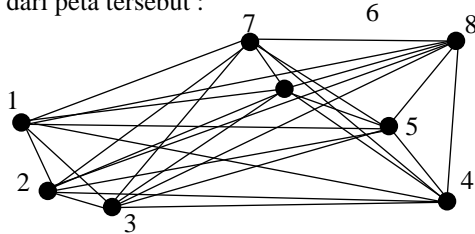
III. PEMBAHASAN

Akan dibuat graf lengkap antara setiap tempat yang dipilih terlebih dahulu.



Gambar 9. Peta Lokasi New7Wonders dan Ibukota Jakarta (Sumber : Modifikasi dari <https://www.nytimes.com/2017/12/01/travel/the-new-seven-wonders-of-the-world.html>)

Hasil graf dari peta tersebut :



Gambar 10. Graf Lokasi New7Wonders dan Ibukota Jakarta (Sumber : Dokumen Penulis)

Keterangan :

1. Chichen Itza
2. Machu Picchu
3. Patung Kristus
4. Ibukota Jakarta
5. Taj Mahal
6. Petra
7. Colosseum
8. Tembok Cina

Kemudian, akan dibuat matriks ketetanggaan

$$\begin{pmatrix} 0 & 4149 & 6904 & 17700 & 14490 & 11770 & 9354 & 12735 \\ 4149 & 0 & 3279 & 17860 & 16585 & 12456 & 10579 & 16853 \\ 6904 & 3279 & 0 & 15421 & 14126 & 10269 & 9404 & 17299 \\ 17700 & 17860 & 15421 & 0 & 4835 & 8598 & 10831 & 5286 \\ 14490 & 16585 & 14126 & 4835 & 0 & 4140 & 6073 & 3816 \\ 1170 & 12456 & 10269 & 8598 & 4140 & 0 & 2418 & 7182 \\ 9354 & 10579 & 9404 & 10831 & 6073 & 2418 & 0 & 8096 \\ 12735 & 16853 & 17299 & 5286 & 3816 & 7182 & 8096 & 0 \end{pmatrix}$$

*Keterangan :

Dari atas ke bawah dan dari kiri ke kanan :

- Chichen Itza
- Machu Picchu
- Patung Kristus
- Ibukota Jakarta
- Taj Mahal
- Petra
- Colosseum
- Tembok Cina

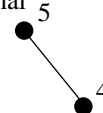
Jarak dihitung menggunakan aplikasi google maps fitur "measure distance". Jadi, hasil yang didapatkan tidak dijamin 100% akan tepat dengan jarak aslinya.

Langkah 1

Memilih Ibukota Jakarta sebagai titik awal

Langkah 2

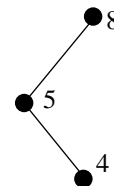
Memilih titik selanjutnya yang memiliki jarak terdekat dengan Ibukota Jakarta → Taj Mahal 5



Gambar 11. Graf Ibukota Jakarta ke Taj Mahal (Sumber : Dokumen Penulis)

Langkah 3

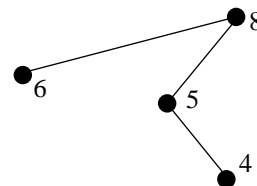
Memilih titik yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat dengan Taj Mahal → Tembok Besar Cina



Gambar 12. Graf Setelah Penambahan Tembok Cina (Sumber : Dokumen Penulis)

Langkah 4

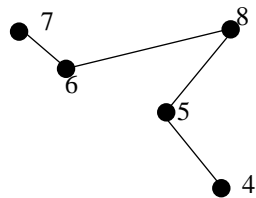
Memilih titik yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat dengan Tembok Besar Cina → Petra



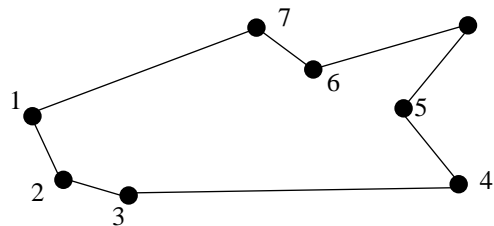
Gambar 13. Graf Setelah Penambahan Petra (Sumber : Dokumen Penulis)

Langkah 5

Memilih titik yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat dengan Petra → Colosseum



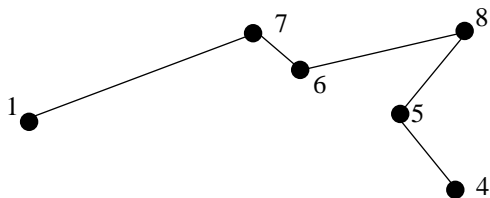
Gambar 14. Graf Setelah Penambahan Colosseum
(Sumber : Dokumen Penulis)



Gambar 18. Graf Perjalanan Keseluruhan
(Sumber : Dokumen Penulis)

Langkah 6

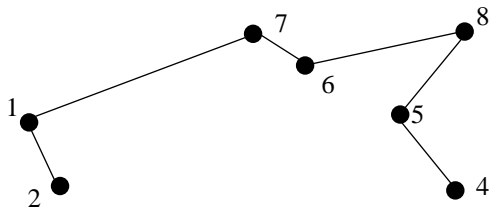
Memilih titik yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat dengan Colosseum → Chichen Itza



Gambar 15. Graf Setelah Penambahan Chichen Itza
(Sumber : Dokumen Penulis)

Langkah 7

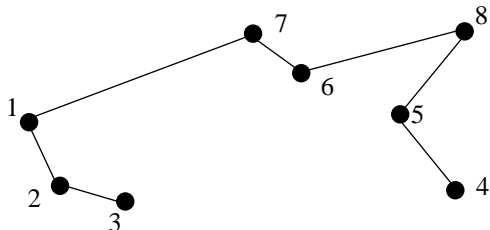
Memilih titik yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat dengan Chichen Itza → Macchu Picchu



Gambar 16. Graf Setelah Penambahan Macchu Picchu
(Sumber : Dokumen Penulis)

Langkah 8

Memilih titik yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat dengan Macchu Picchu → Patung Kristus



Gambar 17. Graf Setelah Penambahan Patung Kristus
(Sumber : Dokumen Penulis)

Langkah 9

Karena semua lokasi sudah dikunjungi, kembali lagi ke titik awal.

Setelah langkah 9 dilakukan, didapatkan rute perjalanan terbaik untuk mengunjungi ketujuh New7Wonders of the World.



Gambar 19. Rute Perjalanan Mengunjungi New7Wonders of the World
(Sumber : Modifikasi dari <https://www.nytimes.com/2017/12/01/travel/the-new-seven-wonders-of-the-world.html>)

IV. KESIMPULAN

Travelling Salesman Problem dapat digunakan untuk menentukan rute perjalanan untuk mengunjungi New7Wonders of the World dengan keberangkatan dari Ibukota Jakarta. Rute tersebut yaitu Ibukota Jakarta → Taj Mahal → Tembok Besar Cina → Petra → Colosseum → Chichen Itza → Macchu Picchu → Patung Kristus Sang Penebus → Ibukota Jakarta. Dengan demikian, traveller dapat mengunjungi ketujuh monumen tersebut dengan waktu yang relatif lebih cepat.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan baik. Penulis pun berterima kasih kepada orang tua penulis yang telah mendukung secara moral dan materil sehingga penulis dapat berkuliah di Institut Teknologi Bandung. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen mata kuliah matematika diskrit, Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T., yang telah membimbing penulis dalam belajar matematika diskrit selama satu semester ini. Terakhir, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman penulis yang mendukung penulis sehingga pembuatan makalah ini dapat selesai tepat waktu.

REFERENCES

- [1] Munir, Rinaldi. 2015. Slide presentasi materi Graf Bagian 1. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> (diakses tanggal 10 Desember 2020)
- [2] Munir, Rinaldi. 2015. Slide presentasi materi Graf Bagian 2. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian2.pdf> (diakses tanggal 10 Desember 2020).
- [3] Munir, Rinaldi. 2015. Slide presentasi materi Graf Bagian 3. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian3.pdf> (diakses tanggal 10 Desember 2020).
- [4] Chichen Itza. Diambil kembali dari World of New7Wonders: <https://world.new7wonders.com/wonders/pyramid-at-chichen-itza-before-800-a-d-yucatan-peninsula-mexico/> (diakses tanggal 11 Desember 2020)
- [5] Petra. Diambil kembali dari World of New7Wonders: <https://world.new7wonders.com/wonders/petra-9-b-c-40-a-d-jordan/> (diakses tanggal 11 Desember 2020)
- [6] Taj Mahal. Diambil kembali dari World of New7Wonders: <https://world.new7wonders.com/wonders/taj-mahal-1630-a-d-agra-india/> (diakses tanggal 11 Desember 2020)
- [7] Colosseum. Diambil kembali dari World of New7Wonders: <https://world.new7wonders.com/wonders/roman-colosseum-70-82-a-d-rome-italy/> (diakses tanggal 11 Desember 2020)
- [8] Christ The Redeemer. Diambil kembali dari World of New7Wonders: <https://world.new7wonders.com/wonders/christ-redeemer-1931-rio-de-janeiro-brazil/> (diakses tanggal 11 Desember 2020)
- [9] Macchu Picchu. Diambil kembali dari World of New7Wonders: <https://world.new7wonders.com/wonders/machu-picchu-1460-1470-peru/> (diakses tanggal 11 Desember 2020)
- [10] Great Wall China. Diambil kembali dari World of New7Wonders: <https://world.new7wonders.com/wonders/great-wall-of-china-220-b-c-and-1368-1644-a-d-china/> (diakses tanggal 11 Desember 2020)
- [11] FAQ. Diambil kembali dari World of New7Wonders: <https://about.new7wonders.com/faq/> (diakses tanggal 11 Desember 2020)
- [12] "HOW THE NEW7WONDERS MOVEMENT ALL BEGAN". Diambil kembali dari World of New7Wonders: <https://about.new7wonders.com/our-mission/how-the-new7wonders-movement-all-began/> (diakses tanggal 11 Desember 2020)
- [13] Ajevtic. 2020. Nearest Neighbor algorithm for the Travelling Salesman Problem (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/25542-nearest-neighbor-algorithm-for-the-travelling-salesman-problem>). MATLAB Central File Exchange. (diakses tanggal 11 Desember 2020)
- [14] Arora, K., Agarwal, S., & Tanwar, R. 2016. Solving TSP using Genetic Algorithm and Nearest Neighbour Algorithm and their Comparison.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Cirebon, 11 Desember 2020



Hughie Alghaniyyu Emiliano 13519217