PERBANDINGAN PROGRAM DINAMIS DAN ALGORITMA FLEURY UNTUK MENENTUKAN *TOUR* TERPENDEK TEMPAT WISATA DI BANDAR LAMPUNG

(Skripsi)

Oleh

INTAN CANDINI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2024

ABSTRAK

THE COMPARISON OF DYNAMIC PROGRAMMING AND FLEURY ALGORITHM TO SOLVE THE SHORTEST TOUR FOR TOURIST SPOTS IN BANDAR LAMPUNG

Oleh

Intan Candini

The city of Bandar Lampung has many tourist attractions that are popular destinations in Lampung as well as outside of Lampung. With plenty of choice of tourist destinations, visitors will consider the optimal time and cost. Therefore to find the shortest route from original whics pass to other location exactly once and return to the original is a need in order to minimize time or cost. In this study, the dynamic programming is compared with the Fleury Algorithm to determine the shortest tour of the tourist spots in Bandar Lampung. The results of this research show that the Fleury Algorithm produces better solution than dynamic programming.

Keywords : Traveling Salesman Problem, dynamic program, fleury algorithm.

ABSTRAK

PERBANDINGAN PROGRAM DINAMIS DAN ALGORITMA FLEURY UNTUK MENENTUKAN *TOUR* TERPENDEK TEMPAT WISATA DI BANDAR LAMPUNG

Oleh

Intan Candini

Kota Bandar Lampung memiliki banyak tempat wisata yang menjadi tujuan masyarakat yang ada di Lampung maupun di luar Lampung. Dengan banyaknya pilihan destinasi wisata, pengunjung akan mempertimbangkan waktu dan biaya yang paling optimal atau yang paling efisen. Oleh karena itu *tour* terpendek dari lokasi awal ke lokasi lainnya dan lokasi ke lokasi semula diperlukan untuk meminimalkan waktu atau biaya. Pada penelitian ini program dinamis dibandingkan dengan Algoritma Fleury untuk menentukan *tour* terpendek tempat wisata di Bandar Lampung. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode Algoritma Fleury menghasilkan nilai yang lebih baik dari solusi yang dihasilkan dengan program dinamis.

Kata Kunci **:** *Traveling Salesman Problem***,** program dinamis, Algoritma fleury.

PERBANDINGAN PROGRAM DINAMIS DAN ALGORITMA FLEURY UNTUK MENENTUKAN *TOUR* TERPENDEK TEMPAT WISATA DI BANDAR LAMPUNG

Oleh
INTAN CANDINI

Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

Judul Skripsi	: **PERBANDINGAN PROGRAM DINAMIS DAN ALGORITMA FLEURY UNTUK MENENTUKAN *TOUR* TERPENDEK TEMPAT WISATA DI BANDAR LAMPUNG**
Nama Mahasiswa	: **Intan Candini**
Nomor Pokok Mahasiswa	: **2057031011**
Jurusan	: **Matematika**
Fakultas	: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D.	**Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si.**
NIP. 196311081989022001	NIP. 199306012019032021

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 197403162005011001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D.** ....

Sekretaris : **Siti Lelatul Chasanah, S.Pd., M.Si.** ....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc.** ....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 April 2024**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: **Intan Candini**
Nomor Pokok Mahasiswa	: **2057031011**
Jurusan	: **Matematika**
Judul Skripsi	: **Perbandingan Program dinamis dan Algoritma Fleury untuk menentukan *tour* terpendek tempat wisata di Bandar Lampung**

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 April 2024

Penulis

Intan Candini
NPM. 2057031011

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Intan Candini, dilahirkan pada tanggal 22 Oktober 2000 di Desa Karang Anyar, Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, dari Bapak Sartono dan Ibu Sumiati.

Penulis menempuh pendidikan taman kanak-kanak di TK Pertiwi pada tahun 2006 – 2007. Pada tahun 2007 – 2013, penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SDN 1 Karang Anyar. Kemudian, melanjutkan ke sekolah menengah pertama di SMPN 1 Braja Selebah pada tahun 2013 – 2016 dan sekolah menengah atas di SMAN 1 Way Jepara pada tahun 2016 – 2019.

Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Lampung jalur mandiri pada tahun 2020 dan diterima sebagai mahasiswa S1 Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Pada tahun 2021 – 2022 penulis aktif dalam organisasi HIMATIKA (Himpunan Mahasiswa Matematika) sebagai anggota Biro Kesekretariatan. Pada bulan Desember 2022, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Badan Pusat Statistik Lampung Timur selama 40 hari. Pada pertengahan 2023, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode II selama 40 hari di Desa Bina Karya Mandiri, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah.

KATA INSPIRASI

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan lain). Hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(Qs. Al-Insyirah 6 – 8)

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Allah SWT, atas rahmat, limpahan berkah, dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Dengan segala cinta dan kasih sayang kupersembahkan karya sederhana ini untuk orang-orang yang mengiringi langkah hidupku

Ayah dan Ibu

Terimakasih untuk cinta, kasih sayang, dukungan serta doa yang tiada terhingga untuk ananda.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Matematika S1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Lampung. Skripsi dengan judul "Perbandingan Program Dinamis dan Algoritma Fleury untuk Menentukan *tour* Terpendek Tempat Wisata di Bandar Lampung"

Dalam menyusun skripsi ini, banyak sekali pihak yang telah membantu penulis dalam memberikan bimbingan, semangat serta saran yang membangun. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar - besarnya kepada:

1. Ayahanda tercinta, Bapak Sartono. Terima kasih selalu berjuang untuk kehidupan penulis dan memberikan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
2. Pintu surgaku, Ibu Sumiati, yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta, memotivasi serta memberikan doa yang terbaik hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
3. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, Ph.D., selaku dosen pembimbing pertama skripsi yang telah banyak memberikan bimbingan, saran, dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan pembuatan skripsi.
4. Ibu Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua skripsi yang telah banyak memberikan bimbingan, saran, dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan pembuatan skripsi.
5. Ibu Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc., selaku dosen penguji skripsi yang telah banyak memberikan saran dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

6. Bapak Subian Saidi, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan semangat penulis untuk menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu.
7. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.
8. Bapak Dr. Ahmad Faisol, M.Sc., selaku Sekertaris Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.
9. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.
10. Kakakku tercinta, Irma Septiani yang selalu menjadi semangat dan senantiasa memberikan do’a serta dukungan yang tiada henti.
11. Ibu Sri Suhasmi, S.Pd. yang telah memberikan semangat, dukungan, dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan studinya.
12. Fachru Rasyid Assidiqy, S.P., yang telah memberikan semangat, do’a, serta dukungan untuk penulis menyelesaikan skripsi.
13. Dea, Micelle, annisa, dan Abdi yang senantiasa memberikan dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
14. Teman-teman Matematika yang telah memberikan dukungan, semangat, dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
15. Serta semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas dukungan dan do’a nya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Akan tetapi, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 19 April 2024
Penulis,

Intan Candini

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

DAFTAR TABEL

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Deo (1989) teori graf diperkenalkan oleh Leonard Euler pada tahun 1736 untuk menyelesaikan permasalahan jembatan Konisberg. Euler mengilustrasikan permasalahan tersebut dalam bentuk sketsa titik dan garis yang masing-masing merupakan representasi dari daratan dan jembatan. Masalah jembatan Konisberg ini berkenaan dengan mungkinkah seseorang melalui tujuh jembatan yang ada di Konisberg masing-masing tepat satu kali dan kembali lagi ke tempat semula.

Pada tahun 1736, seorang matematikawan dari Swiss, Leonard Euler menjadi orang pertama yang berhasil memberikan solusi dari permasalahan tersebut dengan memodelkan masalah ke bentuk graf. Graf merupakan struktur dari himpunan titik dan garis. Titik dapat merepresentasikan peta jalan, stasiun kereta, kota, rumah dan sebagainya. Sedangkan, garis dapat merepresentasikan kabel, jaringan telepon, rantai makanan, dan sebagainya. Salah satu masalah yang ada pada teori graf adalah masalah menentukan *tour* terpendek dari satu tempat ke tempat lainnya. Munir, (2008) mengatakan bahwa *Traveling Salesman Problem* (TSP) adalah masalah yang menentukan urutan *tour* melalui beberapa kota yang harus dilalui oleh seorang salesman. Setiap kota hanya dapat dilalui satu kali selama perjalanan dan perjalanan harus berakhir di kota awal *salesman* memulai perjalanannya *Salesman* harus meminimalkan biaya dan jarak tempuh. Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai penyelesaian TSP menggunakan metode program dinamis dan Algoritma Fleury. Yunus dkk. (2015) melakukan penelitian mengenai metode program dinamis pada penyelesaian TSP.

Kemudian, Lin (2018) melakukan penelitian mengenai penerapan Algoritma Fleury untuk menyelesaikan permasalahan TSP. Selain itu, Putri (2021) melakukan penelitian mengenai penentuan rute menggunakan Algoritma Fleury. Kemudian, Sagala dkk. (2022) melakukan penelitian mengenai penerapan TSP untuk optimasi rute terpendek menggunakan program dinamis. Selanjutnya, Sukma dkk. (2022) melakukan penelitian mengenai penyelesaian masalah TSP dengan jaringan saraf *self organizing*.

Munir, (2008) mengatakan bahwa program dinamis adalah metode pemecahan masalah dengan cara menguraikan solusi menjadi sekumpulan langkah atau tahapan. Sedangkan Algoritma Fleury adalah algoritma yang digunakan untuk mencari atau menentukan lintasan dan sirkuit *Euler* pada graf yang digunakan untuk mengkontruksi jalur *Eulerian*. Graf *Eulerian* adalah graf terhubung G yang terbentuk dari *walk* tertutup yang melalui tiap garis di G. Algoritma tersebut memecahkan masalah pencarian *tour* terpendek (*tour* dengan panjang minimum) pada graf berbobot, bobotnya adalah bilangan positif.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk mencari *tour* terpendek tempat wisata di Bandar Lampung menggunakan metode program dinamis dan Algoritma Fleury pada penyelesaian *Traveling Salesman Problem*.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. menentukan solusi *tour* terpendek menggunakan metode program dinamis pada penyelesaian *tour* tempat wisata di Bandar Lampung,
2. menentukan solusi *tour* terpendek menggunakan Algoritma Fleury pada penyelesaian *tour* tempat wisata di Bandar Lampung,
3. membandingkan hasil yang diperoleh menggunakan metode program dinamis dan Algoritma Fleury untuk menentukan *tour* tempat wisata di Bandar Lampung.

1.3 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. memberi wawasan mengenai graf *Eulerian* dalam menentukan *tour* terpendek.
2. memberi wawasan mengenai aplikasi dari metode program dinamis dan Algoritma Fleury pada penyelesaian *Traveling Salesman Problem*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

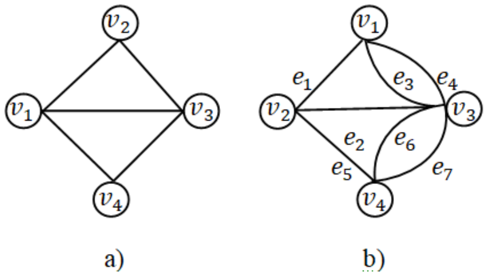
Pada bab ini akan dijelaskan tentang beberapa konsep dasar, istilah-istilah dan definisi teori graf yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas.

2.1 Graf

Menurut Deo (1989), graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E), ditulis dengan notasi $G\ (V, E)$, dengan V adalah himpunan tidak kosong dari titik-titik dan E adalah himpunan garis yang menghubungkan sepasang titik di V. V tidak boleh kosong, sedangkan E boleh kosong. Pemberian tanda titik maupun garis pada graf dapat menggunakan huruf, bilangan asli, atau gabungan antara nomor dengan bilangan asli. Pemberian tanda menggunakan huruf seperti $v, w, \ldots,$ dengan menggunakan bilangan asli seperti $1, 2, 3, \ldots,$ atau menggunakan gabungan keduanya seperti $a_{1,}\ a_{2,}\ b_{1,} b_{2.}$ Garis yang menghubungkan dua titik v_i dan v_j dinyatakan dengan pasangan (v_i, v_j) atau dengan lambang $e_{1,}\ e_{2,}\ e_3$. Dengan kata lain, jika e adalah garis yang menghubungkan titik v_i dan v_j, maka e dinyatakan sebagai $e_{ij} = (v_i, v_j)$.

Jenis-jenis graf dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis bergantung pada sudut pandang pengelompokkannya. Pengelompokkan graf dapat dipandang dari ada tidaknya garis paralel atau *loop* dan berdasarkan pada arah garis. *Loop* pada graf adalah garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama dan garis paralel adalah dua garis atau lebih yang menghubungkan pasangan titik yang sama. Berdasarkan ada tidak nya garis paralel atau *loop* pada suatu graf, maka secara umum graf dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu graf sederhana dan tidak sederhana. Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung garis paralel maupun *loop*. Sedangkan graf tidak sederhana adalah graf yang mengandung garis paralel atau *loop*.

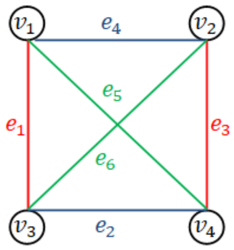
Contoh 2.1



Gambar 1. Contoh graf sederhana dan graf tidak sederhana

Derajat (*degree)* dari titik v_i adalah banyaknya garis yang menempel pada titik v_i, dengan *loop* dihitung dua kali. Derajat pada suatu graf dapat digunakan untuk menentukan jumlah garis pada graf tersebut.

Contoh 2.2

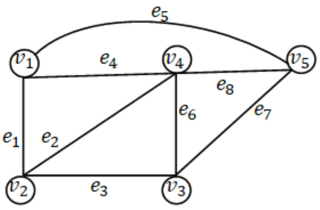


Gambar 2. Derajat (*degree*) pada graf

Pada Gambar 2, derajat titik v_1 adalah $d(v_1) = 3$ demikian juga dengan titik v_2 memiliki derajat $d(v_2) = 3$.

Jalan (*walk*) adalah barisan berhingga dari titik dan garis, dimulai dan diakhiri dengan titik sedemikian sehingga setiap garis yang menempel dengan titik sebelum dan sesudahnya. Di dalam suatu jalan (*walk*) pada graf dapat terjadi satu titik dilalui lebih dari satu kali. Lintasan (*path*) adalah jalan yang melewati titik yang berbeda-beda.

Contoh 2.3

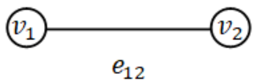


Gambar 3. *Walk* dan path pada graf

Contoh jalan (*walk)* pada Gambar 3 adalah $v_1, e_1,\ v_2, e_3,\ v_3, e_6,\ v_4, e_8,\ v_5$, sedangkan contoh lintasan (*path*) adalah $v_1, e_1, v_2, e_3, v_3, e_6, v_4, e_8, v_5$.

Suatu titik v_i dan v_j dikatakan menempel (*incidence*) pada garis e_{ij}, sedangkan titik v_i dan v_j disebut bertetangga (*adjacent*).

Contoh 2.4

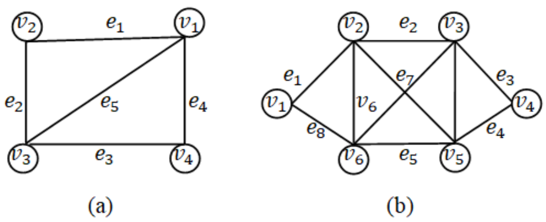


Gambar 4. Contoh titik menempel dan titik bertetangga pada graf

Pada Gambar 4, garis e_{12} menempel pada titik v_1 dan v_2 sedangkan titik v_1, v_2 bertetangga dengan garis e_{12}.

Eulerian merupakan graf yang mempunyai derajat genap untuk setiap titik. Lintasan *Euler* adalah lintasan yang melalui masing-masing garis di dalam graf tepat satu kali. Bila lintasan sirkuit itu kembali ke titik asal maka membentuk lintasan tertutup, sehingga lintasan tertutup itu dinamakan sirkuit *Euler*.

Contoh 2.5



Gambar 5. Contoh lintasan dan sirkuit *Euler* pada graf

Contoh lintasan pada Gambar 5(a) adalah v_1,e_5,v_3 , e_2 , v_2 , e_1 , v_1 , e_4 , v_4 sedangkan sirkuit *Euler* pada Gambar 5 (b) adalah $v_1, e_1, v_2, e_6, v_6, e_8, v_1$.

2.2 *Traveling Salesman Problem*

Munir, (2008) mengatakan bahwa *Traveling Salesman Problem* (TSP) adalah masalah yang menentukan *tour* melalui beberapa kota yang harus dilalui seorang *salesman*. Setiap kota hanya dapat dilalui satu kali selama perjalanan dan perjalanan harus berakhir di kota awal salesman memulai perjalanannya. *Salesman* harus meminimalkan biaya dan jarak tempuh. Penentuan *tour* perjalanan merupakan salah satu permasalahan yang sering dihadapi dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu contoh yaitu *tour* manakah yang memiliki biaya paling murah untuk dilalui *salesman* ketika harus mengunjungi sejumlah daerah. Tiap daerah tersebut harus dikunjungi tepat satu kali kemudian kembali lagi ke tempat semula. Permasalahan tersebut dikenal sebagai *Traveling Salesman Problem* yaitu mencari *tour* terpendek dengan syarat salesman berawal dan berakhir di titik atau kota yang sama dan setiap kota dikunjungi tepat satu kali. Berikut adalah aturan-aturan yang mengidentifikasi bahwa permasalahan tersebut adalah TSP sebagai berikut:

1. Perjalanan dimulai dan diakhiri di kota yang sama sebagai kota awal *salesman*.
2. Seluruh kota harus dikunjungi tanpa satupun kota yang dilewatkan.
3. *Salesman* tidak boleh kembali ke kota asal sebelum seluruh kota dikunjungi.

2.3 Program Dinamis

Munir, (2008) mengatakan bahwa program dinamis adalah metode pemecahan masalah dengan cara menguraikan solusi menjadi sekumpulan langkah atau tahapan sedemikian sehingga solusi dari persoalan tersebut dapat dipandang sebagai serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Pada penyelesaian persoalan ini terdapat sejumlah pilihan yang mungkin. Solusi pada setiap tahap dibangun dari hasil solusi tahap sebelumnya. Persyaratan optimasi dan kendala digunakan untuk membatasi sejumlah pilihan yang harus dipertimbangkan pada suatu tahap. Pada program dinamis, rangkaian keputusan yang optimal dibuat menggunakan prinsip optimalitas. Prinsip optimalitas adalah solusi total optimal, maka bagian solusi sampai pada tahap ke-k juga optimal.

Karakteristik persoalan program dinamis adalah sebagai berikut:

1. Persoalan dapat dibagi menjadi beberapa tahap, yang pada setiap tahap hanya diambil satu keputusan.
2. Masing-masing tahap terdiri dari sejumlah tahap yang berhubungan dengan tahap tersebut. Secara umum, status merupakan bermacam-macam kemungkinan
3. Hasil dan keputusan yang diambil pada setiap tahap ditransformasikan dari tahap yang bersangkutan ke tahap berikutnya.
4. Ongkos pada suatu tahap meningkat secara teratur dengan bertambahnya jumlah tahapan.
5. Ongkos pada suatu tahap bergantung pada ongkos tahap-tahap yang sudah berjalan dan ongkos pada tahap tersebut.

Program dinamis memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Permasalahan dapat dibagi dalam tahap-tahap, dengan suatu keputusan kebijakan diperlukan di setiap tahap.
2. Setiap tahap memiliki sejumlah keadaan yang bersesuaian.
3. Pengaruh keputusan kebijakan pada setiap tahap untuk mengubah keadaan sekarang menjadi keadaan yang berkaitan dengan tahap berikutnya.
4. Prosedur penyelesaian dirancang untuk menemukan suatu kebijakan optimal untuk keseluruh masalah, pemberian keputusan kebijakan optimal pada setiap tahap untuk setiap kemungkinan keadaan.
5. Bila diketahui keadaan sekarang, kebijakan optimal untuk tahap-tahap yang tersisa adalah bebas terhadap kebijakan yang dipakai pada tahap-tahapan sebelumnya.
6. Prosedur penyelesaian dimulai dengan menentukan kebijakan optimal untuk tahap maju.
7. Tersedia hubungan rekursif yang mengidentifikasi kebijakan optimal pada tahap n, bila diketahui kebijakan optimal untuk tahap $(n+1)$. Hubungan rekursif adalah f_n^* (s) $=$ min x_n $\{C_{sxn} + f *_{n+1} (xn)\}$, dengan demikian

untuk menemukan keputusan kebijakan optimal, bila dimulai pada keadaan s pada tahap n, memerlukan penemuan nilai x_n yang meminimumkannya, biaya minimum tersebut didapat dengan menggunakan nilai x_n di atas dan mengikuti kebijakan optimal bila dimulai dari keadaan x_n pada tahap $(n+1)$. Bentuk pasti hubungan rekursif berbeda-beda diantara masalah-masalah pemrograman dinamis, seperti yang diringkas sebagai berikut:

N = banyaknya tahap

n = label untuk tahap sekarang $(n = 1, 2, \dots N)$

s_n = keadaan sekarang untuk tahap n

x_n = peubah keputusan untuk tahap n

x_n^* = nilai optimal x_n (diketahui s_n)

$f_n(s_n, x_n)$ = kontribusi tahap $n, n+1, \dots N$ kepada fungsi tujuan bila sistem dimulai dari keadaan s_n pada tahap n, keputusan sekarang adalah x_n dan keputusan optimal dibuat sesudahnya $f_{n^*}(s_n)$ = $f_n(s_n, x_n^*)$. Hubungan rekursif akan selalu memiliki bentuk $f_n^*\ (s_n) = \max\ x_{n,}\ f_n(s_n, x_n)$ atau $f_n^*\ (s_n)$ =min $x_{n,}\ f_n(s_n, x_n)$. $f_n(s_n, x_n)$ dinyatakan dalam $s_n, x_n, f_{n+1}^*(s_n+1)$ dan beberapa ukuran tentang kefektifan (ketidak efektifan) tahap pertama dari x_n. Proses ini disebut selalu berulang setiap kita bergerak kebelakang tahap demi tahap. Bila tahap sekarang bernomor n, diturunkan satu tahap, maka fungsi $f_{n^*}(s_n)$ baru akan diturunkan menggunakan $f_{n+1}^*(s_{n+1})$ yang baru saja diturunkan dalam iterasi sebelumnya, dan proses ini berulang terus.

8. Bila menggunakan hubungan rekursif ini, prosedur penyelesaian bergerak maju tahap demi tahap setiap kali menemukan kebijakan optimal untuk tahap tersebut sampai ditemukan kebijakan optimal yang dimulai dari tahap awal. Prinsip optimalitas pada program dinamis adalah ongkos pada tahap $k+1 =$ (ongkos yang dihasilkan pada tahap k + tahap k ke tahap $\mathrm{k}+1$, $\mathrm{k} = 1, 2, \dots, \mathrm{n}-1$. Penyelesaian masalah perjalanan *salesman* menggunakan program dinamis dimulai dengan menginput jumlah titik dari graf yang dismisalkan sebagai n, bobot garis dari titik i ke titik j dengan $i, j\ \in V, S$ merupakan himpunan titik yang akan dilewati pada iterasi ke-t dengan $S \in V, f_t(S, j)$ merupakan solusi pada iterasi ke-t dari i ke titik j dengan $i \in S$, dan t adalah iterasi pada program dinamis. Jika ditentukan y sebagai titik awal,

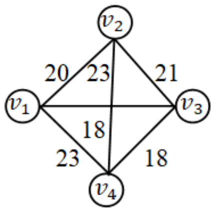
maka penentuan lintasan terpendek menggunkan program dinamis dengan rekursif maju yaitu dari iterasi ke-1 sampai iterasi ke-t. Solusi pada iterasi ke-1 dihitung dengan persamaan $f_t(y,j) = R_{y\,j}$, iterasi ke-2 sampai iterasi ke $(n-1)$ dengan persamaan $f_t\,(S,j) = \min_{i\in S}\{R_{i\,j} + f_{t-1}(S-\{j\},j)\}$, dan iterasi ke-t dengan persamaan $f_t(S,y) = \min_{i\in S}\{R_{i\,y} + f_{t-1}(S-\{i\},i)\}$, sehingga diperoleh solusi optimal yaitu lintasan terpendek dengan bobot minimum yang berdasarkan solusi dari iterasi ke-1 sampai iterasi ke-t.

Langkah-langkah penerapan menggunakan program dinamis pada penyelesaian TSP untuk menentukan *tour* terpendek sebagai berikut:

1. Perjalanan dimulai dan berakhir di tempat yang sama sebagai tempat asal
2. Seluruh tempat wisata dikunjungi tanpa satupun tempat wisata yang di lewatkan
3. Sebelum seluruh tempat wisata dikunjungi tidak boleh kembali ke tempat asal

Contoh 2.6

Perjalanan *salesman* untuk mengunjungi tempat wisata di Bandar Lampung dimana titik v_1 akan diasumsikan sebagai titik awal dan jarak antar tempat wisata dinyatakan dengan waktu (menit).



Gambar 6. Graf berbobot dengan $|V(G)| = 4$

Berikut ini diberikan tabel bobot garis dari graf G sebagai berikut:

Tabel 1. Bobot garis dari Graf G pada Gambar 6

Lokasi \ Lokasi	waktu tempuh (menit)			
	v_1	v_2	v_3	v_4
v_1	0	20	18	23
v_2	20	0	21	23
v_3	18	21	0	18
v_4	23	23	18	0

Berdasarkan Tabel 1, yaitu data waktu antar tiga lokasi wisata di Bandar Lampung dan satu hotel yang diasumsikan sebagai titik awal. Akan di tentukan bahwa titik awal adalah titik v_1 dan banyaknya titik $n = 4$, penyelesaian TSP dengan menggunakan program dinamis yaitu menghitung solusi dari iterasi ke-1 sampai iterasi ke-4.

1. Iterasi ke-1, menghitung bobot dari titik awal atau titik y ke titik j, dengan $j \neq y$

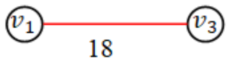
   $f_1(y, j) = R_{v_1 j}$

   $f_1(y, v_2) = R_{v_2 v_1} = 20$

   $f_1(y, v_3) = R_{v_3 v_1} = 18$

   $f_1(y, v_4) = R_{v_4 v_1} = 23$

   Solusi iterasi ke-1 yaitu dari titik v_1 ke titik v_3 dengan bobot 18



Gambar 7. Solusi iterasi ke-1 yaitu titik v_1 ke titik v_3

2. Iterasi ke-2, menghitung bobot dari titik i ke titik j, untuk $i \in S$ dan $i \neq y$ dengan $|S| = 1$.

   $f_2(S, j) = \min_{i \in S}\{R_{i\,j} + f_1(S - \{j\}, j)\}$

   $f_2(\{v_3\}, v_2) = \min\{R_{v_2 v_3} + f_1(y, v_3)\} = \min\{21 + 18\} = 39$

   $f_2(\{v_4\}, v_2) = \min\{R_{v_2 v_4} + f_1(y, v_4)\} = \min\{23 + 23\} = 46$

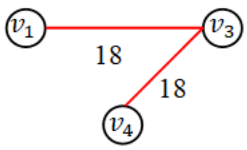
   $f_2(\{v_2\}, v_3) = \min\{R_{v_3 v_2} + f_1(y, v_2)\} = \min\{21 + 20\} = 41$

   $f_2(\{v_4\}, v_3) = \min\{R_{v_3 v_4} + f_1(y, v_4)\} = \min\{18 + 23\} = 41$

   $f_2(\{v_2\}, v_4) = \min\{R_{v_4 v_2} + f_1(y, v_2)\} = \min\{23 + 20\} = 43$

   $f_2(\{v_3\}, v_4) = \min\{R_{v_4 v_3} + f_1(y, v_3)\} = \min\{18 + 18\} = 36$

   Solusi iterasi ke-2 yaitu dari titik v_4 dengan bobot 36



Gambar 8. Solusi iterasi ke-2 yaitu titik v_4

3. Iterasi ke-3, menghitung bobot dari titik i ke titik j, untuk $i \in S$ dan $i \neq y$ dengan $|S| = 2$.

   $f_3(S,j) = \min_{i \in S}\{R_{i\,j} + f_2(S - \{j\}, j)\}$

   $f_3(\{v_3, v_4\}, v_2) = \min\{R_{v_2v_3} + f_2(v_3), v_4)), (R_{v_2v_4} + f_2(v_4), v_3))\} =$

   $\min\{57, 64\} = 57$

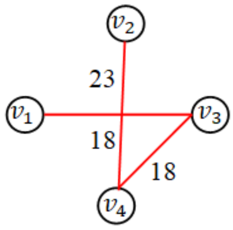
   $f_3(\{v_{2,}v_4\}, v_3) = \min\{R_{v_3v_2} + f_2(v_2), v_4)), (R_{v_3v_4} + f_2(v_4), v_2))\} =$

   $\min\{64, 64\} = 64$

   $f_3(\{v_{2,}v_3\}, v_4) = \min\{R_{v_4v_2} + f_2(v_2), v_3)), (R_{v_4v_3} + f_2(v_3), v_2))\} =$

   $\min\{64, 57\} = 57$

   Solusi iterasi ke-3 yaitu dari titik v_2 dengan bobot 57



Gambar 9. Solusi iterasi ke-3 yaitu titik v_2

4. Iterasi ke-4, menghitung bobot titik i ke titik v_1 atau titik awal, untuk $i \in S$ dan $i \neq y$ dengan $|S| = 3$.

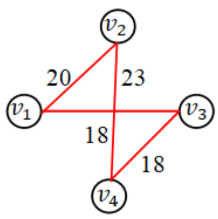
   $f_4(S,j) = \min_{i \in S}\{R_{i\,y} + f_3(S - \{i\}, i)\}$

   $f_4(\{v_2, v_3, v_4\}, v_1) =$

   $\min\left\{\begin{matrix} R_{v_1v_2} + f_3(v_3, v_4), v_2)), (R_{v_1v_3} + f_3(v_2, v_4), v_3)), \\ R_{v_1v_4} + f_3(v_2, v_3), v_4) \end{matrix}\right\} = \min\{77, 82, 79\}$

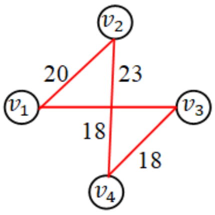
   $= 77$

   Solusi iterasi ke-4 yaitu dari titik v_1 dengan bobot 77



Gambar 10. Solusi iterasi ke-4 yaitu titik v_1

Jadi solusi optimal berdasarkan penyelesaian iterasi ke-1 sampai iterasi ke-4 yaitu diperoleh *tour* terpendek dengan bobot 79 pada *path* $v_1 - v_3 - v_4 - v_2 - v_1$. Berikut ini diberikan gambar hasil solusi penyelesaian TSP menggunakan metode program dinamis sebagai berikut:



Gambar 11. Hasil solusi *tour* terpendek dari graf G dengan bobot 79

2.4 Algoritma Fleury

Algoritma Fleury adalah algoritma yang digunakan untuk mencari lintasan atau sirkuit *Euler* pada graf (Munir, 2008)

Langkah-langkah penerapan menggunakan Algoritma Fleury pada penyelesaian TSP untuk menentukan *tour* terpendek sebagai berikut:

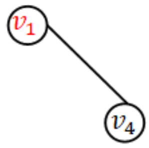
1. Pilih satu titik untuk memulai
2. Dari titik tersebut ambil satu garis untuk dilalui
3. Tandai garis tersebut untuk mengingatkan bahwa garis tersebut tidak bisa dilalui lagi (biasanya dilakukan penghapusan garis yang telah dilalui)
4. Melalui garis tersebut, kita mengunjungi titik berikutnya
5. Ulangi langkah kedua sampai keempat hingga semua titik dilalui dan kembali ke titik awal

Contoh 2.7

Perjalanan *salesman* untuk mengunjungi tempat wisata di Bandar Lampung dimana titik v_1 akan diasumsikan sebagai titik awal dan jarak antar tempat wisata dinyatakan dengan waktu (menit).

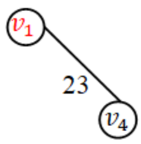
Berikut penyelesaian TSP menggunakan metode Algoritma Fleury untuk menentukan *tour* terpendek untuk perbandingan di sumber contoh yang sama yaitu Gambar 6.

1. Pilih satu titik untuk memulai, pilih titik v_1
2. Dari titik v_1 ambil satu garis untuk dilalui, ambil titik v_4 sebagai garis yang akan dilalui



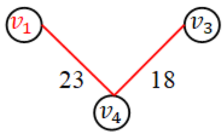
Gambar 12. Graf dengan titik v_1 dan v_4

3. Tandai garis tersebut untuk mengingatkan bahwa garis tersebut tidak bisa dilalui lagi (biasanya dilakukan penghapusan garis yang telah dilalui)



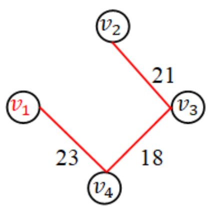
Gambar 13. Graf dengan titik v_1 dan v_4 dengan bobot 23

4. Melalui garis tersebut, kita mengunjungi titik berikutnya



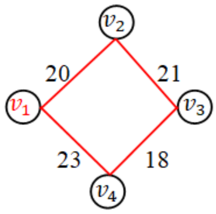
Gambar 14. Graf berbobot titik v_1 , v_4 dan v_3

Selanjutnya titik yang akan kunjungi yaitu titik v_2 sebagai titik yang akan dilalui



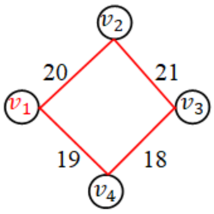
Gambar 15. Graf dengan titik v_1 , v_4 , v_3 dan v_2

Titik terakhir dikunjungi yaitu titik v_1 sebagai titik awal atau titik kembali



Gambar 16. Graf solusi TSP menggunakan Algoritma Fleury

5. Ulangi langkah kedua sampai langkah keempat hingga semua titik dilalui dan kembali ke titik awal. Dapat dilihat pada Gambar 16, bahwa semua titik sudah dilalui dan kembali ke titik awal. Jadi solusi optimal berdasarkan penyelesaian TSP menggunakan Algoritma Fleury diperoleh *tour* terpendek dengan bobot 78 pada *path* $v_1 - v_4 - v_3 - v_2 - v_1$. Berikut ini diberikan gambar hasil solusi penyelesaian TSP menggunakan Algoritma Fleury sebagai berikut:



Gambar 17. Solusi TSP menggunakan Algoritma Fleury

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Tahun Akademik 2023/2024, bertempat di Jurusan Matematika Fakultas dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung di Jl. Prof. Dr. Ir. Soemantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, kota Bandar Lampung, Lampung 35141.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini ditunjukan untuk mencari *tour* terpendek dari *Traveling Salesman Problem* (TSP) dengan menggunakan metode program dinamis dan Algoritma Fleury pada graf.

3.3 Data Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan data waktu antar empat lokasi wisata di Bandar Lampung dan satu hotel yang diasumsikan sebagai titik awal yang diperoleh melalui aplikasi *Google Maps* secara *real time*. Data diambil pada Sabtu, 23 September 2023 pada pukul 19.00 - 22.00 WIB. Data wisata yang dilalui disimbolkan dengan v_1 sampai v_5. Selanjutnya diberikan data penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 3.

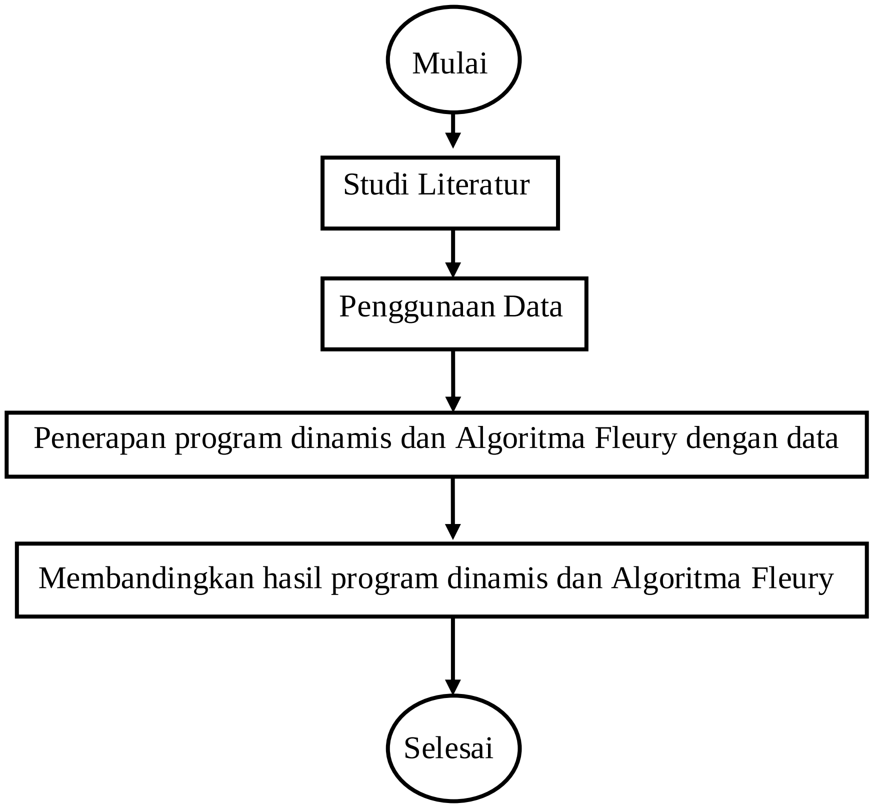
Tabel 2. Data alamat wisata di Bandar Lampung

Titik	Nama Hotel dan Wisata	Alamat Wisata
v_1	Hotel Golden Tulip	Jl. Basuki Rahmat No. 16, Sumur Putri, Kec. Teluk Betung Selatan, Kota Bandar Lampung, Lampung 35215.
v_2	Museum Lampung	Jl. Za. Pagar Alam No. 64, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141.
v_3	Taman Betung	Jl. Wan Abdurrahman Jl. Tj. Gedung, Kedaung, Kec. Kemiling, Kota Bandar Lampung, Lampung 35158.
v_4	Lembah BKP	Jl. Bukit Jati Raya No. RT. 12, Kemiling Permai, Kec. Kemiling, Kota Bandar Lampung, Lampung 35147.
v_5	Bukit Sakura	Jl. Melati Raya, Langkapura, Kec. Langkapura, Kota Bandar Lampung, Lampung 35115.

Tabel 3. Data waktu tempat wisata di Bandar Lampung

Lokasi \ Lokasi	waktu tempuh (menit)				
	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
v_1	0	20	18	23	16
v_2	20	0	21	23	15
v_3	18	21	0	18	16
v_4	23	23	18	0	14
v_5	16	15	16	14	0

Berikut ini adalah *Flowchart* yang menjelaskan tentang tahapan-tahapan dalam penelitian ini.



Gambar 18. *Flowchart* tahap-tahap dalam penelitian

.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yaitu :

1. *Tour* terpendek menggunakan metode program dinamis pada penyelesaian *Traveling Salesman Problem* (TSP) adalah $v_1 - v_5 - v_4 - v_2 - v_3 - v_1$ dengan total bobot 92.
2. *Tour* terpendek menggunakan metode Algoritma Fleury *Traveling Salesman Problem* (TSP) adalah $v_1 - v_3 - v_5 - v_4 - v_2 - v_1$ dengan total bobot 91.
3. Dapat dibandingkan antara kedua metode tersebut, bahwa penyelesaian *Traveling Salesman Problem* menggunakan metode Algoritma Fleury menghasilkan nilai *tour* yang lebih baik dari solusi yang dihasilkan dengan program dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

Deo, N. 1989. *Graph Theory with Applications to Engineering and Computer Science*. Prentice Hall Inc, New York.

Lin, K. 2018. Algoritma Fleury untuk Menyelesaikan Permasalahan Traveling Salesman Problem. *Jurnal ilmiah d'Computare* 8(1), 1-8.

Munir, R. 2008. *Diktat Kuliah IF 2251 : Program Dinamis*, Informatika Bandung.

Putri, L. K. 2021. Penentuan rute Terpendek Menggunakan Algoritma Fleury. *Journal on Education* 8(1), 3-16.

Sagala, J.P., Sinaga, F.R., & Simbolon, L.D. 2022. Traveling Salesman Problem untuk Optimasi rute Terpendek Menggunakan Program Dinamis. *Jurnal Pembelajaran dan Matematika Sigma* 8(2), 438-444.

Sukma, P. 2022. Penyelesaian Masalah Traveling Salesman Problem dengan Jaringan Saraf Self Organizing. *Jurnal ilmiah Informatika*. 6(2), 39-55.

Yunus, H., Helmi., & Martha, S. 2015. Metode Program Dinamis pada Penyelesaian Traveling Salesman Problem. *Jurnal ilmiah Matematika Statistika dan Terapannya* 4(3), 329-336.