

Penentuan Rute Perjalanan Tempat Wisata di Pekanbaru dengan Algoritma *Branch and Bound*

Lyora Felicya - 13520073

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
E-mail : 13520073@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Pekanbaru merupakan ibu kota dan kota terbesar di provinsi Riau. Banyak sekali wisata alam dan tempat-tempat yang menarik untuk dikunjungi bersama dengan teman ataupun keluarga. Namun, beberapa orang masih merasa asing dengan kota ini dan jarang menjadikan kota Pekanbaru sebagai destinasi liburan. Makalah ini akan membahas mengenai penggunaan algoritma *Branch and Bound* untuk melakukan perencanaan rute perjalanan yang optimal dan efisien saat mengunjungi berbagai tempat di Pekanbaru, dengan harapan dapat membantu orang-orang yang kurang familiar dengan kota ini atau wisatawan yang pertama kali berkunjung.

Keywords—*Branch and Bound*; *Wisata*; *Rute Perjalanan*

I. PENDAHULUAN



Gambar 1.1 Perpustakaan Soeman HS, Pekanbaru

Sumber :

<https://en.wikipedia.org/wiki/Pekanbaru>

Kota Pekanbaru merupakan ibukota sekaligus kota terbesar di Provinsi Riau. Secara geografis, Kota Pekanbaru diapit oleh Kabupaten Siak di sebelah utara dan timur, Kabupaten Kampar di sebelah utara, selatan, dan barat dan Kabupaten Pelalawan di sebelah selatan dan timur. Luas wilayah Kota Pekanbaru sebesar 632,26 km² atau 0,71 persen dari total luas wilayah Provinsi Riau. Topografi Kota Pekanbaru relatif datar dengan struktur tanah terdiri dari tanah aluvial dan pasir, dan sebagian daerah pinggiran kota terdiri dari tanah jenis organosol dan humus yang bersifat asam dan korosif untuk besi. Perkembangan perekonomian

Pekanbaru, sangat dipengaruhi oleh kehadiran perusahaan minyak, pabrik *pulp* dan kertas, serta perkebunan kelapa sawit beserta pabrik pengolahannya.

Perkembangan Pekanbaru yang semakin pesat mendorong pengusaha setempat untuk membuka berbagai tempat wisata dan juga tempat yang dapat menarik perhatian warga Pekanbaru, khususnya para remaja. Hal ini ditandai dengan dibukanya banyak kafe dan tempat makan yang *instagrammable* dan nyaman untuk dijadikan sebagai tempat berkumpul. Banyak juga tempat rekreasi dan wisata alam yang menyerupai destinasi liburan di kota besar lainnya.

Banyaknya pilihan destinasi wisata dan hangout ini membuat wisatawan atau bahkan warga setempat kebingungan dalam menentukan tempat-tempat yang ingin dikunjungi. Pastinya mereka ingin mengunjungi sebanyak mungkin tempat dalam satu hari, karena adanya keterbatasan waktu dan ingin menentukan rute yang paling optimal, dengan mempertimbangkan jarak tempuh dan waktu yang harus dihabiskan dalam perjalanan. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan memanfaatkan algoritma *branch and bound* untuk membuat rute perjalanan yang baik dan efisien. Dengan menggunakan salah satu contoh persoalan algoritma *branch and bound*, yaitu *Travelling Salesperson Problem*, akan didapatkan solusi paling optimal untuk mengatur urutan tempat yang akan dikunjungi, dengan jarak tempuh antar tempat sebagai pertimbangannya.

II. TEORI DASAR

A. Algoritma *Branch and Bound*

Algoritma *Branch and Bound* merupakan salah satu strategi algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan suatu persoalan optimisasi, yaitu meminimalkan atau memaksimalkan suatu fungsi objektif, yang tidak melanggar batasan atau *constraint* dari persoalan. *Branch and Bound* ini merupakan kombinasi dari algoritma Breadth First Search (BFS), yang melakukan pencarian simpul berikutnya berdasarkan urutan pembangkitan, dan least cost search. Dua prinsip utama dari Algoritma ini adalah :

1. Melakukan perhitungan secara rekursif, dengan melakukan pemecahan masalah menjadi masalah-masalah yang lebih kecil, dengan tetap

memperhitungkan nilai terbaiknya. Proses ini dapat dinamakan sebagai branching

2. Algoritma ini juga akan melakukan pencatatan biaya minimum sebagai bound dalam setiap perhitungannya sehingga untuk calon hasil jawaban yang diperkirakan akan melebihi bound, akan dibuang karena tidak memungkinkan untuk mencapai nilai terbaik

Karakteristik dari Algoritma *Branch and Bound* sendiri terletak pada adanya suatu fungsi pembatas. Algoritma ini menerapkan “pemangkasan” pada jalur yang dianggap tidak lagi mengarah pada solusi yang diinginkan. Secara umum, terdapat tiga kriteria pemangkasan yang digunakan, yaitu :

1. Nilai simpul tidak lebih baik dari nilai terbaik sejauh ini (the best solution so far)
2. Simpul tidak merepresentasikan solusi yang feasible karena terdapat batasan yang dilanggar.
3. Solusi pada simpul tersebut hanya terdiri atas satu titik dan tidak terdapat pilihan lainnya.

Algoritma *branch and bound* menghitung biaya atau cost dari setiap simpul yang dibangkitkannya. Biaya untuk setiap simpul merupakan nilai taksiran lintasan termurah ke simpul status tujuan yang melalui simpul status i , dilambangkan sebagai $\hat{c}(i)$. Simpul selanjutnya yang akan di-*expand* bukan berdasarkan urutan simpulnya, namun dengan memilih simpul yang memiliki biaya terkecil, atau dapat dikatakan juga sebagai *least cost search*. Dalam penentuan biaya dari simpul hidup, pada umumnya letak simpul solusinya tidak diketahui, maka dari itu $\hat{c}(i)$ dihitung secara heuristik, atau dapat dikatakan sebagai batas bawah dari ongkos pencarian solusi dari status i . Biaya untuk setiap simpul pada umumnya adalah $\hat{c}(i) = \hat{g}(i) + \hat{h}(i)$ (1) dengan $\hat{h}(i)$ adalah ongkos untuk mencapai simpul i dari akar dan $\hat{g}(i)$ adalah ongkos untuk mencapai simpul tujuan dari simpul i .

B. Travelling Salesperson Problem (TSP)

Travelling Salesperson Problem (TSP) merupakan salah satu persoalan yang dapat diselesaikan dengan branch and bound. Persoalan dari TSP adalah suatu kondisi di mana diberikan sebuah n kota (simpul) dan diketahui jarak (bobot) antarkota tersebut. Perlu ditemukan perjalanan (tour) dengan jarak terpendek yang dapat dilalui oleh seorang pedagang, dengan syarat pedagang tersebut harus melalui setiap kota tepat hanya sekali saja dan kembali ke kota asal keberangkatannya. Cost yang diperhitungkan untuk setiap simpulnya di dalam pohon ruang status menyatakan nilai batas bawah (lower bound) ongkos untuk mencapai simpul solusi dari simpul tersebut, dan dapat dihitung secara heuristik berdasarkan salah satu dari kedua cara ini:

a. Reduced Cost Matrix (Matriks ongkos-tereduksi)

Cost pada matriks yang digunakan didapat dari bobot yang diperlukan untuk mencapai suatu kota dari salah satu kota. Sebuah matriks disebut tereduksi jika setiap kolom dan barisnya mengandung paling sedikit satu buah nol dan semua elemen lainnya adalah lebih dari satu atau non-negatif



Gambar 2.1 Ilustrasi Matriks Tereduksi. Sumber : [2]

b. Bobot Minimum Tur Lengkap

Pada bobot minimum tur lengkap, fungsi pembatas (bound) dari setiap simpul dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$M \equiv \text{cost} = \text{bobot minimum tur lengkap} \\ \geq 1/2 \sum \text{bobot sisi } i_1 + \text{bobot sisi } i_2$$

Sisi i_1 dan i_2 adalah dua sisi yang bersisian dengan simpul i dengan bobot minimum. M di sini lah yang menjadi fungsi pembatas (bound) dari tiap simpul dalam pohon. Hasil perhitungan cost dari simpul yang dibangkitkan akan menentukan ‘arah gerak’ dari pembangkitan simpul-simpul selanjutnya.

C. Tempat Wisata dan Hangout

Sebelum membuat rute perjalanan yang efektif, terlebih dahulu diperlukan list tempat-tempat yang akan dikunjungi, oleh karena itu, penulis telah memilih 8 tempat wisata dan rekreasi yang dapat dikunjungi saat berada di Pekanbaru, yang terdiri atas wisata alam, tempat makan, dan juga tempat hangout. Berikut adalah tempat – tempatnya :

1. Alam Mayang



Gambar 2.2 Taman Wisata Alam Mayang Pekanbaru. Sumber :

<https://jemari.riau.go.id/objek-wisata/taman-wisata-alam-mayang>

Taman Wisata Alam Mayang merupakan salah satu tempat rekreasi wisata alam yang terletak strategis di pusat kota, tepatnya di Jl. H Imam Munandar. Disini tersedia berbagai wahana permainan, outbond, dan wisata air. Suasana alam yang begitu asri dan udara segar menjadikan Alam Mayang tempat yang cocok untuk berekreasi dan menjernihkan pikiran.

2. Asia Heritage



Gambar 2.3 Asia Heritage

Sumber : Instagram

Asia Heritage merupakan tempat wisata dengan konsep unik dan menarik yang baru didirikan pada tahun 2021. Tempat ini mengusung konsep taman wisata alam perpaduan beberapa wilayah di Asia yang ikonik, khususnya negara Korea, Jepang, dan China. Disini juga terdapat Trick Eye museum, rental sepeda, dan tempat penjualan souvenir. Terletak di Jl. Yos Sudarso Kec. Rumbai. Jam operasionalnya yaitu pukul 08.00 – 18.00 WIB.

3. Asia Farm



Gambar 2.4 Asia Farm Hayday

Sumber : Instagram

Asia Farm Hayday merupakan tempat wisata dengan konsep agrowisata yang terinspirasi dari game Hayday, pengunjung dapat menikmati berbagai bangunan unik sambil belajar mengenai kegiatan peternakan, pertanian, dan perikanan karena terdapat binatang juga. Banyaknya spot foto yang instagramable membuat tempat ini menjadi tujuan wisata berbagai kalangan. Lokasinya terletak di Jalan Badak Ujung, Sail.

4. Danau Buatan



Gambar 2.5 Danau Buatan Pekanbaru

Sumber :

<https://pariwisata.pekanbaru.go.id/bdetail/hiburan/elg4cVg2cEoxM2tob1hnYTRuUXZGZz09>

Danau Buatan, atau dikenal juga sebagai Danau Khayangan dulunya merupakan kawasan irigasi yang berubah menjadi danau kecil. Danau ini memiliki luas sekitar 14 hektar dengan pemandangan yang asri di sepanjang kawasan danau. Pengunjung dapat menikmati suasana air yang tenang sambil duduk bersantai di sebuah panggung terbuka, atau bisa juga naik sampan mengelilingi danau

5. Local Dealer



Gambar 2.6 Kafe Local Dealer

Sumber : Instagram

Local Dealer merupakan sebuah cafe yang cocok untuk duduk santai dan hangout. Tidak seperti cafe pada umumnya, disini bukan hanya tersedia minuman kopi, namun terdapat juga buah segar untuk dijadikan jus. Makanan yang dijual berupa snack dan makanan western. Harganya juga cukup terjangkau.

6. Orion



Gambar 2.7 Orion Coffee and Roastery

Sumber : Instagram

Orion Coffee and Roastery merupakan tempat yang cocok untuk makan siang. Menu makanannya bervariasi mulai dari makanan Indonesia hingga makanan western dan dessert. Interior yang minimalis membuat tempat ini nyaman untuk sekedar hangout atau untuk makan siang. Lokasinya terletak di Jalan Sultan Syarif Qasim No.125

7. One Street Foodl (OSF)



Gambar 2.8 One Street Food (OSF) pada malam hari. Sumber : Instagram

One Street Food yangberu resmi dibuka pada Januari 2022 lalu kini menjadi sebuah ikon destinasi wisata dan pusat kuliner di Pekanbaru. Berlokasi di Jalan Pemuda, Komplek Pemuda City Walk. Di OSF terdapat 48 tenant yang terdiri dari berbagai brand, serta pada hari tertentu juga digelar Event seperti konser dan live music. OSF buka dari pukul 11.00 – 23.00 WIB

III. APLIKASI ALGORITMA BRANCH AND BOUND DALAM MENENTUKAN RUTE PERJALANAN

Graf berbobot akan dibuat dengan tempat-tempat yang akan dikunjungi sebagai simpul dan bobot pada sisi merepresentasikan jarak antar dua tempat yang berbeda. Penulis mendefinisikan bobot $G(u, v)$ sebagai jarak tempuh dari u ke v ataupun sebaliknya. Makalah ini bertujuan untuk mengoptimisasi jarak yang harus ditempuh untuk mengunjungi semua tempat. Maka dari itu, variabel yang digunakan untuk bobot $G(u,v)$ adalah jarak antar dua tempat yang ingin dituju. Jarak tempuh antara dua tempat didapatkan dari Google Maps dan dengan asumsi bahwa pengunjung menggunakan mobil.

Penyelesaian persoalan penentuan rute perjalanan pada makalah ini akan diselesaikan menggunakan metode bobot minimum tur lengkap. Berikut merupakan matriks ketetangaan dengan nilai pada setiap kolomnya adalah jarak antara 2 tempat.

$$\begin{bmatrix} \infty & 22 & 2.3 & 19 & 9.6 & 8.7 & 14 \\ 22 & \infty & 21 & 12 & 13 & 13 & 11 \\ 2.3 & 21 & \infty & 18 & 11 & 7.8 & 13 \\ 19 & 12 & 18 & \infty & 13 & 9.7 & 13 \\ 9.6 & 13 & 11 & 13 & \infty & 5.4 & 5.6 \\ 8.7 & 13 & 7.8 & 9.7 & 5.4 & \infty & 5.6 \\ 14 & 11 & 13 & 13 & 5.6 & 5.6 & \infty \end{bmatrix}$$

Dengan urutan tempat sebagai berikut :

1. Alam mayang
2. Asia Heritage
3. Asia Farm
4. Danau Buatan
5. Local Dealer
6. Orion Coffee
7. One Street Food (OSF)

Diasumsikan bahwa wisatawan memulai perjalanannya dari Alam Mayang, maka simpul ini akan menjadi simpul akar. Kemudian, akan dihitung cost dari simpul akar tersebut menggunakan rumus sebagai berikut :

$$cost = \sum_{i=1}^n \text{bobot sisi } i_1 + \text{bobot sisi } i_2$$

Maka cost untuk simpul akar (simpul 1) adalah :

$$cost = \frac{1}{2}[(2.3+8.7) + (11+12) + (2.3+7.8) + (9.7+12) + (5.4+5.6) + (5.4+5.6) + (5.6+5.6)]$$

$$cost = \frac{1}{2}(99) = 49.5$$

Pohon ruang status saat ini adalah simpul 1 dengan cost 49.5. Selanjutnya akan dibuat simpul hidup 2,3,4,5,6,7 yang masing-masingnya merupakan i_2 ke tempat berikutnya. Akan dihitung cost untuk simpul 2. Untuk $i_2 = 2$, sisi(1,2) wajib diambil. Maka costnya adalah :

$$cost(2) = \frac{1}{2}[(2.3+22) + (11+22) + (2.3+7.8) + (9.7+12) + (5.4+5.6) + (5.4+5.6) + (5.6+5.6)]$$

$$cost(2) = \frac{1}{2}(122.3) = 61.15$$

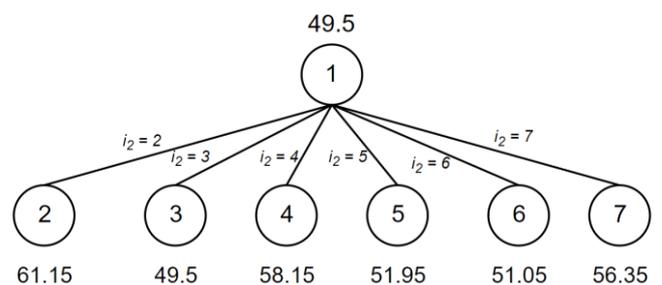
Dengan cara yang sama dan memperhatikan sisi yang wajib diambil, akan dihitung cost untuk simpul 3,4,5,6, dan 7. Didapatkan cost masing-masing simpul tersebut adalah :

$$cost(3) = \frac{1}{2}(99) = 49.5 \quad cost(6) = \frac{1}{2}(102.1) = 51.05$$

$$cost(4) = \frac{1}{2}(116.3) = 58.15 \quad cost(7) = \frac{1}{2}(112.7) = 56.35$$

$$cost(5) = \frac{1}{2}(103.9) = 51.95$$

Pohon ruang status yang terbentuk saat ini adalah :



Gambar 3.1 Pohon Ruang Status setelah pembangkitan simpul akar.

Sumber : Dokumen Penulis

Langkah berikutnya adalah memilih simpul dengan cost terkecil untuk diekspansi. Karena cost terkecil yaitu 49.5, maka semua simpul hidup dengan cost yang lebih besar akan dimatikan. Selanjutnya akan diekspansi simpul 3. Ekspansi ini akan menghasilkan 5 buah simpul baru yaitu simpul 8, 9, 10, 11, 12 yang masing-masing mewakilkan

perjalanan ke tempat lainnya yang belum dikunjungi. Akan dihitung cost untuk setiap simpul tersebut.

Untuk cost simpul 8 dengan $i_3 = 2$, maka sisi (1,3) dan sisi(3,2) wajib diambil karena diasumsikan sudah menempuh perjalanan dari simpul 1 – 3 – 2. Bobot sisi(1,3) = 2.3 dan bobot sisi(3,2) = 21. Selain itu, akan diambil bobot paling minimum yang bersisian dengan suatu tempat. Berikut merupakan perhitungan cost untuk simpul 8. Setiap penjumlahan di dalam kurung mewakili 2 sisi dengan bobot minimum pada setiap simpul secara berurut dimulai dari simpul 1 hingga 7.

$$cost(8) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 21) + (2.3 + 21) + (9.7 + 12) + (5.4 + 5.6) + (5.4 + 5.6) + (5.6 + 5.6)}{2}$$

$$cost(8) = \frac{1}{2} (121.2) = 60.6$$

Untuk simpul 9 dengan $i_3 = 4$, sisi yang wajib diambil adalah sisi(1,3) = 2.3 dan (3,4) = 18. Maka perhitungan costnya adalah sebagai berikut.

$$cost(9) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 18) + (9.7 + 18) + (5.4 + 5.6) + (5.4 + 5.6) + (5.6 + 5.6)}{2}$$

$$cost(9) = \frac{115.2}{2} = 57.6$$

Untuk simpul 10 dengan $i_3 = 5$, sisi yang wajib diambil adalah sisi(1,3) dan (3,5). Maka perhitungan costnya adalah sebagai berikut.

$$cost(10) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 11) + (9.7 + 12) + (5.4 + 11) + (5.4 + 5.6) + (5.6 + 5.6)}{2}$$

$$cost(10) = \frac{107.6}{2} = 53.8$$

Untuk simpul 11 dengan $i_3 = 6$, sisi yang wajib diambil adalah sisi(1,3) dan (3,6). Maka perhitungan costnya adalah sebagai berikut.

$$cost(11) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 7.8) + (9.7 + 12) + (5.4 + 5.6) + (5.4 + 7.8) + (5.6 + 5.6)}{2}$$

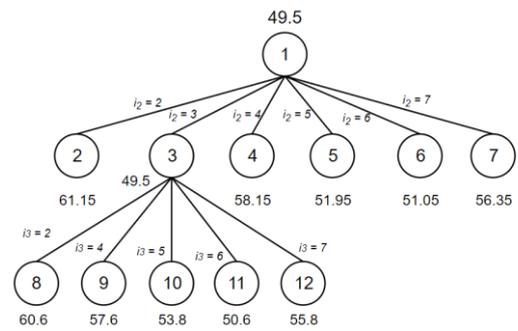
$$cost(11) = \frac{101.2}{2} = 50.6$$

Untuk simpul 12 dengan $i_3 = 7$, sisi yang wajib diambil adalah sisi(1,3) dan (3,7). Maka perhitungan costnya adalah sebagai berikut.

$$cost(12) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 13) + (9.7 + 12) + (5.4 + 5.6) + (5.4 + 5.6) + (5.6 + 13)}{2}$$

$$cost(12) = \frac{111.6}{2} = 55.6$$

Pohon ruang status yang terbentuk saat ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.2 Pohon Ruang Status setelah pembangkitan simpul 3.

Sumber : Dokumen Penulis

Setelah menghitung cost dari seluruh simpul hidup, didapatkan nilai cost terkecil yaitu 50.6, maka simpul yang akan diekspansi selanjutnya adalah simpul 11. Ekspansi ini akan menghasilkan 4 buah simpul baru yaitu simpul 13, 14, 15, dan 16 yang masing-masing mewakili perjalanan ke tempat lainnya yang belum dikunjungi. Akan dihitung cost untuk setiap simpul tersebut.

Untuk simpul 13 dengan $i_4 = 2$, sisi yang wajib diambil adalah sisi(1,3) = 2.3, sisi(3,6) = 7.8, dan sisi(6,2) = 13. Maka perhitungan costnya adalah sebagai berikut.

$$cost(13) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 13) + (2.3 + 7.8) + (9.7 + 12) + (5.4 + 5.6) + (7.8 + 13) + (5.6 + 5.6)}{2}$$

$$cost(13) = \frac{109.8}{2} = 54.9$$

Untuk simpul 14 dengan $i_4 = 4$, sisi yang wajib diambil adalah sisi(1,3) = 2.3, sisi(3,6) = 7.8, dan sisi(6,4) = 9.7. Maka perhitungan costnya adalah sebagai berikut.

$$cost(14) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 7.8) + (9.7 + 12) + (5.4 + 5.6) + (7.8 + 9.7) + (5.6 + 5.6)}{2}$$

$$cost(14) = \frac{105.5}{2} = 52.75$$

Untuk simpul 15 dengan $i_4 = 5$, sisi yang wajib diambil adalah sisi(1,3) = 2.3, sisi(3,6) = 7.8, dan sisi(6,5) = 5.4. Maka perhitungan costnya adalah sebagai berikut.

$$cost(15) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 7.8) + (9.7 + 12) + (5.4 + 5.6) + (5.4 + 7.8) + (5.6 + 5.6)}{2}$$

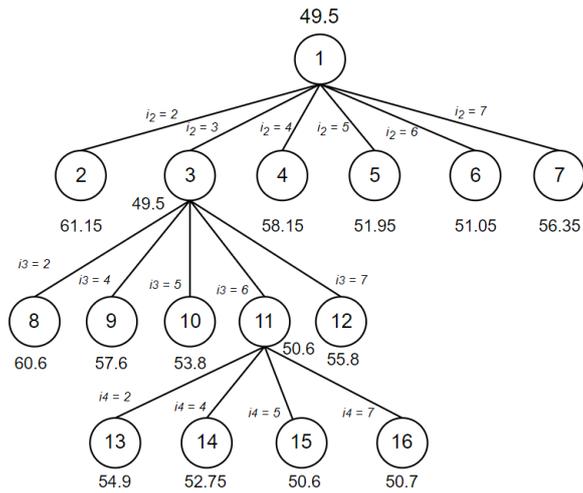
$$cost(15) = \frac{101.2}{2} = 50.6$$

Untuk simpul 16 dengan $i_4 = 7$, sisi yang wajib diambil adalah sisi(1,3) = 2.3, sisi(3,6) = 7.8, dan sisi(6,7) = 5.6. Maka perhitungan costnya adalah sebagai berikut.

$$cost(16) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 7.8) + (9.7 + 12) + (5.4 + 5.6) + (5.6 + 7.8) + (5.6 + 5.6)}{2}$$

$$cost(16) = \frac{101.4}{2} = 50.7$$

Pohon ruang status yang terbentuk saat ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.3 Pohon Ruang Status setelah pembangkitan simpul 11

Sumber : Dokumen Penulis

Setelah menghitung cost dari seluruh simpul hidup, didapatkan nilai cost terkecil yaitu 50.6, maka simpul yang akan diekspansi selanjutnya adalah simpul 15. Ekspansi ini akan menghasilkan 3 buah simpul baru yaitu simpul 17, 18, dan 19 yang masing-masing mewakili perjalanan ke tempat lainnya yang belum dikunjungi. Akan dihitung cost untuk setiap simpul tersebut.

Untuk simpul 17 dengan $i_5 = 2$, sisi yang wajib diambil adalah sisi(1,3) = 2.3, sisi(3,6) = 7.8, sisi(6,5) = 5.4, dan sisi(5,2) = 13. Maka perhitungan costnya adalah sebagai berikut.

$$cost(17) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 7.8) + (9.7 + 12) + (5.4 + 5.6) + (13 + 7.8) + (5.6 + 5.6)}{2}$$

$$cost(17) = \frac{109.6}{2} = 54.8$$

Untuk simpul 18 dengan $i_5 = 4$, sisi yang wajib diambil adalah sisi(1,3) = 2.3, sisi(3,6) = 7.8, sisi(6,5) = 5.4, dan sisi(5,4) = 13. Maka perhitungan costnya adalah sebagai berikut.

$$cost(18) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 7.8) + (9.7 + 13) + (5.4 + 13) + (5.6 + 7.8) + (5.6 + 5.6)}{2}$$

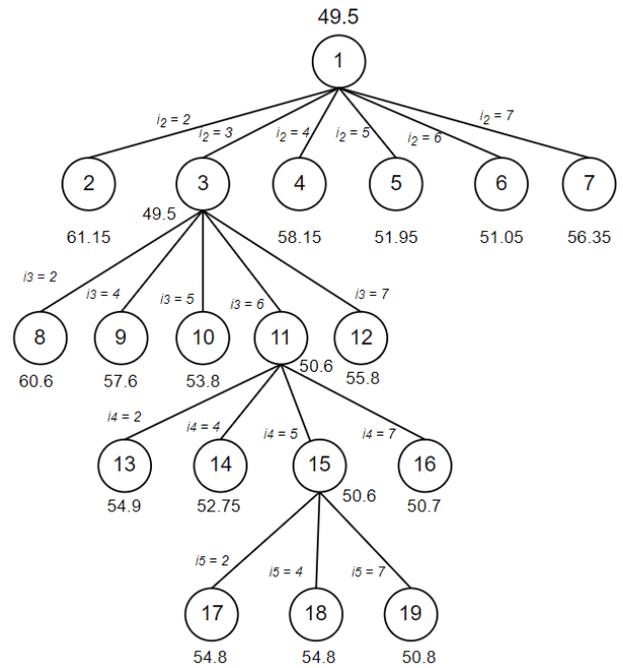
$$cost(18) = \frac{109.6}{2} = 54.8$$

Untuk simpul 19 dengan $i_5 = 7$, sisi yang wajib diambil adalah sisi(1,3) = 2.3, sisi(3,6) = 7.8, sisi(6,5) = 5.4, dan sisi(5,7) = 5.6. Maka perhitungan costnya adalah sebagai berikut.

$$cost(19) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 7.8) + (9.7 + 12) + (5.4 + 5.6) + (5.4 + 7.8) + (5.6 + 5.6)}{2}$$

$$cost(19) = \frac{101.2}{2} = 50.6$$

Pohon ruang status yang terbentuk adalah sebagai berikut.



Gambar 3.4 Pohon Ruang Status setelah pembangkitan simpul 15. Sumber : Dokumen Penulis

Karena cost yang terkecil terdapat pada simpul 19, maka simpul yang diekspansi selanjutnya adalah simpul 19. Ekspansi ini akan menghasilkan dua buah simpul baru yaitu simpul 20 dan 21. Akan dihitung cost untuk setiap simpul dengan cara yang sama dengan yang telah dilakukan sebelumnya, untuk $i_6 = 2$ dan $i_6 = 4$.

$$cost(20) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 7.8) + (9.7 + 12) + (5.4 + 5.6) + (5.4 + 7.8) + (5.6 + 11)}{2}$$

$$cost(20) = \frac{106.6}{2} = 53.3$$

$$cost(21) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 7.8) + (9.7 + 13) + (5.4 + 5.6) + (5.4 + 7.8) + (5.6 + 13)}{2}$$

$$cost(21) = \frac{109.6}{2} = 54.8$$

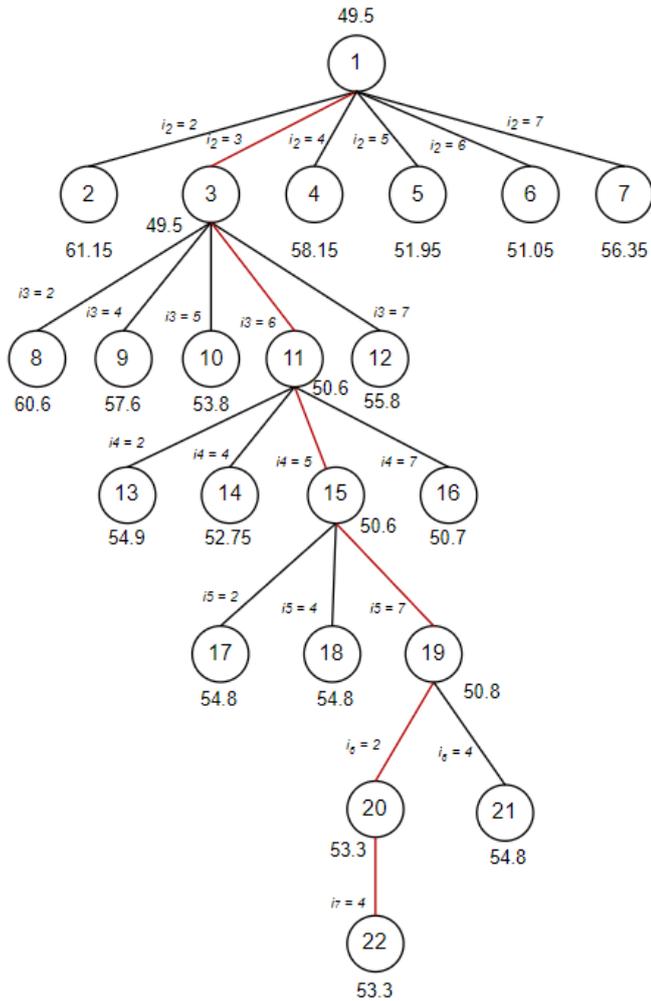
Didapatkan nilai cost yang lebih kecil pada simpul 20, maka terakhir akan diekspan simpul 20 untuk $i_7 = 4$. Sisi yang wajib diambil untuk menghitung cost simpul ini adalah sisi(1,3), (3,6), (6,5), (5,7), (7,2), dan (2,4).

$$cost(22) = \frac{(2.3 + 8.7) + (11 + 12) + (2.3 + 7.8) + (12 + 9.7) + (5.4 + 5.6) + (5.4 + 7.8) + (5.6 + 11)}{2}$$

$$cost(22) = \frac{106.6}{2} = 53.3$$

Karena seluruh simpul telah digunakan, atau dengan kata lain seluruh tempat wisata sudah dikunjungi, maka tidak ada lagi simpul yang dapat diekspansi dari simpul 22 ini, sehingga proses ekspansi berhenti pada simpul 22 dan didapatkan hasil akhir rute perjalanan.

Maka, didapatkan pohon ruang status akhir yang terbentuk sebagai berikut.



Gambar 3.5 Pohon Ruang Status Akhir.
Sumber : Dokumen Penulis

Hasil perencanaan rute yang didapatkan dari algoritma Branch and Bound ini adalah 1 – 3 – 6 – 5 – 7 – 2 – 4 – 1. Wisatawan akan mengunjungi tempat-tempat di pekanbaru dengan urutan Alam Mayang – Asia Farm – Orion Coffee – Local Dealer – OSF – Asia Heritage – Danau Buatan dengan cost nya adalah 53,3.

Jika pencarian rute dilakukan secara brute force dengan menelusuri satu per satu kemungkinan tur yang dapat dilakukan, terdapat $(n-1)!$ kemungkinan solusi yang harus dievaluasi. Dalam kasus ini, diperlukan perhitungan terhadap $6!$ atau 720 rute yang mungkin. Dengan memanfaatkan Algoritma Branch and Bound, kita dapat memangkasnya dengan hanya membangkitkan simpul yang mengarah pada solusi dan mematikan simpul yang melanggar *constraint*.

IV. KESIMPULAN

Pengetahuan mengenai berbagai strategi algoritma ternyata sangat menguntungkan karena nyatanya banyak persoalan dalam kehidupan sehari-hari yang dapat

diselesaikan dengan algoritma tertentu. Algoritma Branch and Bound dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan optimisasi, salah satu contohnya adalah persoalan Travelling Salesperson Problem. Dalam kehidupan sehari-hari persoalan ini dapat digambarkan dalam pencarian rute perjalanan yang paling efektif untuk mengunjungi beberapa destinasi dengan jarak yang seminimal mungkin.

Setelah membaca karya tulis ini, diharapkan pembaca dapat memahami cara kerja branch and bound dan memanfaatkannya untuk menentukan rute perjalanan yang paling efektif saat pergi berwisata, tidak hanya di Pekanbaru, namun ke berbagai destinasi wisata lainnya dengan tempat yang berbeda-beda juga.

V. VIDEO LINK DI YOUTUBE

<https://youtu.be/9k-p4YkAp0w>

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan karya tulis berjudul “Penentuan Rute Perjalanan Tempat Wisata di Pekanbaru dengan Algoritma Branch and Bound” ini dengan tepat waktu. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Seluruh dosen pengajar mata kuliah IF2211 Strategi Algoritma semester II Tahun 2021/2022, Dr. Masayu Leylia Khodra, S.T, M.T, Dr. Nur Ulfa MauliDevi S.T, M.Sc, dan Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. atas bimbingannya selama menjalani perkuliahan Strategi Algoritma.
2. Orang tua dan teman – teman penulis, karena berkat dukungan dan semangat dari mereka, karya ini dapat diselesaikan tepat waktu.

Penulis merasa bahwa karya tulis ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis meminta maaf apabila ditemukan kesalahan – kesalahan. Penulis juga terbuka terhadap segala kritik, saran, serta masukan dan akan diterima dengan lapang dada. Akhir kata, penulis berharap bahwa karya tulis ini dapat membawakan manfaat baik bagi penulis maupun pembaca.

REFERENSI

- [1] <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Branch-and-Bound-2021-Bagian1.pdf> Diakses pada 21 Mei 2022
- [2] <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Branchand-Bound-2021-Bagian2.pdf> Diakses pada 21 Mei 2022
- [3] <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Branchand-Bound-2021-Bagian3.pdf> Diakses pada 21 Mei 2022

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, 22 Mei 2022

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned centrally below the date.

Lyora Felicya
13520073