

# Penerapan Program Dinamis dalam Optimasi Rute Pengunjungan Destinasi Wisata Super Prioritas Berdasarkan Harga Tiket Pesawat

Leo Cardhio Sih Pratama 13519220  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung  
E-mail (gmail): 13519220@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak**—Sektor pariwisata merupakan salah satu sektor yang memberi pemasukan besar untuk ekonomi Indonesia. Berbagai macam usaha telah dilakukan oleh pemerintah Indonesia untuk terus mengembangkan sektor ini. Salah satunya adalah dengan program destinasi wisata super prioritas. Terdapat lima destinasi wisata yang ditunjuk menjadi destinasi wisata super prioritas, yaitu Danau Toba, Candi Borobudur, Mandalika, Labuan Bajo, dan Likupang. Kelima tempat tersebut terpisah cukup jauh dan untuk mengunjunginya diperlukan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu, akan digunakan program dinamis untuk menemukan rute dengan ongkos minimal.

**Kata Kunci**—Program Dinamis; Wisata; Termurah; Rute; Destinasi Wisata Super Prioritas;

## I. PENDAHULUAN

Sejarah panjang Indonesia telah membawa masyarakatnya kepada situasi yang dapat kita rasakan saat ini. Ratusan tahun silam, wilayah Indonesia menjadi tempat yang banyak dikunjungi pedagang asing karena letak geografis Indonesia yang strategis. Tidak jarang para pedagang tersebut pada akhirnya memutuskan untuk menetap dan membangun keluarga di wilayah Indonesia. Hal tersebut memberikan dampak yang dapat dirasakan oleh masyarakat Indonesia saat ini, yaitu beragamnya budaya yang dimiliki oleh Bangsa Indonesia.

Berdasarkan sensus yang dilaksanakan oleh Badan Pusat Statistik pada tahun 2010, Indonesia memiliki 1.340 suku bangsa. Selain itu, Indonesia juga mengakui enam agama dan telah dianut oleh masyarakatnya selama beberapa generasi. Beberapa warisan budaya masih terlihat hingga saat ini walaupun kebanyakan warisan budaya sudah tidak terlalu relevan pada zaman modern. Walau demikian, budaya-budaya tersebut menjadi daya tarik tersendiri bagi turis yang datang ke wilayah tersebut.

Selain karena faktor budaya, turis juga seringkali berwisata ke wilayah Indonesia karena keindahan alamnya. Letak geografis Indonesia yang berada pada wilayah *ring of fire* (cincin api) menyebabkan banyaknya aktivitas vulkanik. Akibat dari aktivitas vulkanik tersebut berkemungkinan untuk membentuk daerah wisata baru secara alami, sebagai contoh

Danau Toba. Tidak hanya itu, Indonesia juga merupakan negara kepulauan yang memiliki 17.503 pulau dan karena itu pula, Indonesia memiliki pantai yang tidak terhitung jumlahnya. Melihat potensi di sektor pariwisata yang dimiliki Indonesia, pemerintah berusaha memajukan perekonomian Indonesia dengan bantuan keindahan-keindahan alam yang diberikan oleh tanah air kita.

Salah satu usaha pemerintah dalam mengembangkan sektor pariwisata di Indonesia adalah pencaanangan lima destinasi wisata super prioritas. Kelima destinasi wisata tersebut, yaitu: Danau Toba, Candi Borobudur, Labuan Bajo, Mandalika dan Likupang. Pengembangan kelima destinasi wisata tersebut mencakup infrastruktur hingga kesiapan sumber daya masyarakatnya. Harapan pemerintah adalah dengan pembangunan tersebut, daerah-daerah wisata lebih mudah diakses oleh turis dan perekonomian masyarakat di sekitar daerah tersebut lebih banyak dikunjungi oleh turis.

Oleh karena itu, untuk mendorong peningkatan kunjungan turis pada destinasi wisata super prioritas, makalah ini akan membahas rute teroptimal dari segi ongkos perjalanan menggunakan program dinamis. Kasus yang digunakan pada makalah ini adalah jika perjalanan dilaksanakan menggunakan pesawat. Pemilihan kendaraan berupa pesawat dipilih karena Sebagian besar dari kelima destinasi wisata tersebut terpisah jauh antara satu dengan yang lainnya sehingga alat transportasi yang paling efektif adalah menggunakan pesawat.



**Gambar 1.1** Lima Destinasi Wisata Super Prioritaas beserta letaknya (Sumber: <https://www.kemendikbud.go.id/rumah-difabel/Infografik%3A-5-Destinas-Super-Prioritas>)

II. LANDASAN TEORI

Perhitungan ongkos perjalanan yang paling minimum pada makalah ini dilakukan menggunakan algoritma program dinamis (*Dynamic Programming*). Setiap lokasi diwakili oleh suatu simpul pada graf berarah. Simpul *start* terletak di Bandara Soekarno-Hatta, Jakarta. Alasan pemilihan simpul *start* juga akan dibahas secara mendalam di bagian selanjutnya.

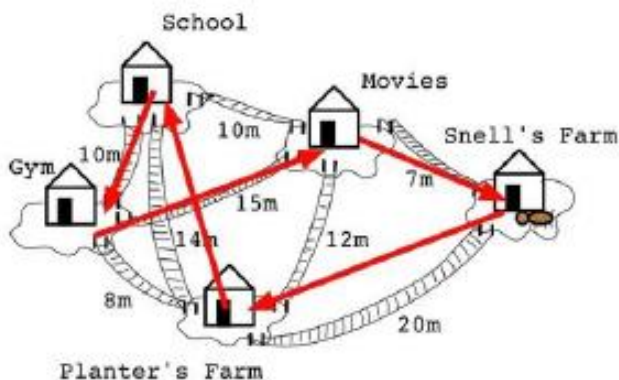
A. Program Dinamis (*Dynamic Programming*)

Program dinamis adalah metode untuk memecahkan masalah dengan melakukan penguraian solusi menjadi sekumpulan tahapan. Solusi yang dapat diambil dari pemecahan masalah menggunakan program dinamis adalah berupa urutan/serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Jenis permasalahan yang dapat dicari solusinya menggunakan program dinamis adalah permasalahan optimasi.

Program dinamis memiliki prinsip optimalitas. Prinsip tersebut digunakan untuk mendapatkan rangkaian keputusan yang optimal. Prinsip optimalitas berbunyi: “*Jika solusi optimal, maka bagian solusi sampai tahap ke-k juga optimal*” yang menunjukkan bahwa jika menyusuri kemungkinan solusi dari tahap *k* ke tahap *k+1*, maka perhitungan tidak harus kembali ke tahap awal. Prinsip inilah yang membedakan teknik *Exhaustive Search* pada algoritma *Brute Force* yang mewajibkan pencarian solusi dari awal untuk setiap kemungkinannya. Permasalahan yang akan diselesaikan menggunakan program dinamis pada umumnya menggunakan graf sebagai alat bantu visualisasi agar dapat lebih mudah dibayangkan.

B. Traveling Salesperson Problem (TSP)

Permasalahan *Traveling Salesperson Problem* atau TSP sudah sangat sering ditemui di ranah algoritma. TSP pada dasarnya adalah permasalahan untuk menemukan Sirkuit Hamilton dengan ongkos (*cost*) minimal. TSP umumnya menggambarkan seorang pedagang keliling yang ingin mengunjungi banyak rumah, namun pedagang tersebut ingin melewati rute yang paling efektif (*cost* minimal), hanya singgah ke suatu rumah tepat hanya satu kali dan pada akhirnya kembali ke titik awal. Permasalahan ini dapat divisualisasikan menggunakan graf yang simpul-simpulnya mewakili setiap kota yang harus dikunjungi oleh pedagang dan sisi graf mewakili besarnya ongkos antar kota.



**Gambar 2.1** Representasi Graf dari TSP (Sumber: [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Brute-Force-\(2021\)-Bag1.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Brute-Force-(2021)-Bag1.pdf))

C. Graf

Graf memiliki definisi himpunan yang tidak kosong (V,E) dengan V adalah himpunan simpul-simpul pada suatu graf dan E adalah himpunan sisi-sisi yang menghubungkan simpul-simpul graf. Terdapat dua jenis graf berdasarkan orientasi arah pada sisi graf, yaitu:

- Graf Tidak Berarah  
Graf tidak berarah tidak memiliki orientasi arah pada sisi-sisi grafnya. Jika permasalahan program dinamis digambarkan dengan graf tidak berarah, maka ongkos dari simpul *a* ke simpul *b* akan bernilai  $(a,b) = (b,a)$ .
- Graf Berarah  
Graf berarah adalah graf yang sisi-sisinya memiliki orientasi arah. Jika permasalahan program dinamis digambarkan dengan graf berarah, maka ongkos dari suatu simpul *a* ke simpul *b* tidak sama dengan ongkos dari simpul *b* ke simpul *a*.

Graf dapat direpresentasikan menggunakan matriks yang disebut matriks keterhubungan (*Adjacency Matrix*). Matriks keterhubungan dapat menjadi alternatif yang baik untuk menggantikan peran graf secara visual. Suatu matriks A dengan elemen  $a_{ij}$  dapat menggambarkan bahwa simpul *i* dan simpul *j* memiliki keterhubungan dan bobot sisinya adalah nilai dari elemen  $a_{ij}$ . Apabila dua simpul pada suatu graf tidak memiliki hubungan/sisi, maka nilai pada elemen  $a_{ij}$  adalah 0. Terdapat perlakuan khusus untuk merepresentasikan graf sebagai matriks keterhubungan pada permasalahan optimasi. Jika optimasi yang diinginkan adalah mencari nilai minimum, maka elemen  $a_{ij}$  bernilai  $\infty$  dan jika optimasi yang diinginkan adalah mencari nilai maksimum, maka elemen  $a_{ij}$  bernilai  $-\infty$  supaya proses pencarian solusi optimum tidak terganggu.

0	10	15	20
5	0	9	10
6	13	0	12
8	8	9	0

**Gambar 2.2** Matriks keterhubungan yang merepresentasikan graf berarah (Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Program-Dinamis-2020-Bagian1.pdf>)

#### D. Pemilihan Simpul Start pada Graf

Simpul permulaan (*start node*) yang akan digunakan pada makalah ini adalah bandara Soekarno-Hatta, Jakarta. Tempat tersebut dipilih berdasarkan data Badan Pusat Statistik pada tahun 2019, yang menyatakan bahwa 2.419.196 wisatawan mancanegara masuk melalui bandara Soekarno-Hatta, Jakarta. Meski turis mancanegara yang masuk melalui Bandara Soekarno-Hatta tidak sebanyak Bandara Ngurah Rai, penulis berasumsi bahwa Bandara Soekarno-Hatta memiliki rute penerbangan langsung terbanyak dengan bandara-bandara lain, sehingga lebih valid jika mengikutsertakan turis dalam negeri.

Pintu Masuk	Jumlah Kunjungan					Perubahan Des 2019 thd 2018 (%)	Perubahan Des 2019 thd Nov 2019 (%)	Perubahan Jan-Des 2019 thd 2018 (%)
	Des 2018	Nov 2019	Des 2019	Jan-Des 2018	Jan-Des 2019			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
A. Pintu Udara	825 635	777 244	838 978	10 088 781	9 834 706	-1,62	7,94	-2,52
1. Ngurah Rai	495 641	492 904	544 726	6 025 760	6 239 543	9,90	10,51	3,55
2. Soekarno-Hatta	224 989	183 759	186 723	2 814 586	2 419 196	-17,01	1,61	-14,05
3. Juanda	26 609	20 780	20 546	320 529	243 899	-22,79	-1,13	-23,91
4. Kualanamu	19 966	20 798	22 431	229 586	244 530	12,35	7,85	6,51
5. Husein Sastranegara	17 311	14 616	14 951	155 566	157 833	-13,63	2,29	1,46

**Gambar 2.3** Tabel perkembangan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara menurut pintu masuk (Sumber: Badan Pusat Statistik, 2020. *Berita Resmi Statistik: Perkembangan Pariwisata dan Transportasi Nasional Desember 2019*. Jakarta)

#### E. Lima Destinasi Wisata Super Prioritas

Pengembangan lima destinasi wisata super prioritas dicanangkan pemerintah Indonesia untuk menarik minat wisatawan ke tempat wisata tersebut. Kelima destinasi wisata tersebut, antara lain:

- Candi Borobudur (Jawa Tengah)
- Danau Toba (Sumatera Utara)
- Mandalika (Nusa Tenggara Barat)
- Labuan Bajo (Nusa Tenggara Timur)
- Likupang (Sulawesi Utara)

Pengembangan lima destinasi wisata super prioritas tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan pendapatan dari tempat wisata itu saja, namun juga bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat sekitarnya. Oleh karena itu perlu persiapan yang dilakukan oleh pemerintah maupun oleh masyarakat sekitar untuk menyukseskan program ini.

### III. PENERAPAN PROGRAM DINAMIS DALAM OPTIMASI RUTE PENGUNJUNGAN DESTINASI WISATA SUPER PRIORITAS BERDASARKAN HARGA TIKET PESAWAT

Biaya selalu menjadi pertimbangan jika ingin melakukan perjalanan wisata. Apabila biaya perjalanan terlalu dominan pada *budget*, maka sebaiknya pikirkan lagi rencana Anda. Mungkin pada rencana pengeluaran Anda terdapat hal yang masih bisa diminimalisasi sehingga beban biaya dapat menjadi lebih ringan. Optimasi biaya perjalanan menggunakan pesawat untuk mengunjungi kelima destinasi wisata super prioritas dapat dimodelkan sebagai permasalahan *Traveling Salesperson*

*Problem* (TSP) dengan mewakili kelima destinasi wisata dan dua *start node* sebagai suatu simpul pada graf. Sebelum membuat visualisasi graf, diperlukan data harga tiket pesawat sebagai *cost* yang akan dimiliki oleh sisi graf. Berikut adalah data tiket pesawat termurah ke bandara yang diambil dari *website* traveloka.com pada hari normal (hari kerja dan tidak dekat dengan hari libur nasional).

Kota Asal	Kota Tujuan	Harga (1 orang dewasa)
Jakarta	Medan	Rp679.600
Jakarta	Lombok	Rp547.600
Jakarta	Labuan Bajo	Rp1.028.772
Jakarta	Manado	Rp1.185.600
Jakarta	Yogyakarta	Rp368.300
Medan	Jakarta	Rp694.600
Medan	Lombok	Rp1.157.200
Medan	Labuan Bajo	Rp1.598.340
Medan	Manado	Rp2.646.492
Medan	Yogyakarta	Rp822.200
Lombok	Jakarta	Rp522.600
Lombok	Medan	Rp1.226.244
Lombok	Labuan Bajo	Rp694.722
Lombok	Manado	Rp1.336.302
Lombok	Yogyakarta	Rp728.790
Labuan Bajo	Jakarta	Rp965.226
Labuan Bajo	Medan	Rp1.519.494
Labuan Bajo	Lombok	Rp1.154.334
Labuan Bajo	Manado	Rp1.511.640
Labuan Bajo	Yogyakarta	Rp873.222
Manado	Jakarta	Rp1.172.700
Manado	Medan	Rp1.889.346
Manado	Lombok	Rp1.284.180
Manado	Labuan Bajo	Rp1.466.658
Manado	Yogyakarta	Rp1.338.300
Yogyakarta	Jakarta	Rp408.300
Yogyakarta	Medan	Rp871.800
Yogyakarta	Lombok	Rp975.018
Yogyakarta	Labuan Bajo	Rp978.282
Yogyakarta	Manado	Rp1.528.700

**Tabel 3.1** Daftar harga pesawat ke/dari bandara yang paling dekat dengan destinasi wisata

Kemudian akan dibuat suatu matriks keterhubungan yang mewakili graf dengan nilai setiap elemen dibulatkan.

$\infty$	680	548	1029	1186	368
695	$\infty$	1157	1598	2646	822
523	1226	$\infty$	695	1336	729
965	1519	1154	$\infty$	1512	873
1173	1889	1284	1467	$\infty$	1338
408	872	975	978	1529	$\infty$

Dengan keterangan:

- 1: Bandara Soekarno-Hatta, Jakarta
- 2: Bandara Kualanamu, Medan
- 3: Bandara Lombok, Lombok
- 4: Bandara Komodo, Labuan Bajo
- 5: Bandara Sam Ratulangi, Manado
- 6: Bandara Internasional Yogyakarta, Yogyakarta

Misalkan graf  $G = (V, E)$  dengan sisi-sisi yang diberi bobot  $c_{ij} > 0$ . Jika *start node* graf tersebut adalah  $S_n$ , maka setiap tur pasti terdiri dari sisi  $(S_n, k)$  untuk beberapa  $k \in V - \{S_n\}$  dan sebuah lintasan dari simpul  $k$  ke simpul  $S_n$ . Misalkan  $f(i, S)$  adalah bobot lintasan terpendek yang berawal dari simpul  $i$  dan melewati semua simpul di dalam himpunan  $S$  kemudian kembali ke simpul  $S_n$ . Dapat didefinisikan hubungan rekursif solusi yang optimal, yaitu:

$$f(i, \emptyset) = c_{i, S_n}, 2 \leq i \leq 6 \text{ (basis)}$$

$$f(i, S) = \min \{c_{ij} + f(j, S - \{j\})\}, j \in S \text{ (rekurens)}$$

Berikutnya, pencarian solusi menggunakan program dinamis dengan melakukan proses rekursif yang dibagi menjadi beberapa tahap.

Tahap 1:  $f(i, \emptyset) = c_{i, S_n}, 2 \leq i \leq 6$

Jika  $S_n = 1$  (Jakarta)

$f(2, \emptyset) = c_{21} = 695$
$f(3, \emptyset) = c_{31} = 523$
$f(4, \emptyset) = c_{41} = 965$
$f(5, \emptyset) = c_{51} = 1173$
$f(6, \emptyset) = c_{61} = 408$

**Tabel 3.2** Perhitungan tahap satu (basis)

Tahap 2:  $f(i, S) = \min \{c_{ij} + f(j, S - \{j\})\}, j \in S \text{ untuk } |S| = 1$

Jika  $S_n = 1$  (Jakarta)

$f(2, \{3\}) = \min \{c_{23} + f(3, \emptyset)\} = \min \{1157 + 523\} = 1680$
$f(2, \{4\}) = \min \{c_{24} + f(4, \emptyset)\} = \min \{1598 + 965\} = 2563$

$f(2, \{5\}) = \min \{c_{25} + f(5, \emptyset)\} = \min \{2646 + 1173\} = 3819$
$f(2, \{6\}) = \min \{c_{26} + f(6, \emptyset)\} = \min \{822 + 408\} = 1230$
$f(3, \{2\}) = \min \{c_{32} + f(2, \emptyset)\} = \min \{1226 + 695\} = 1921$
$f(3, \{4\}) = \min \{c_{34} + f(4, \emptyset)\} = \min \{695 + 965\} = 1660$
$f(3, \{5\}) = \min \{c_{35} + f(5, \emptyset)\} = \min \{1336 + 1173\} = 2509$
$f(3, \{6\}) = \min \{c_{36} + f(6, \emptyset)\} = \min \{729 + 408\} = 1137$
$f(4, \{2\}) = \min \{c_{42} + f(2, \emptyset)\} = \min \{1519 + 695\} = 2214$
$f(4, \{3\}) = \min \{c_{43} + f(3, \emptyset)\} = \min \{1154 + 523\} = 1677$
$f(4, \{5\}) = \min \{c_{45} + f(5, \emptyset)\} = \min \{1512 + 1173\} = 2685$
$f(4, \{6\}) = \min \{c_{46} + f(6, \emptyset)\} = \min \{873 + 408\} = 1281$
$f(5, \{2\}) = \min \{c_{52} + f(2, \emptyset)\} = \min \{1889 + 695\} = 2584$
$f(5, \{3\}) = \min \{c_{53} + f(3, \emptyset)\} = \min \{1284 + 523\} = 1807$
$f(5, \{4\}) = \min \{c_{54} + f(4, \emptyset)\} = \min \{1467 + 965\} = 2432$
$f(5, \{6\}) = \min \{c_{56} + f(6, \emptyset)\} = \min \{1338 + 408\} = 1746$
$f(6, \{2\}) = \min \{c_{62} + f(2, \emptyset)\} = \min \{872 + 695\} = 1567$
$f(6, \{3\}) = \min \{c_{63} + f(3, \emptyset)\} = \min \{975 + 523\} = 1498$
$f(6, \{4\}) = \min \{c_{64} + f(4, \emptyset)\} = \min \{978 + 965\} = 1943$
$f(6, \{5\}) = \min \{c_{65} + f(5, \emptyset)\} = \min \{1529 + 1173\} = 2702$

**Tabel 3.3** Perhitungan tahap dua

Tahap 3:  $f(i, S) = \min \{c_{ij} + f(j, S - \{j\})\}, j \in S \text{ untuk } |S| = 2$

Jika  $S_n = 1$  (Jakarta)

$f(2, \{3,4\}) = \min \{c_{23} + f(3, \{4\}), c_{24} + f(4, \{3\})\} = \min \{1157 + 1660, 1598 + 1677\} = \min \{2817, 3275\} = 2817$
$f(2, \{3,5\}) = \min \{c_{23} + f(3, \{5\}), c_{25} + f(5, \{3\})\} = \min \{1157 + 2509, 2646 + 1807\} = \min \{3666, 4453\} = 3666$
$f(2, \{3,6\}) = \min \{c_{23} + f(3, \{6\}), c_{26} + f(6, \{3\})\} = \min \{1157 + 1137, 822 + 1137\} = \min \{2294, 1959\} = 1959$
$f(2, \{4,5\}) = \min \{c_{24} + f(4, \{5\}), c_{25} + f(5, \{4\})\} = \min \{1598 + 2685, 2646 + 2432\} = \min \{4280, 5078\} = 4280$
$f(2, \{4,6\}) = \min \{c_{24} + f(4, \{6\}), c_{26} + f(6, \{4\})\} = \min \{1598 + 1281, 822 + 1943\} = \min \{2879, 2765\} = 2765$
$f(2, \{5,6\}) = \min \{c_{25} + f(5, \{6\}), c_{26} + f(6, \{5\})\} = \min \{2646 + 1746, 822 + 2702\} = \min \{4392, 3524\} = 3524$
$f(3, \{2,4\}) = \min \{c_{32} + f(2, \{4\}), c_{34} + f(4, \{2\})\} = \min \{1226 + 2564, 695 + 2214\} = \min \{3790, 2909\} = 2909$
$f(3, \{2,5\}) = \min \{c_{32} + f(2, \{5\}), c_{35} + f(5, \{2\})\} = \min \{1226 + 3819, 1336 + 2584\} = \min \{5045, 3920\} = 3920$
$f(3, \{2,6\}) = \min \{c_{32} + f(2, \{6\}), c_{36} + f(6, \{2\})\} = \min \{1226 + 1230, 729 + 1567\} = \min \{2456, 2296\} = 2296$

$f(3, \{4,5\}) = \min \{c_{34} + f(4, \{5\}), c_{35} + f(5, \{4\})\} = \min \{695 + 2685, 1336 + 2432\} = \min \{3380, 3768\} = 3380$
$f(3, \{4,6\}) = \min \{c_{34} + f(4, \{6\}), c_{36} + f(6, \{4\})\} = \min \{695 + 1281, 729 + 1943\} = \min \{1976, 2672\} = 1976$
$f(3, \{5,6\}) = \min \{c_{35} + f(5, \{6\}), c_{36} + f(6, \{5\})\} = \min \{1336 + 2702, 729 + 2702\} = \min \{4038, 3431\} = 3431$
$f(4, \{2,3\}) = \min \{c_{42} + f(2, \{3\}), c_{43} + f(3, \{2\})\} = \min \{1519 + 1680, 1154 + 1921\} = \min \{3199, 3075\} = 3075$
$f(4, \{2,5\}) = \min \{c_{42} + f(2, \{5\}), c_{45} + f(5, \{2\})\} = \min \{1519 + 3819, 1512 + 2584\} = \min \{5338, 4096\} = 4096$
$f(4, \{2,6\}) = \min \{c_{42} + f(2, \{6\}), c_{46} + f(6, \{2\})\} = \min \{1519 + 1230, 873 + 1567\} = \min \{2749, 2440\} = 2440$
$f(4, \{3,5\}) = \min \{c_{43} + f(3, \{5\}), c_{45} + f(5, \{3\})\} = \min \{1154 + 2509, 1512 + 1807\} = \min \{3663, 3319\} = 3319$
$f(4, \{3,6\}) = \min \{c_{43} + f(3, \{6\}), c_{46} + f(6, \{3\})\} = \min \{1154 + 1137, 873 + 1137\} = \min \{2291, 2010\} = 2010$
$f(4, \{5,6\}) = \min \{c_{45} + f(5, \{6\}), c_{46} + f(6, \{5\})\} = \min \{1512 + 2702, 873 + 2702\} = \min \{4214, 3575\} = 3575$
$f(5, \{2,3\}) = \min \{c_{52} + f(2, \{3\}), c_{53} + f(3, \{2\})\} = \min \{1889 + 1680, 1284 + 1921\} = \min \{3569, 3205\} = 3205$
$f(5, \{2,4\}) = \min \{c_{52} + f(2, \{4\}), c_{54} + f(4, \{2\})\} = \min \{1889 + 2564, 1467 + 2214\} = \min \{4453, 3681\} = 3681$
$f(5, \{2,6\}) = \min \{c_{52} + f(2, \{6\}), c_{56} + f(6, \{2\})\} = \min \{1889 + 1230, 1338 + 1567\} = \min \{3119, 2905\} = 2905$
$f(5, \{3,4\}) = \min \{c_{53} + f(3, \{4\}), c_{54} + f(4, \{3\})\} = \min \{1284 + 1160, 1467 + 1677\} = \min \{2444, 3144\} = 2444$
$f(5, \{3,6\}) = \min \{c_{53} + f(3, \{6\}), c_{56} + f(6, \{3\})\} = \min \{1284 + 1137, 1338 + 1137\} = \min \{2421, 2475\} = 2421$
$f(5, \{4,6\}) = \min \{c_{54} + f(4, \{6\}), c_{56} + f(6, \{4\})\} = \min \{1467 + 1281, 1338 + 1943\} = \min \{2748, 3281\} = 2748$
$f(6, \{2,3\}) = \min \{c_{62} + f(2, \{3\}), c_{63} + f(3, \{2\})\} = \min \{872 + 1680, 975 + 1921\} = \min \{2552, 2896\} = 2552$
$f(6, \{2,4\}) = \min \{c_{62} + f(2, \{4\}), c_{64} + f(4, \{2\})\} = \min \{872 + 2564, 978 + 2214\} = \min \{3436, 3192\} = 3192$
$f(6, \{2,5\}) = \min \{c_{62} + f(2, \{5\}), c_{65} + f(5, \{2\})\} = \min \{872 + 3819, 1529 + 2584\} = \min \{4691, 4113\} = 4113$
$f(6, \{3,4\}) = \min \{c_{63} + f(3, \{4\}), c_{64} + f(4, \{3\})\} = \min \{975 + 1160, 978 + 1677\} = \min \{2135, 2655\} = 2135$
$f(6, \{3,5\}) = \min \{c_{63} + f(3, \{5\}), c_{65} + f(5, \{3\})\} = \min \{975 + 2509, 1529 + 1807\} = \min \{3484, 3336\} = 3336$
$f(6, \{4,5\}) = \min \{c_{64} + f(4, \{5\}), c_{65} + f(5, \{4\})\} = \min \{978 + 2685, 1529 + 2432\} = \min \{3663, 3961\} = 3663$

**Tabel 3.4** Perhitungan tahap tiga

Tahap 4:  $f(i, S) = \min \{c_{ij} + f(j, S - \{j\})\}$ ,  $j \in S$  untuk  $|S| = 3$

Jika  $S_n = 1$  (Jakarta)

$f(2, \{3,4,5\}) = \min \{c_{23} + f(3, \{4,5\}), c_{24} + f(4, \{3,5\}), c_{25} + f(5, \{3,4\})\} = \min \{1157 + 3380, 1598 + 3319, 2646 + 2444\} = \min \{4537, 4917, 5090\} = 4537$
$f(2, \{3,4,6\}) = \min \{c_{23} + f(3, \{4,6\}), c_{24} + f(4, \{3,6\}), c_{26} + f(6, \{3,4\})\} = \min \{1157 + 1976, 1598 + 2010, 822 + 2135\} = \min \{3133, 3608, 2957\} = 2957$
$f(2, \{3,5,6\}) = \min \{c_{23} + f(3, \{5,6\}), c_{25} + f(5, \{3,6\}), c_{26} + f(6, \{3,5\})\} = \min \{1157 + 3531, 2646 + 2421, 822 + 3336\} = \min \{4688, 5067, 4158\} = 4158$
$f(2, \{4,5,6\}) = \min \{c_{24} + f(4, \{5,6\}), c_{25} + f(5, \{4,6\}), c_{26} + f(6, \{4,5\})\} = \min \{1598 + 3575, 2646 + 2748, 822 + 3663\} = \min \{5173, 5394, 4485\} = 4485$
$f(3, \{2,4,5\}) = \min \{c_{32} + f(2, \{4,5\}), c_{34} + f(4, \{2,5\}), c_{35} + f(5, \{2,4\})\} = \min \{1226 + 4280, 695 + 4096, 1336 + 3681\} = \min \{5506, 4791, 5017\} = 4791$
$f(3, \{2,4,6\}) = \min \{c_{32} + f(2, \{4,6\}), c_{34} + f(4, \{2,6\}), c_{36} + f(6, \{2,4\})\} = \min \{1226 + 2765, 695 + 2440, 729 + 3192\} = \min \{3991, 3135, 3921\} = 3135$
$f(3, \{2,5,6\}) = \min \{c_{32} + f(2, \{5,6\}), c_{35} + f(5, \{2,6\}), c_{36} + f(6, \{2,5\})\} = \min \{1226 + 3524, 1336 + 2905, 729 + 4113\} = \min \{4750, 4241, 4842\} = 4241$
$f(3, \{4,5,6\}) = \min \{c_{34} + f(4, \{5,6\}), c_{35} + f(5, \{4,6\}), c_{36} + f(6, \{4,5\})\} = \min \{695 + 3575, 1336 + 2748, 729 + 3663\} = \min \{4270, 4084, 4392\} = 4084$
$f(4, \{2,3,5\}) = \min \{c_{42} + f(2, \{3,5\}), c_{43} + f(3, \{2,5\}), c_{45} + f(5, \{2,3\})\} = \min \{1519 + 3666, 1154 + 3920, 1512 + 3205\} = \min \{5158, 5074, 4717\} = 4717$
$f(4, \{2,3,6\}) = \min \{c_{42} + f(2, \{3,6\}), c_{43} + f(3, \{2,6\}), c_{46} + f(6, \{2,3\})\} = \min \{1519 + 1959, 1154 + 2296, 873 + 2552\} = \min \{3478, 3450, 3425\} = 3425$
$f(4, \{2,5,6\}) = \min \{c_{42} + f(2, \{5,6\}), c_{45} + f(5, \{2,6\}), c_{46} + f(6, \{2,5\})\} = \min \{1519 + 3524, 1512 + 2905, 873 + 4113\} = \min \{5043, 4417, 4986\} = 4417$
$f(4, \{3,5,6\}) = \min \{c_{43} + f(3, \{5,6\}), c_{45} + f(5, \{3,6\}), c_{46} + f(6, \{3,5\})\} = \min \{1154 + 3431, 1512 + 2421, 873 + 3336\} = \min \{4585, 3933, 4209\} = 3933$
$f(5, \{2,3,4\}) = \min \{c_{52} + f(2, \{3,4\}), c_{53} + f(3, \{2,4\}), c_{54} + f(4, \{2,3\})\} = \min \{1889 + 2817, 1284 + 2909, 1467 + 3075\} = \min \{4706, 4193, 4542\} = 4193$
$f(5, \{2,3,6\}) = \min \{c_{52} + f(2, \{3,6\}), c_{53} + f(3, \{2,6\}), c_{56} + f(6, \{2,3\})\} = \min \{1889 + 1959, 1284 + 2296, 1338 + 2552\} = \min \{3848, 3580, 3890\} = 3580$
$f(5, \{2,4,6\}) = \min \{c_{52} + f(2, \{4,6\}), c_{54} + f(4, \{2,6\}), c_{56} + f(6, \{2,4\})\} = \min \{1889 + 2765, 1467 + 2440, 1338 + 3192\} = \min \{4654, 3907, 4530\} = 3907$
$f(5, \{3,4,6\}) = \min \{c_{53} + f(3, \{4,6\}), c_{54} + f(4, \{3,6\}), c_{56} + f(6, \{3,4\})\} = \min \{1284 + 1976, 1467 + 2010, 1338 + 2135\} = \min \{3260, 3477, 3473\} = 3260$
$f(6, \{2,3,4\}) = \min \{c_{62} + f(2, \{3,4\}), c_{63} + f(3, \{2,4\}), c_{64} + f(4, \{2,3\})\} = \min \{872 + 2817, 975 + 2909, 978 + 3075\} =$

$\min \{3689, 3884, 4053\} = 3689$
$f(6, \{2,3,5\}) = \min \{c_{62} + f(2, \{3,5\}), c_{63} + f(3, \{2,5\}), c_{65} + f(5, \{2,3\})\} = \min \{872 + 3666, 975 + 3920, 1529 + 3205\} = \min \{4538, 4895, 4734\} = 4538$
$f(6, \{2,4,5\}) = \min \{c_{62} + f(2, \{4,5\}), c_{64} + f(4, \{2,5\}), c_{65} + f(5, \{2,4\})\} = \min \{872 + 4280, 978 + 4096, 1529 + 3681\} = \min \{5152, 5074, 5210\} = 5074$
$f(6, \{3,4,5\}) = \min \{c_{62} + f(2, \{4,5\}), c_{64} + f(4, \{2,5\}), c_{65} + f(5, \{2,4\})\} = \min \{872 + 4280, 978 + 4096, 1529 + 3681\} = \min \{5152, 5074, 5210\} = 5074$

**Tabel 3.5** Perhitungan tahap empat

Tahap 5:  $f(i, S) = \min \{c_{ij} + f(j, S - \{j\})\}$ ,  $j \in S$  untuk  $|S| = 4$

Jika  $S_n = 1$  (Jakarta)

$f(2, \{3,4,5,6\}) = \min \{c_{23} + f(3, \{4,5,6\}), c_{24} + f(4, \{3,5,6\}), c_{25} + f(5, \{3,4,6\}), c_{26} + f(6, \{3,4,5\})\} = \min \{1157 + 4084, 1598 + 3933, 2646 + 3260, 822 + 5074\} = \min \{5241, 5531, 5906, 5896\} = 5241$
$f(3, \{2,4,5,6\}) = \min \{c_{32} + f(2, \{4,5,6\}), c_{34} + f(4, \{2,5,6\}), c_{35} + f(5, \{2,4,6\}), c_{36} + f(6, \{2,4,5\})\} = \min \{1226 + 4485, 695 + 4417, 1336 + 3907, 729 + 5074\} = \min \{5711, 5112, 5243, 5803\} = 5112$
$f(4, \{2,3,5,6\}) = \min \{c_{42} + f(2, \{3,5,6\}), c_{43} + f(3, \{2,5,6\}), c_{45} + f(5, \{2,3,6\}), c_{46} + f(6, \{2,3,5\})\} = \min \{1519 + 4158, 1154 + 4241, 1512 + 3580, 873 + 4538\} = \min \{5677, 5395, 5092, 5411\} = 5092$
$f(5, \{2,3,4,6\}) = \min \{c_{52} + f(2, \{3,4,6\}), c_{53} + f(3, \{2,4,6\}), c_{54} + f(4, \{2,3,6\}), c_{56} + f(6, \{2,3,4\})\} = \min \{1889 + 2957, 1284 + 3135, 1467 + 3425, 1338 + 3189\} = \min \{4846, 4419, 4892, 4527\} = 4419$
$f(6, \{2,3,4,5\}) = \min \{c_{62} + f(2, \{3,4,5\}), c_{63} + f(3, \{2,4,5\}), c_{64} + f(4, \{2,3,5\}), c_{65} + f(5, \{2,3,4\})\} = \min \{872 + 4537, 975 + 4791, 978 + 4717, 1529 + 4193\} = \min \{5409, 5766, 5695, 5722\} = 5409$

**Tabel 3.6** Perhitungan tahap lima

Tahap 6:  $f(i, S) = \min \{c_{ij} + f(j, S - \{j\})\}$ ,  $j \in S$  untuk  $|S| = 5$

Jika  $S_n = 1$  (Jakarta)

$f(1, \{2,3,4,5,6\}) = \min \{c_{12} + f(2, \{3,4,5,6\}), c_{13} + f(3, \{2,4,5,6\}), c_{14} + f(4, \{2,3,5,6\}), c_{15} + f(5, \{2,3,4,6\}), c_{16} + f(6, \{2,3,4,5\})\} = \min \{680 + 5241, 548 + 5112, 1029 + 5092, 1186 + 5112, 368 + 5409\} = \min \{5921, 5660, 6121, 5777\} = 5660$
--

**Tabel 3.7** Perhitungan tahap enam

Solusi yang didapatkan setelah melakukan optimasi menggunakan program dinamis adalah *cost* minimum yang bisa didapatkan oleh pengunjung kelima destinasi wisata super prioritas adalah Rp5.660.000 dengan rute:

1 → 3 → 4 → 5 → 6 → 2, atau Jakarta → Lombok → Labuan Bajo → Manado → Yogyakarta → Medan.

#### IV. KESIMPULAN

Optimasi dengan meminimalisasi *cost* dapat diselesaikan dengan algoritma program dinamis. Layaknya *exhaustive search*, program dinamis menjamin solusi yang dihasilkan adalah solusi optimal. Setelah mendapatkan total harga tiket pesawat yang minimal, ternyata untuk berpergian ke tempat wisata tidak memerlukan biaya yang sangat besar, hanya dengan Rp5.660.000, kita sudah bisa mendapatkan tiket pesawat pulang pergi.

LINK VIDEO YOUTUBE

<https://youtu.be/2cFefRsbfp4>

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama, penulis mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas bimbingan-Nya, penulis dapat menyelesaikan makalah ini. Rasa terima kasih juga penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, MT. selaku dosen IF2211 Strategi Algoritma kelas K4 atas bimbingan dan ilmu yang telah beliau berikan. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada keluarga dan teman yang senantiasa mendukung dan menyemangati penulis pada proses penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Program-Dinamis-2020-Bagian1.pdf>. Diakses pada 10 Mei 2021
- [2] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Program-Dinamis-2020-Bagian2.pdf>. Diakses pada 10 Mei 2021
- [3] Badan Pusat Statistik. 2020. *Berita Resmi Statistik: Perkembangan Pariwisata dan Transportasi Nasional Desember 2019*. Jakarta
- [4] <https://old.kemendikbud.go.id/post/mari-mengenal-5-destinasi-wisata-super-prioritas>. Diakses pada 10 Mei 2021
- [5] R. Munir, *Matematika Diskrit*, 3rd ed. Bandung: Penerbit INFORMATIKA Bandung, 2010.

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, 26 April 2021



Leo Cardhio Sih Pratama 13519220

