

# Penerapan Algoritma Branch and Bound Sebagai Tips Mengunjungi Stand Theme Park

Stephen Thajeb (13518150)  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung  
13518150@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak** — Algoritma Branch and Bound merupakan suatu pendekatan yang sangat banyak digunakan di dalam kehidupan kita meskipun kita tidak sadar. Salah satu contoh pemanfaatan Algoritma Branch and Bound adalah dalam penyelesaian persoalan Travelling Salesperson (Salesman) Problem (TSP) khususnya persoalan TSP dalam mengelilingi stand – stand Theme Park dengan total jarak minimum.

**Kata Kunci** — Algoritma Branch and Bound; Travelling SalesPerson Problem; Travelling Salesman Problem; TSP; Theme Park

## I. PENDAHULUAN

Terdapat banyak theme park yang menggunakan sistem penjualan tiket one *entry* di mana pengunjung theme park yang telah membeli tiket dibebaskan untuk bermain pada stand permainan apapun sampai pengunjung keluar dari entrance theme park ataupun sampai jam batas jam operasional theme park tersebut. Di dalam kehidupan nyata, sering sekali terjadi kasus di mana karena perencanaan yang kurang tepat, target-targer stand kunjungan kita tidak sempat kita kunjungi karena batas jam operasional theme park meskipun faktanya jam operasional theme park. Kebanyakan kasus di atas terjadi bukan karena kurangnya waktu (jam operasional) bagi pengunjung untuk mengunjungi stand yang diinginkan, melainkan terjadi karena pengunjung kurang efektif dalam menggunakan waktu yang tersedia seperti contoh, pengunjung tidak menentukan rute pengunjungan yang baik sehingga pengunjung menghabiskan waktu berkali-kali melewati jalan yang sama serta pengunjung menghabiskan waktu lebih banyak di perjalanan menuju stand dibandingkan waktu yang dihabiskan di permainan stand. Semua permasalahan yang disebutkan di atas dapat diselesaikan menggunakan algoritma Branch and Bound di mana persoalan tersebut dapat dipandang sebagai persoalan TSP dengan stand-stand yang ingin dikunjungi sebagai simpul (*node*) dan jarak yang ditempuh dari suatu stand ke stand lain sebagai sisi (*edge*). Penyelesaian solusi masalah yaitu pencarian solusi optimum berupa menentukan sirkuit Hamilton (sirkuit yang memuat semua simpul tepat sekali kecuali titik asal sebanyak dua kali) dengan bobot terkecil.

## II. DASAR TEORI

### A. Algoritma Branch and Bound

Algoritma Branch and Bound adalah algoritma yang sering digunakan untuk menyelesaikan persoalan optimasi yaitu persoalan yang meminimalkan atau memaksimalkan suatu fungsi objektif yang tidak melanggar batasan (constraints) persoalan. Algoritma Branch and Bound ini pada dasarnya mirip dengan algoritma Breadth First Search (BFS) namun pada algoritma Branch and Bound menggunakan tambahan least cost search dalam pencarian node yang akan diekspan. Berikut penjelasan terstruktur mengenai algoritma Branch and Bound:

1. Setiap simpul diberi sebuah cost  $c(i)$  di mana  $c(i)$  adalah nilai taksiran lintasan termurah ke simpul status tujuan yang melalui simpul status  $i$
2. Simpul berikutnya yang akan diexpand tidak lagi berdasarkan urutan pembangkitannya, tetapi simpul yang memiliki cost yang paling kecil (least cost search) pada kasus minimasi
3. Jika goal node ditemukan maka bunuh semua node dengan cost yang lebih besar dari cost goal node serta melanjutkan proses expanding node dengan cost yang lebih kecil atau sama dengan cost goal node.
4. Ulangi langkah ke-3 sampai semua node terbunuh lalu goal node dengan cost minimum adalah solusi paling optimal yang diinginkan.

Pada algoritma Branch and Bound terdapat suatu komponen yang sangat penting yaitu fungsi pembatas, fungsi pembatas tersebut digunakan dalam pemangkasan pada jalur yang dianggap tidak lagi mengarah pada solusi. Kriteria pemangkasan secara umum :

- Nilai simpul tidak lebih baik dari nilai terbaik sejauh ini
- Simpul tidak merepresentasikan solusi yang feasible karena ada batasan yang dilanggar
- Jika solusi yang feasible pada simpul tersebut hanya terdiri atas satu goal node maka tidak ada pilihan lain

selain daripada menetapkan goal node tersebut sebagai solusi akhir, namun jika terdapat goal node lain yang feasible maka bandingkan goal node tersebut serta mengambil node berdasarkan fungsi objektif, lalu ambillah goal node yang terbaik

Algoritma branch and bound juga sangat mirip dengan algoritma A\*, perbedaannya terletak pada algoritma branch and bound akan tetap menelusuri simpul-simpul yang memiliki cost lebih kecil atau sama dengan simpul solusi meskipun solusi / goal node sudah tercapai.

### B. Travelling Salesman Problem (TSP)

Travelling Salesman Problem (TSP) adalah suatu masalah optimasi klasik di dunia Informatika. Persoalan tersebut sebagai berikut:

Terdapat seorang sales yang harus melakukan kunjungan ke sejumlah kota dalam menjajakan produknya. Rangkaian kota-kota yang dikunjungi (lintasan) harus membentuk suatu jalur sedemikian sehingga kota-kota tersebut hanya boleh dilewati tepat satu kali dan kemudian sales tersebut harus kembali lagi ke kota awal dan berangkat. Penyelesaian dari persoalan ini adalah nilai optimum dari rute yang paling pendek, yaitu perjalanan dengan jarak terpendek atau yang mempunyai total harga minimum.

Terdapat banyak pendekatan algoritma yang dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan TSP namun tidak semua algoritma efisien digunakan dalam persoalan ini, seperti contoh penyelesaian persoalan TSP dengan menggunakan algoritma brute force memerlukan waktu yang sama dengan kompleksitas  $O(n!)$  dengan  $n$  adalah jumlah kota, sehingga untuk kasus  $n$  yang sangat besar algoritma brute force sangat tidak disarankan untuk penyelesaian persoalan ini. Salah satu contoh algoritma yang efisien untuk penyelesaian algoritma TSP adalah algoritma branch and bound dan algoritma inilah yang akan digunakan dalam penyelesaian permasalahan TSP di makalah ini.

### C. Penyelesaian Persoalan TSP dengan Algoritma Branch and Bound.

Penyelesaian persoalan TSP dengan menggunakan algoritma Branch and Bound juga memiliki beberapa metode antara lain metode dengan menggunakan reduced cost matrix dan metode dengan metode bobot tur lengkap. Dalam makalah ini hanya akan dibahas penyelesaian dengan menggunakan metode dengan reduced matrix.

Langkah-langkah Algoritma TSP dalam penyelesaian TSP:

1. Nyatakan hubungan kota-kota yang berhubungan sebagai suatu matriks ketetanggaan dengan jarak kota adalah nilai elemen matriks. Sebagai contoh jarak dari kota A ke kota B adalah  $x$ , maka tuliskan nilai  $x$  pada baris A dan kolom B matriks tersebut. Apabila dua buah kota tidak berhubungan atau tidak dapat dicapai maka tuliskan nilai tak terhingga untuk elemen matriks.

2. Mereduksi matriks tersebut sehingga matriks dalam bentuk reduced cost matriks. Sebuah matriks dikatakan tereduksi jika setiap kolom mengandung paling sedikit satu buah nol dan semua elemen lainnya non negative. Matriks tetangga yang telah direduksi ditetapkan sebagai simpul akar dalam pohon representasi solusi Branch and Bound.
3. Tentukan fungsi pembatas atau bound. Misalkan A adalah matriks tereduksi untuk simpul R, dan S adalah anak dari simpul R sehingga sisi (R,S) pada pohon ruang status berkoresponden dengan sisi (i,j) pada perjalanan. Jika S bukan simpul daun, maka matriks bobot tereduksi untuk simpul S dapat dihitung sebagai berikut :

- Ubah semua nilai pada baris  $i$  dan kolom  $j$  menjadi  $\infty$ . Ini untuk mencegah agar tidak ada lintasan yang keluar dari simpul I atau masuk pada simpul  $j$ .

- Ubah  $A(j,1)$  menjadi  $\infty$ . Ini untuk mencegah penggunaan sisi (j,1)

- Reduksi kembali semua baris dan kolom pada matriks A kecuali untuk elemen  $\infty$

- Jika  $r$  adalah total semua pengurang maka nilai batas untuk simpul S adalah

$$c(S) = c(R) + A(i, j) + r$$

**Gambar 01** Fungsi pembatas persoalan

4. Pada setiap tahap mengexpand node, pilih node dengan cost minimum pada level tree saat ini untuk dibangkitkan.
5. Jika simpul goal berhasil dicapai, maka bunuh semua simpul lainnya yang memiliki cost lebih besar dari cost goal node, serta lanjutkan proses expanding simpul untuk simpul yang belum dibunuh alasannya karena simpul-simpul tersebut mungkin akan menghasilkan solusi yang lebih optimum dari solusi simpul goal yang diperoleh saat ini.
6. Ulangi langkah 5 sampai tidak ada node hidup yang tersisa, maka solusi persoalan diambil dari solusi goal yang paling optimum.

## III. PEMBAHASAN

Telah disebutkan bahwa permasalahan pengunjung theme park tidak dapat berhasil mengunjungi semua stand yang diinginkan adalah karena keterbatasan waktu, maka solusi untuk permasalahan yang mendukung adalah cara untuk meminimalkan waktu yang digunakan oleh pengunjung dalam proses perjalanan perpindahan dari suatu stand ke stand lain. Asumsikan kecepatan berjalan seorang pengunjung selalu konstan sehingga waktu pengunjung pada perjalanan berbanding lurus dengan jarak yang ditempuh pengunjung dalam perjalanan maka solusi dapat diperoleh dengan mencari rute Sirkuit Hamilton yang memiliki total jarak terkecil (TSP).

Untuk uji kasus dalam makalah ini, akan digunakan peta theme park funland Mickey Holiday yang terdapat di Berastagi

Medan (Sumatera Utara). Berikut peta theme park fundland Mickey Holiday



**Gambar 02** Peta Funland Mickey Holiday(Sumber : <http://www.mikieholiday.com/funland/en/map>)

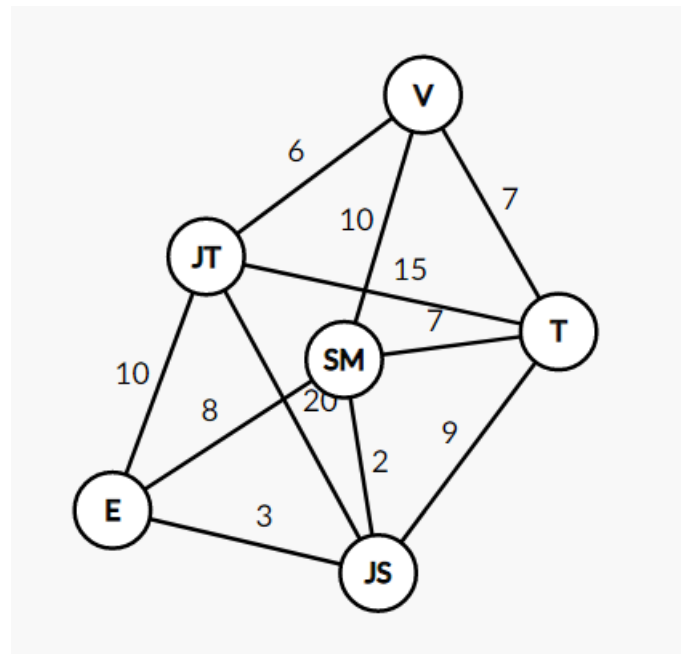


**Gambar 03** Penjelasan lokasi pada Peta (Sumber : <http://www.mikieholiday.com/funland/en/map>)

Misalkan terdapat seorang pengunjung yang ingin mengunjungi semua stand games adventurous antara lain:

1. Stand 16 Volcano yaitu disingkat V
2. Stand 22 Jurassic Tree disingkat JT
3. Stand 26 Sea Monster disingkat SM
4. Stand 33 JellySwing disingkat JS
5. Stand 39 Tsunami disingkat T

Maka hubungan stand-stand tersebut dalam graf adalah sebagai berikut:



**Gambar 04** Representasi peta dalam graf

Dengan E adalah node yang mewakili Entrance dan node tersebut akan menjadi titik awal dari persoalan TSP. Dalam proses transformasi peta themepark ke dalam node ada digunakan beberapa asumsi antara lain :

-Asumsikan daerah yang dengan warna hijau pada peta tidak boleh dilewati

-Bobot sisi dinyatakan oleh taksiran jarak dua buah stand pada peta

Representasi hubungan simpul dalam matriks ketetanggan sebagai berikut :

	E	JS	JT	SM	V	T
E	$\infty$	3	10	8	$\infty$	$\infty$
JS	3	$\infty$	20	2	$\infty$	9
JT	10	20	$\infty$	$\infty$	6	15
SM	8	2	$\infty$	$\infty$	10	2
V	$\infty$	$\infty$	6	10	$\infty$	7
T	$\infty$	9	15	2	7	$\infty$

Terapkan algoritma branch and bound sesuai dengan langkah- langkah pada Bab II.

1. Simpul 1 : akar pohon Level 1

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	0	17	9	∞	∞
JS	6	∞	∞	5	2	12
JT	17	∞	∞	7	∞	5
SM	9	5	7	∞	4	4
V	∞	2	∞	4	∞	6
T	∞	12	5	4	6	∞

cost(1) = 22

2. Simpul 2 : Dari E ke JS Level 2

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	∞	∞	18	0	∞	7
JT	0	∞	∞	0	∞	9
SM	2	∞	∞	∞	8	0
V	∞	∞	0	4	∞	1
T	∞	∞	13	0	5	∞

cost(2) = 25

3. Simpul 3 : Dari E ke JT Level 2

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	0	∞	∞	0	∞	7
JT	∞	14	∞	∞	0	9
SM	5	0	∞	∞	8	0
V	∞	∞	∞	3	∞	0
T	∞	7	∞	0	5	∞

cost(3) = 30

4. Simpul 4 : Dari E ke SM Level 2

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	0	∞	18	∞	∞	7
JT	3	14	∞	∞	0	9
SM	∞	0	∞	∞	8	0
V	∞	∞	0	∞	∞	1
T	∞	2	8	∞	0	∞

cost(4) = 32

5. Simpul 5 : Dari JS ke JT Level 3

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JT	∞	∞	∞	∞	0	9
SM	0	∞	∞	∞	8	0
V	∞	∞	∞	3	∞	0
T	∞	∞	∞	0	5	∞

cost(5) = 46

6. Simpul 6 : Dari JS ke SM Level 3

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JT	0	∞	∞	∞	0	9
SM	∞	∞	∞	∞	8	0
V	∞	∞	0	∞	∞	1
T	∞	∞	8	∞	0	∞

cost(6) = 30

7. Simpul 7 : Dari JS ke T Level 3

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JT	0	∞	∞	∞	0	∞
SM	0	∞	∞	∞	6	∞
V	∞	∞	0	4	∞	∞
T	∞	∞	13	0	5	∞

cost(7) = 34

8. Simpul 8 : Dari SM ke V Level 4

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JT	0	∞	∞	∞	∞	9
SM	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V	∞	∞	0	∞	∞	1
T	∞	∞	0	∞	∞	∞

cost(8) = 46

9. Simpul 9 : Dari SM ke T Level 4

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JT	0	∞	∞	∞	0	∞
SM	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V	∞	∞	∞	∞	∞	∞
T	∞	∞	∞	∞	0	∞

cost(9) = 30

10. Simpul 10 : Dari T ke JT Level 4

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JT	∞	∞	∞	∞	0	∞
SM	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V	∞	∞	∞	∞	∞	∞
T	∞	∞	∞	∞	∞	∞

cost(10) = 30

11. Simpul 11: Dari T ke V Level 5

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JT	0	∞	∞	∞	∞	∞
SM	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V	∞	∞	0	∞	∞	∞
T	∞	∞	∞	∞	∞	∞

cost(11) = 30

12. Simpul 12 : Dari V ke JT Level 6

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JT	∞	∞	∞	∞	∞	∞
SM	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V	∞	∞	∞	∞	∞	∞
T	∞	∞	∞	∞	∞	∞

cost(12) = 30

13. Simpul 13 : Dari JT ke JS Level 3

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	∞	∞	∞	0	∞	7
JT	∞	∞	∞	∞	∞	∞
SM	0	∞	∞	∞	3	0
V	∞	∞	∞	3	∞	0
T	∞	∞	∞	0	0	∞

cost(13) = 54

14. Simpul 14 : Dari JT ke V Level 4

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	0	∞	∞	0	∞	7
JT	∞	∞	∞	∞	∞	∞
SM	5	0	∞	∞	∞	0
V	∞	∞	∞	3	∞	0
T	∞	7	∞	0	∞	∞

cost(14) = 30

15. Simpul 15: Dari JT ke T Level 3

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	∞	∞	18	0	∞	∞
JT	∞	∞	∞	∞	∞	∞
SM	0	∞	∞	∞	3	0
V	∞	∞	0	4	∞	1
T	∞	∞	13	0	0	∞

cost(15) = 46

16. Simpul 16: Dari E ke JS Level 4

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	0	∞	∞	∞	∞	7
JT	∞	∞	∞	∞	∞	∞
SM	5	0	∞	∞	∞	0
V	∞	∞	∞	∞	∞	0
T	∞	∞	∞	∞	∞	∞

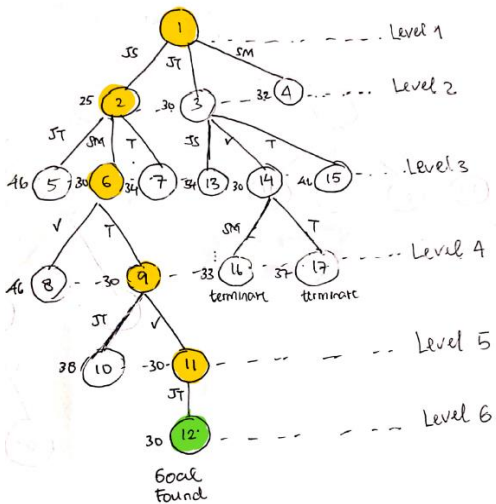
cost(16) = 33

17. Simpul 17: Dari V ke T Level 4

	E	JS	JT	SM	V	T
E	∞	∞	∞	∞	∞	∞
JS	0	∞	∞	∞	∞	∞
JT	∞	∞	∞	∞	∞	∞
SM	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V	∞	∞	∞	∞	∞	∞
T	∞	0	∞	0	∞	∞

cost(17) = 37

Dengan penyelesaian permasalahan TSP di atas menggunakan algoritma branch and bound, jumlah simpul yang dibangkitkan ada 17 buah simpul.



Gambar 05 Pohon pembangkitan simpul solusi

Dapat dilihat setelah simpul goal pada simpul 12 diperoleh, simpul yang memiliki cost lebih besar dari nilai 30 dibunuh dan tidak diexpand lebih lanjut, namun untuk simpul 3 tetap diexpand sampai simpul 16 dan simpul 17 yang memiliki cost lebih besar dari 30 sehingga proses pencarian berhenti dengan rute solusi persoalan TSP adalah:

Entrance (E) – Jelly Swing (JS) – Sea Monster (SM) – Tsunami (T) – Volcano (V) – Jurassic Tree (JT) – Entrance (E)

Dengan total jarak tempuh =  $3+2+2+7+6+10 = 30$  satuan jarak. Berikut juga ditampilkan beberapa sirkuit hamilton lainnya pada graph Gambar XX sebagai perbandingan

Rute	Total bobot
E – JT – V – T – SM – JS – E	35
E – JS – JT – V – T – SM – E	50
E – JS – JT – T – V – SM – E	63

Nilai kebenaran dari algoritma branch and bound dengan pendekatan reduced matrix juga dapat divalidasi dengan membandingkannya dengan TSP solver yang tersedia pada halaman <https://www.easycalculation.com/operations-research/traveling-salesman-problem.php>

Gambar 06 Hasil TSP Solver online

(sumber: <https://www.easycalculation.com/operations-research/traveling-salesman-problem.php>)

Perhatikan bahwa dari komputasi TSP solver tersebut diperoleh nilai total cost 20 yang belum diperhitungkan bobot sisi 3 menuju 1 yang bernilai 10, apabila nilai tersebut dijumlah maka total cost tersebut akan berniali  $20 + 10 = 30$ . Terbukti bahwa dengan pendekatan reduced cost matrix juga akan memperoleh hasil perhitungan yang benar.

Untuk penjelasan lebih lanjut terkait penerapan algoritma branch and bound sebagai tips dalam mengunjungi stand theme park, penulis menyediakan video pembahasan pada laman video berikut ini.

<https://youtu.be/As-fo7OQLUs>

#### IV. KESIMPULAN

Sebagai kesimpulan. Dari tabel total bobot beberapa sirkuit Hamilton dengan total bobot hasil penyelesaian TSP dengan menggunakan algoritma branch and bound, terlihat bahwa untuk kasus jumlah simpul  $n = 6$  pada graf; total bobot sirkuit Hamilton yang dapat dihasilkan juga bervariasi dan di antaranya ada nilainya mendekati satu kali lipat lebih besar

dari nilai bobot hasil penyelesaian TSP sehingga dapat disimpulkan sangat penting bagi seorang pengunjung theme park untuk melakukan perencanaan rute per kunjungan standnya terlebih dahulu baik dengan pendekatan algoritma branch and bound ataupun algoritma lainnya untuk menghemat waktu yang dihabiskan pengunjung dari perjalanan berpindah dari satu stand ke stand yang lainnya

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin berterima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat-Nya makalah ini dapat diselesaikan tepat waktu. Saya juga ingin berterima kasih kepada prodi Informatika Institut Teknologi Bandung (ITB) khususnya kepada para dosen mata kuliah IF2211 Strategi Algoritma yang telah membimbing saya sehingga saya memiliki pengetahuan yang cukup dalam membuat makalah ini.

#### REFERENSI

1. Levitin, Anany, "Introduction to The Design and Analysis of Algorithm" edisi ketiga.
2. [http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2017-2018/Algoritma-Branch-&-Bound-\(2018\).pdf](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2017-2018/Algoritma-Branch-&-Bound-(2018).pdf) diakses pada 26 April 2020
3. <https://www.geeksforgeeks.org/travelling-salesman-problem-set-1/> diakses pada 25 April 2020
4. <https://www.techiedelight.com/travelling-salesman-problem-using-branch-and-bound/> diakses pada 01 Mei 2020

#### 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, 01 Mei 2020



Stephen Thajeb  
13518150