

# Aplikasi *Travelling Salesman Problem* untuk Pengoptimalan Rute Konser “Tulus Tur Manusia 2023”

Dhidit Abdi Aziz - 13522040  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
<sup>1</sup>author@itb.ac.id

**Abstract**—Tulus merupakan seorang penyanyi, penulis dan pencipta lagu Pop Indonesia yang berprestasi dan digemari banyak orang. Setelah merilis album terbarunya, Tulus mengadakan Konser Tulus Tur Manusia dengan mendatangi 11 kota berbeda di Indonesia. Sayangnya, rute ini kurang efisien dari segi jarak. Untuk mendapatkan rute dengan jarak yang paling singkat, dibutuhkan pemodelan sebagai *Travelling Salesman Problem*. Selanjutnya, proses penyelesaian masalah dilakukan dengan algoritma *Nearest Neighbor*.

**Kata Kunci**—Graf, *Travelling Salesman Problem*, *Nearest Neighbor Algorithm*, Rute Terpendek, Tulus, Konser

## I. PENDAHULUAN

Muhammad Tulus, biasa dipanggil Tulus, merupakan seorang penyanyi, penulis, dan pencipta lagu pop Indonesia. Pria kelahiran Bukittinggi ini selalu merilis lagu-lagu yang ia ciptakan sendiri. Selain menjadi pelaku seni, Tulus juga memiliki peran penting dalam perusahaan label rekaman dan manajemen talenta yang dirintis bersama sang kakak, Riri Mukhtar [1].

Tulus telah meraih lebih dari 60 penghargaan di bidang musik dan sinematografi dalam satu dekade perjalanan musiknya. Ia berhasil memperoleh 5 piala AMI Awards dari album Monokrom pada tahun 2017. Tulus juga pernah diberikan tanggung jawab untuk memimpin menyanyikan lagu Indonesia Raya pada upacara pembukaan Asian Games ke-18 yang digelar di Gelora Bung Karno, Jakarta [2].

Sampai saat ini, lagu-lagu Tulus telah didengarkan sebanyak 97,01 juta kali lewat layanan digital streaming, Spotify. Tulus juga menjadi musisi Indonesia pertama yang berhasil meraih 1 juta pelanggan di layanan digital streaming, Spotify. Tak hanya Indonesia, Tulus juga melakukan ekspansi ke Jepang, dengan merilis lagu “Kutsu” yang merupakan gubahan lagu “Sepatu” dalam versi Bahasa Jepang. Pada 3 Maret 2022, album terbaru Tulus, “Manusia”, rilis di berbagai toko musik digital, dan berhasil menempati puncak tangga musik Indonesia. Bahkan, album ini juga berhasil memenangkan 7 Piala AMI Awards 2022, lebih banyak dibandingkan album sebelumnya

Tulus telah melakukan konser tunggal keduanya, yang

bertajuk Tulus Tur Manusia 2023 pada bulan Februari hingga Maret 2023. Terdapat 11 kota di Indonesia yang telah disinggahi Tulus selama keberjalanan Tur. Kota-kota yang disinggahi dimulai dari Medan, Palembang, Makassar, Batam, Surabaya, Bali, Samarinda, Manado, Bandung, Yogyakarta, dan berakhir di Jakarta. Tulus menjelaskan bahwa pemilihan 11 kota tersebut menggambarkan rasa syukur setelah 11 tahun berkarya dan bertujuan untuk menggapai seluruh pendengar di berbagai daerah [3]



Gambar 1. Ilustrasi Rute Konser Tulus Tur Manusia 2023

Perjalanan yang menempuh 11 kota tersebut tentunya menghabiskan waktu, energi, dan biaya yang tinggi. Apabila diasumsikan konser hanya dilaksanakan di pusat kota, maka dengan website <http://indonesia.distanceworld.com> didapatkan bahwa Konser Tulus Tur Manusia menempuh jarak sejauh 18.187km. Secara kasat mata, dapat terlihat bahwa rute Konser Tulus Tur Manusia 2023 tidak efisien secara jarak. Sebagai contoh, setelah selesai melakukan konser di Makassar, Tulus memilih melanjutkan konser di Batam. Padahal, biaya dan jarak dapat dipangkas apabila Samarinda atau Manado dipilih menjadi kota ke-4 setelah Makassar.

Untuk meminimalkan biaya distribusi serta waktu perjalanan, diperlukan pengoptimalan rute konser dengan menentukan rute terpendek yang dapat dipilih Tulus dalam melakukan tur. Kota-kota yang dikunjungi Tulus dimodelkan sebagai simpul dalam sebuah graf berbobot. Setiap simpul dihubungkan dengan simpul lainnya dengan sebuah sisi yang menyatakan jarak antar simpul tersebut. Melalui pemodelan ini,

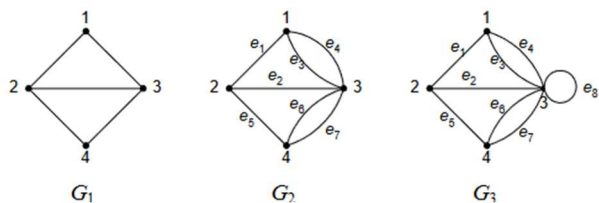
permasalahan dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan Travelling Salesman Problem.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Graf

Graf merupakan struktur diskrit berupa kumpulan simpul (vertices) yang terhubung melalui himpunan sisi (edges). Graf disajikan dalam bentuk  $G = (V, E)$ , dimana  $G$  adalah graf,  $V$  adalah himpunan tidak kosong simpul-simpul  $v_1, v_2, \dots, v_n$ , dan  $E$  adalah himpunan sisi  $e_1, e_2, \dots, e_n$ , yang menghubungkan sepasang simpul dalam graf. Sepasang simpul dalam graf dapat dihubungkan dengan dua sisi yang berbeda, pasangan sisi ini disebut sisi ganda (multiple edges). Terdapat juga sisi yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama yang dinamakan gelang atau kalang (loop). Berdasarkan keberadaan sisi ganda atau sisi gelang, graf dapat dikelompokkan menjadi:

1. Graf sederhana (simple graph), yaitu graf yang tidak memiliki sisi ganda dan sisi gelang.
2. Graf tak-sederhana (unsimple graph), yaitu graf yang memiliki sisi ganda atau gelang. Graf tak sederhana yang memiliki gelang disebut graf-semu.



Gambar 2.1. (a) graf sederhana, (b) graf ganda, (c) graf semu  
Sumber: [4]

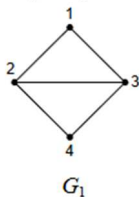
Berdasarkan arah pada sisinya, graf dapat dikelompokkan menjadi:

1. Graf tak berarah (undirected graph), yaitu graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah.
2. Graf berarah (directed graph), yaitu graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah.

Terdapat beberapa istilah khusus dalam teori graf:

#### 1. Ketetanggaan

Dua buah simpul dalam suatu graf bertetangga apabila keduanya terhubung langsung melalui suatu sisi.



Gambar 2.2 Ketetanggaan pada Graf  
Sumber: [4]

Pada graf  $G_1$ , simpul 1 bertetangga dengan simpul 2 dan 3, tetapi tidak bertetangga dengan simpul 4

#### 2. Bersisian

Sebuah sisi  $e$  dikatakan bersisian dengan simpul  $v_i$  dan  $v_j$  apabila sisi tersebut menghubungkan keduanya. Sebagai contoh, pada Gambar 2.2, sisi (2,3) bersisian dengan simpul 2 dan simpul 3, tetapi tidak bersisian dengan simpul 1 dan 4.

#### 3. Derajat

Derajat suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Sebagai contoh, pada Gambar 2.2, derajat dari simpul 2 adalah 3.

#### 4. Lintasan

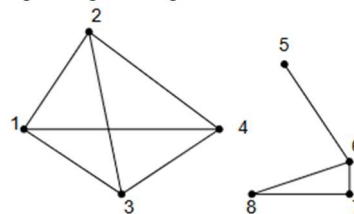
Lintasan merupakan barisan simpul-simpul dan sisi-sisi yang dilaluinya  $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, e_n, v_n$  yang menghubungkan simpul awal  $v_0$  ke simpul tujuan  $v_n$ . Panjang lintasan  $n$  adalah jumlah sisi dalam lintasan tersebut. Sebagai contoh, pada Gambar 2.2, lintasan 1, 2, 3 adalah lintasan dari simpul 1 ke 3 melalui sisi (1,2) dan (2,3)

#### 5. Siklus

Siklus atau sirkuit adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama. Pada graf  $G_1$  di gambar 2.2, terdapat sirkuit 1 – 2 – 3 – 1 dengan panjang 3.

#### 6. Keterhubungan

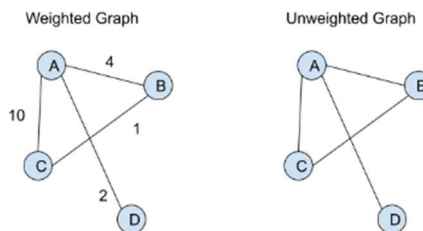
Dua simpul  $v_0$  dan  $v_1$  dikatakan terhubung jika terdapat lintasan yang menghubungkan  $v_0$  ke  $v_1$ .



Gambar 2.3. Contoh Graf Tak-Terhubung  
Sumber: [4]

#### 7. Graf berbobot

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga.



Gambar 2.4. Contoh Graf Berbobot  
Sumber: [4]

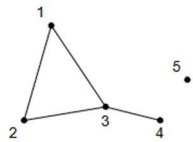
#### 8. Graf lengkap

Graf lengkap adalah sebuah graf yang memiliki sisi yang menghubungkan setiap simpul dengan semua simpul lainnya dalam graf tersebut. Jumlah sisi pada graf lengkap yang terdiri atas  $n$  buah simpul adalah  $n(n-1)/2$ .

Terdapat beberapa cara dalam merepresentasikan graf matriks:

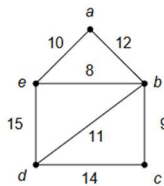
#### 1. Matriks ketetanggaan

Akan dibuat matriks  $A = [a_{ij}]$  dengan  $i$  dan  $j$  adalah nomor simpul. Apabila  $i$  dan  $j$  bertetangga, maka  $a_{ij}$  diberi nilai 1, sebaliknya diberi nilai 0.



$$\begin{matrix}
 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\
 \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

Gambar 2.5 Graf Tak-Berarah dengan Matriks Ketetanggaannya  
Sumber: [5]



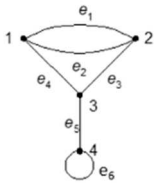
$$\begin{matrix}
 & a & b & c & d & e \\
 \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} \infty & 12 & \infty & \infty & 10 \\ 12 & \infty & 9 & 11 & 8 \\ \infty & 9 & \infty & 14 & \infty \\ \infty & 11 & 14 & \infty & 15 \\ 10 & 8 & \infty & 15 & \infty \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

Gambar 2.6 Graf Berbobot dengan Matriks Ketetanggaannya  
Sumber: [5]

Perhatikan bahwa pada graf berbobot, nilai elemen pada  $i$  dan  $j$  yang sama, diberi nilai yang sangat besar agar tidak menjadi pilihan dalam perhitungan *Travelling Salesman Problem*.

2. Matriks bersisian

Akan dibuat matriks  $A = [a_{ij}]$  dengan  $i$  adalah simpul dan  $j$  adalah sisi. Apabila simpul  $i$  bersisian dengan sisi  $j$ , maka  $a_{ij}$  diberi nilai 1, sebaliknya diberi nilai 0.



$$\begin{matrix}
 & e1 & e2 & e3 & e4 & e5 & e6 \\
 \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

Gambar 2.7 Graf dengan Matriks Bersisiannya  
Sumber: [5]

3. Matriks ketetangaan

Matriks ketetangaan terdiri atas dua kolom. Kolom pertama berisikan simpul, sedangkan kolom kedua berisikan daftar simpul yang bertetangga dengan simpul tersebut

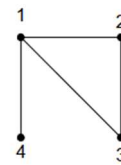
B. *Travelling Salesman Problem*

*Travelling Salesman Problem (TSP)* adalah contoh masalah optimisasi yang dapat diselesaikan dengan lintasan Hamilton. Misalnya, diberikan sejumlah kota dan diketahui jarak antarkota. Seorang pedagang harus mengunjungi semua kota

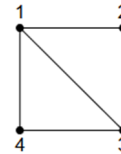
dan kembali ke kota asalnya. Dicari jalur terpendek yang dapat dilalui pedagang tersebut untuk menghemat waktu, energi, dan biaya perjalanan. Untuk pemecahan masalah ini, dibuat sebuah graf dengan setiap kota sebagai simpul dan jalan yang menghubungkan tiap kota sebagai sisi. Bobot setiap sisi merupakan jarak antarkota yang dihubungkan oleh sisi tersebut.

Lintasan Hamilton adalah istilah untuk sebuah lintasan yang melalui setiap simpul dalam graf sebanyak satu kali saja. Lintasan ini dinamai berdasarkan matematikawan, Sir William Rowan Hamilton, yang pertama kali mengemukakan teori mengenai lintasan tersebut. Lintasan Hamilton digunakan untuk menemukan jalur terpendek antara dua titik dalam suatu sistem.

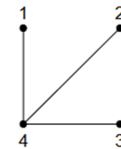
Sirkuit Hamilton adalah lintasan Hamilton yang melalui setiap titik dalam sistem dan kembali ke titik awal, sehingga membentuk sebuah sirkuit. Graf yang mempunyai sirkuit Hamilton disebut graf Hamilton, sedangkan graf yang hanya memiliki lintasan Hamilton disebut graf semi-Hamilton.



Gambar 2.8 Graf yang Memiliki Lintasan Hamilton  
Sumber: [6]



Gambar 2.9 Graf yang Memiliki Sirkuit Hamilton  
Sumber: [6]



Gambar 2.10 Graf yang Tidak Memiliki Lintasan maupun Sirkuit Hamilton  
Sumber: [6]

Sebuah graf sederhana  $G$  dengan minimal tiga buah simpul adalah graf Hamilton apabila jumlah seluruh derajat dari setiap simpulnya lebih besar atau sama dengan jumlah simpul dibagi 2. Setiap graf lengkap adalah graf Hamilton.

C. *Algoritma Nearest Neighbor*

Salah satu cara untuk menyelesaikan masalah ini adalah dengan menggunakan algoritma nearest-neighbor. Prinsip algoritma nearest-neighbor adalah memilih destinasi terdekat dari tempat saat ini. Pertama-tama dipilih tempat tertentu sebagai titik awal. Destinasi selanjutnya dipilih dengan cara mencari destinasi terdekat dari tempat saat itu

### III. METODOLOGI

#### A. Batasan Masalah

Penulis menerapkan beberapa batasan dengan tujuan menyederhanakan masalah pengoptimalan rute Konser Tulus Tur Manusia 2023, yaitu

1. Rute optimal hanya ditentukan berdasarkan jarak tempuh minimum. Faktor-faktor lain seperti kemacetan, kualitas jalan, biaya perjalanan, waktu tempuh, dan preferensi pribadi Tulus diabaikan
2. Data jarak antarkota yang digunakan merupakan jarak lurus pada peta serta diperoleh dari website <http://indonesia.distanceworld.com>
3. Titik awal dipilih kota Medan
4. Digunakan pemodelan Travelling Salesman Problem, tetapi dibatasi agar tidak kembali ke titik semula
5. Dalam mencari jarak antar lokasi konser dengan <http://indonesia.distanceworld.com>, lokasi yang menjadi inputan tidak detail hingga gedung yang spesifik, melainkan hanyalah pusat kota dari lokasi gedung tersebut.

#### B. Pemodelan Masalah

Untuk pengoptimalan rute Konser Tulus Tur Manusia 2023, dibuat sebuah graf dengan setiap lokasi konser sebagai simpul dan jalan yang menghubungkan tiap lokasi konser sebagai sisi. Bobot setiap sisi merupakan jarak antarkota yang dihubungkan oleh sisi tersebut. Dimulai dari Medan, akan dicari titik kota lain yang lokasinya terdekat, yaitu dengan Algoritma Nearest Neighbor

### IV. DATA DAN PERHITUNGAN

#### A. Data yang Digunakan

Data tempat-tempat pelaksanaan konser di tiap kotanya didapat melalui internet



Gambar 3.1 Lokasi-lokasi Konser Tulus Tur Manusia 2023  
Sumber: [8]

#### B. Perhitungan

##### Langkah 1

Untuk memudahkan penggambaran graf, tiap lokasi konser yang menjadi simpul diberi nama berupa angka.

Simpul	Kota
1	Medan
2	Palembang
3	Makassar
4	Batam
5	Surabaya
6	Bali
7	Samarinda
8	Manado
9	Bandung
10	Yogyakarta
11	Jakarta

Tabel 3.1 Penamaan Simpul pada Graf  
Sumber: [8]

##### Langkah 2

Dari data lokasi-lokasi konser di atas, dicari jarak antara lokasi yang satu dengan semua lokasi lainnya. Berikut ini adalah data jarak antar lokasi konser:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	997	2499	656	1972	2284	2102	2916	1534	1813	1414
2	997	0	1643	463	1002	1317	1404	2287	540	819	422
3	2499	1643	0	1844	774	606	574	952	1321	1043	1397
4	656	463	1844	0	1340	1648	1469	2314	978	1214	867
5	1972	1002	774	1340	0	315	895	1657	567	269	661
6	2284	1317	606	1648	315	0	931	1552	860	542	965
7	2102	1404	574	1469	895	931	0	884	1277	1106	1307
8	2916	2287	952	2314	1657	1552	884	0	2130	1909	2174
9	1534	540	1321	978	567	860	1277	2130	0	319	120
10	1813	819	1043	1214	269	542	1106	1909	319	0	430
11	1414	422	1397	867	661	965	1307	2174	120	430	0

Tabel 3.2 Jarak Antar Simpul dalam Kilometer  
Sumber: Dokumen Pribadi

##### Langkah 3

Setelah didapatkan data jarak antarkota, maka akan dilakukan perhitungan:

1. Perhitungan dilakukan dimulai dari tempat awal yaitu Medan.
2. Destinasi terdekat dari Medan adalah Batam, dengan jarak 656km.
3. Simpul terdekat dari Batam adalah Palembang, dengan jarak 463km .
4. Simpul terdekat dari Palembang adalah Jakarta, dengan jarak 422km.

5. Simpul terdekat dari Jakarta adalah Bandung, dengan jarak 120km.
6. Simpul terdekat dari Bandung adalah Yogyakarta, dengan jarak 319km.
7. Simpul terdekat dari Yogyakarta adalah Surabaya, dengan jarak 269km.
8. Simpul terdekat dari Surabaya adalah Bali, dengan jarak 315km.
9. Simpul terdekat dari Bali adalah Makassar, dengan jarak 606km.
10. Simpul terdekat dari Makassar adalah Samarinda, dengan jarak 574km.
11. Simpul terdekat dari Samarinda adalah Manado, dengan jarak 884km.

Sehingga didapatkan rute terpendek Konser Tulus Tur Manusia 2023 dengan panjang lintasan 4628 km.



Gambar 4. Ilustrasi Rute  
Sumber: Dokumen Pribadi

## V. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Algoritma Nearest Neighbor berhasil menyajikan rute yang jauh lebih pendek dibandingkan rute asli dengan cepat. Sayangnya, keakuratan algoritma ini dalam mencari rute tersingkat tidak sebaik metode lain, misalnya *brute force* ataupun *dynamic programming*. Hal ini disebabkan sejak awal hanya dipilih sisi terpendek antara dua simpul. Padahal, terdapat kemungkinan kasus ketika di awal tidak dipilih sisi antar simpul yang terpendek, tetapi total panjang lintasan akhirnya lebih pendek.

Data yang digunakan pada makalah ini juga kurang akurat karena jarak antar simpul yang diambil tidak presisi dan spesifik di gedung lokasi konser dilaksanakan, melainkan pada pusat kota tempat konser tersebut dilaksanakan. Pengambilan jarak juga menggunakan jarak lurus pada peta, bukan jarak asli yang ditempuh pesawat ketika melakukan penerbangan.

## VI. KESIMPULAN

Sebagai musisi yang terkenal dan digemari banyak orang, setiap konser yang diselenggarakan oleh Tulus selalu dinanti-nanti. Upaya Tulus untuk menggapai seluruh daerah di Indonesia dengan menggelar konser di 11 kota patut diapresiasi. Sayangnya rute konser tersebut belum efisien dari segi jarak. Dengan algoritma nearest neighbors, didapatkan rute baru dengan jarak yang lebih pendek, yaitu 4628km. Rute ini dimulai dari Medan, Batam, Palembang, Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Surabaya, Bali, Makassar, Samarinda, dan berakhir di Manado. Melalui rute baru ini, biaya, jarak, hingga energi dalam melakukan konser menjadi lebih rendah apabila dibandingkan dengan rute awal dengan jarak 18187km.

## VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan baik

2. Kedua orang tua penulis yang senantiasa mendukung dan mendoakan penulis
3. Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T., Ibu Fariska Zakhralativa Ruskanda S.T.,M.T, dan Ibu Dr. Nur Ulfa Maulidevi S.T., M.Sc selaku dosen mata kuliah IF2120 Matematika Diskrit yang telah membimbing penulis dan memberikan banyak pengetahuan yang bermanfaat selama perkuliahan.

## REFERENSI

- [1] E. Krisnawati, "Profil dan Biodata Tulus, Nama Asli, Prestasi, Hingga Daftar Lagu," 27 10 2022. [Online]. Available: <https://www.sonora.id/read/423536876/profil-dan-biodata-tulus-nama-asli-prestasi-hingga-daftar-lagu>. [Diakses 10 12 2023].
- [2] TulusCompany, "Biografi Tulus," 2023. [Online]. Available: <https://www.situstulus.com/biografi/>. [Diakses 10 12 2023].
- [3] Tempo.co, "Konser Tulus Tur Manusia 2023 Dimulai Hari Ini, Apa yang Spesial?," Tempo.co, 1 Februari 2023. [Online]. Available: <https://seleb.tempo.co/read/1686213/konser-tulus-tur-manusia-2023-dimulai-hari-ini-apa-yang-spesial>. [Diakses 8 12 2023].
- [4] R. Munir, "Graf (Bagian 1)," [Online]. Available: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/19-Graf-Bagian1-2023.pdf>. [Diakses 11 12 2023].
- [5] R. Munir, "Graf (Bagian 2)," 2023. [Online]. Available: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/20-Graf-Bagian2-2023.pdf>. [Diakses 11 12 2023].
- [6] R. Munir, "Graf (Bagian 3)," 2023. [Online]. Available: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/21-Graf-Bagian3-2023.pdf>. [Diakses 11 12 2023].
- [7] R. Azhari, "Perayaan 11 Tahun Berkarya Lewat Sebuah Konser Musik 'TULUS Tur Manusia 2023'," 12 2022. [Online]. Available: <https://ussfeed.com/perayaan-11-tahun-berkarya-lewat-sebuah-konser-musik-tulus-tur-manusia-2023-pop-culture/>. [Diakses 11 12 2023].

## 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.

Bandung, 3 Desember 2023

Dhidit Abdi Aziz 13522040