

**PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA
DAN ALGORITMA FLOYD WARSHALL UNTUK
MENENTUKAN RUTE TERPENDEK ANTAR RUMAH SAKIT
DI BEBERAPA KOTA DI PROVINSI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

ALENIA DAYNUR PUTRIANI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

COMPARISON OF DIJKSTRA ALGORITHM AND FLOYD WARSHALL ALGORITHM TO DETERMINE THE SHORTEST ROUTE BETWEEN HOSPITALS IN SOME CITIES IN LAMPUNG PROVINCE

By

ALENIA DAYNUR PUTRIANI

Determining the shortest route from one node to another node is a problem that we often encounter in everyday life. The routes obtained are intended to minimize costs, travel time or distance. In this study we will compare Dijkstra and Floyd Warshall Algorithm to determine the shortest route between hospitals in some cities in Lampung Province. The efficiency of the two algorithms in solving this problem were assessed based on the program's running time. The results obtained show that both Dijkstra Algorithm and Floyd Warshall Algorithm provided the shortest path in the same distance. However, the running time of Dijkstra Algorithm took less time than Floyd Warshall Algorithm.

Key Words: Shortest Path, Dijkstra Algorithm, Floyd Warshall Algorithm, Running Time.

ABSTRAK

PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA DAN ALGORITMA FLOYD WARSHALL UNTUK MENENTUKAN RUTE TERPENDEK ANTAR RUMAH SAKIT DI BEBERAPA KOTA DI PROVINSI LAMPUNG

Oleh

ALENIA DAYNUR PUTRIANI

Penentuan rute terpendek dari satu titik ke titik yang lain merupakan masalah yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Rute yang diperoleh ditujukan untuk meminimumkan biaya atau waktu tempuh maupun jarak. Pada skripsi ini akan didiskusikan perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall untuk menentukan rute terpendek antar rumah sakit di beberapa kota di Provinsi Lampung. Keefisienan dari kedua algoritma yang digunakan dalam menyelesaikan masalah ini dikaji berdasarkan lamanya waktu *running time* program. Hasil yang diperoleh menunjukkan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall memberikan rute terpendek dengan jarak yang sama. Namun jika dibandingkan dengan hasil *running time* program, Algoritma Dijkstra memiliki waktu lebih singkat dibandingkan Algoritma Floyd Warshall.

Kata Kunci: Rute Terpendek, Algoritma Dijkstra, Algoritma Floyd Warshall,
Running Time.

**PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA
DAN ALGORITMA FLOYD WARSHALL UNTUK
MENENTUKAN RUTE TERPENDEK ANTAR RUMAH SAKIT
DI BEBERAPA KOTA DI PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

ALENIA DAYNUR PUTRIANI

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
2023**

Judul Skripsi : **PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA
DAN ALGORITMA FLOYD WARSHALL
UNTUK MENENTUKAN RUTE
TERPENDEK ANTAR RUMAH SAKIT DI
BEBERAPA KOTA
DI PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Alenia Daynur Putriani**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1957031011**

Jurusan : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. **Komisi Pembimbing**

Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D.
NIP. 19631108 198902 2 001

Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si.
NIP. 19930601 201903 2 021

2. **Ketua Jurusan Matematika**

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP 19740316 200501 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

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

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



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung,


Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110062005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **12 Juni 2023**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Alenia Daynur Putriani**
Nomor Pokok Mahasiswa : **1957031011**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall untuk Menentukan Rute Terpendek Antar Rumah Sakit di Beberapa Kota di Provinsi Lampung**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Apabila kemudian 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, 12 Juni 2023

Penulis,



Alenia Daynur Putriani

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Alenia Daynur Putriani yang dilahirkan di Tabalong pada tanggal 17 Mei 2001. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan suami istri Bapak Toib Saputra dan Ibu Warsini.

Penulis telah menempuh awal pendidikan di TK Tunas Harapan pada tahun 2006-2007, pendidikan Sekolah Dasar di SD Plus Murung Pudak pada tahun 2007-2013, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Plus Murung Pudak pada tahun 2013-2016, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Tanjung pada tahun 2016-2019.

Pada tahun 2019, penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswi S1 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN Barat. Selama menjadi mahasiswi, penulis bergabung menjadi anggota Biro Kesekretariatan HIMATIKA FMIPA Unila pada tahun 2020.

Pada bulan Januari sampai Februari 2022, sebagai bentuk pengabdian mahasiswa dan menjalankan Tri Dharma Perguruan Tinggi, penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Srikaton, Kecamatan Seputih Surabaya, Kabupaten Lampung Tengah dan pada bulan Juni sampai Juli 2022, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Dinas Tenaga Kerja Provinsi Lampung.

KATA INSPIRASI

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah: 5)

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S. Al-Baqarah: 286)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin,

Puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala atas limpahan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam

Dengan penuh syukur, kupersembahkan karya ini kepada:

Keluarga Tercinta

Terima kasih kepada keluargaku untuk semua do'a, kasih sayang, serta nasihat yang diberikan. Terima kasih seluruh keluargaku karena sudah mendukungku dalam segala hal dan selalu memberikan semangat.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terima kasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang sudah sangat berjasa dalam membantu, memberikan masukan, arahan, serta ilmu yang berharga.

Sahabat – Sahabatku

Terima kasih kepada sahabat – sahabatku atas semua do'a, dukungan, semangat, serta canda tawa keceriaan selama masa perkuliahan ini.

Almamater Tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillahirabbilalamin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall untuk Menentukan Rute Terpendek Antar Rumah Sakit di Beberapa Kota di Provinsi Lampung”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph. D. selaku Pembimbing I atas kesediaan waktu dalam memberikan arahan, motivasi, bimbingan, serta saran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si. selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc. selaku Penguji yang telah bersedia memberikan kritik dan saran serta evaluasi yang membangun kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis selama mengikuti perkuliahan.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Seluruh dosen, staf dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Lampung.

8. Bapak, mama, mas, dan keluarga besar yang selalu memotivasi, memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
9. Terimakasih kepada diriku sendiri karena sudah berjuang dan bertahan sejauh ini.
10. Sahabat-sahabat penulis yakni Aulia Ayu, Meli, Shella, Triya, Roro, Listra, Aulia Zahro, Kori, Nada, Fitri, Hana, Feby, Echa, Putri, Deswita, Hijri, dan Lutfi terimakasih untuk semua motivasi, dukungan, semangat, kebersamaan serta kenangan yang indah dalam menjalani perkuliahan dan selama proses penyusunan skripsi ini.
11. Mayvira Rista, Rachmi Nafissa, Intan Verlina serta teman-teman satu bimbingan, Shella, Roro, Hana, Rehsya, dan Silvia yang telah memberikan semangat, motivasi maupun saran kepada penulis.
12. Keluarga KKN Desa Srikaton 2022, Elly, Ismi, Fani, Esya, Chiesa, dan Tegar. Terima kasih untuk kabar dan dukungan kalian yang tiada henti membantu penulis untuk terus semangat mengerjakan skripsi ini.
13. Teman-teman Jurusan Matematika angkatan 2019 yang sudah banyak membantu selama masa perkuliahan.
14. Semua pihak yang membantu dalam proses penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menjadikan skripsi ini lebih baik lagi.

Bandar Lampung, 12 Juni 2023
Penulis,

Alenia Daynur Putriani

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Graf.....	4
2.2 Pencarian Jalur Terpendek	5
2.3 Algoritma Dijkstra	6
2.4 Algoritma Floyd Warshall.....	10
III. METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Metode Penelitian.....	15
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Pengumpulan Data	17
4.2 Pemodelan Graf dari Data.....	20
4.3 Penerapan Algoritma Dijkstra.....	21
4.4 Penerapan Algoritma Floyd Warshall.....	26
4.5 <i>Running Time</i> Algoritma.....	33
V. KESIMPULAN.....	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35

DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Tabel iterasi Algoritma Dijkstra.....	7
4.1 Data Rumah Sakit di beberapa kota di Provinsi Lampung	18
4.2 Jalur lokasi Rumah Sakit di beberapa kota di Provinsi Lampung	19
4.3 Perhitungan Algoritma Dijkstra	22
4.4 Tabel matriks Floyd Warshall iterasi ke-42	29
4.5 <i>Running time</i> Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Graf sederhana	4
2.2 Graf berbobot	4
2.3 Contoh graf dengan Algoritma Dijkstra.....	7
2.4 Ilustrasi langkah pertama	8
2.5 Ilustrasi langkah kedua.....	8
2.6 Ilustrasi langkah ketiga	8
2.7 Ilustrasi langkah keempat.....	9
2.8 Ilustrasi langkah kelima	9
2.9 Ilustrasi langkah keenam.....	9
2.10 Contoh graf dengan Algoritma Floyd Warshall.....	12
3.1 Prosedur/tahap penelitiaan.....	16
4.1 Lokasi Rumah Sakit di beberapa kota di Provinsi Lampung.....	17
4.2 Pemodelan graf lokasi Rumah Sakit di beberapa kota di Provinsi Lampung	20

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Rumah sakit merupakan suatu instansi yang bergerak dalam bidang jasa kesehatan. Keberadaan rumah sakit sangatlah penting karena dapat membantu mengobati orang yang sedang sakit. Rumah sakit menyediakan pelayanan rawat jalan, rawat inap, gawat darurat, pusat alih pengetahuan dan teknologi dan juga berfungsi sebagai pusat rujukan.

Pada saat pandemi *Covid-19*, banyak orang yang melakukan perawatan penyembuhan di rumah sakit dan ada juga yang melakukan perawatan penyembuhan di rumah masing-masing dengan cara isolasi mandiri karena rumah sakit yang ingin dikunjungi penuh. Saat rumah sakit yang dikunjungi untuk melakukan perawatan penuh, maka orang tersebut harus mencari lokasi rumah sakit lain yang sedang kosong dengan rute tercepat.

Salah satu persoalan yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah pencarian rute terpendek (*shortest path*). Persoalan ini bisa dimodelkan ke dalam suatu graf berbobot dengan nilai pada masing-masing sisi yang mewakili persoalan yang akan diselesaikan. Pada penelitian sebelumnya, Marlina dkk. (2017) telah melakukan penelitian mengenai penerapan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall untuk menentukan rute terpendek tempat wisata yang ada di Batang, Jawa Tengah. Dalam penelitian tersebut digunakan graf berbobot sehingga diperoleh kesimpulan yaitu rute tempat wisata di Batang dapat direpresentasikan sebagai graf berbobot dan hasil jarak serta waktu tempuh dari

stasiun menuju semua tempat wisata yang didapatkan dari kedua algoritma yang digunakan adalah sama.

Cantona dkk. (2020) telah melakukan penelitian implementasi Algoritma Dijkstra pada pencarian rute terpendek ke museum di Jakarta dengan hasil rute pada algoritma ini sangat efektif bila dilalui dengan mengendarai mobil dan mengesampingkan kemacetan serta kondisi ganjil genap di Jakarta. Selanjutnya, Rudiyanto dkk. (2020) juga telah melakukan penelitian tentang perbandingan Algoritma Floyd Warshall dan Algoritma Dijkstra untuk menentukan rute rumah sakit terdekat jalur evakuasi kecelakaan lalu lintas berbasis web dan didapat hasil bahwa sistem berhasil dioperasikan dengan hasil Algoritma Dijkstra lebih sedikit menggunakan memori dan waktu proses pencarian rute yang lebih cepat dibandingkan Algoritma Floyd Warshall namun Algoritma Floyd Warshall menghasilkan rute lebih pendek.

Pada penelitian ini penulis tertarik untuk meneliti penentuan rute terpendek antar rumah sakit di beberapa kota di Provinsi Lampung dengan menggunakan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall dengan graf yang digunakan adalah graf berbobot.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk membandingkan masalah rute terpendek antar rumah sakit di beberapa kota di Provinsi Lampung menggunakan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

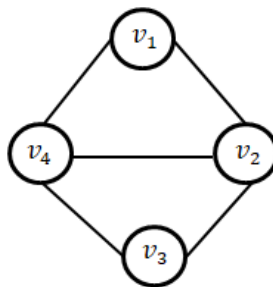
1. Memberikan pemahaman bagi para pembaca mengenai Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall menggunakan graf berbobot.

2. Memberikan manfaat bagi masyarakat di Provinsi Lampung dalam mempertimbangkan pilihan rute optimal menuju rumah sakit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

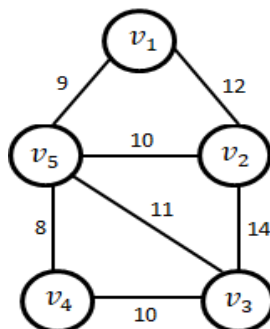
2.1 Graf

Graf G adalah suatu pasangan himpunan (V, E) , ditulis dengan notasi $G = (V, E)$, dengan V adalah himpunan tidak kosong dari titik-titik dan E adalah himpunan sisi yang menghubungkan sepasang titik di G (Munir, 2010). Jadi, suatu titik juga bisa disebut graf. Graf yang hanya terdiri dari satu titik tanpa sisi disebut graf nol (*null graph*).



Gambar 2.1. Graf sederhana

Graf yang setiap sisinya diberi harga (bobot) disebut graf berbobot. Bobot pada setiap sisi dapat berbeda-beda bergantung pada masalah yang dimodelkan dengan graf. Bobot dapat menyatakan jarak antar dua kota, waktu tempuh, biaya perjalanan, dan sebagainya.



Gambar 2.2. Graf berbobot

Menurut Munir (2010) suatu graf dapat direpresentasikan melalui matriks. Representasi graf yang dimaksud yaitu:

1. Matriks Ketetanggaan (*adjacency matrix*)

Matriks ketetanggaan adalah representasi graf paling umum. Misalkan $G = (V, E)$ adalah graf dengan n titik, $n \geq 1$. Bila matriks $A = [a_{ij}]$, maka $[a_{ij}] = 1$, jika titik i dan j bertetangga. Sebaliknya, $[a_{ij}] = 0$ jika titik i dan j tidak bertetangga. Berlaku juga pada graf berbobot, a_{ij} menyatakan bobot tiap sisi yang menghubungkan titik i dan titik j . Tanda " ∞ " menyatakan bahwa tidak ada sisi dari titik i ke titik j atau dari titik i ke titik i itu sendiri, sehingga diberi nilai tak berhingga.

2. Matriks Bersisian (*incidency matrix*)

Misalkan $G = (V, E)$ adalah graf dengan n titik dan m buah sisi. Matriks bersisian G adalah matriks yang berukuran $m \times n$. Baris menunjukkan label titik, sedangkan kolom menunjukkan label sisi. Apabila matriks tersebut dinamakan $A = [m_{ij}]$, maka $[m_{ij}] = 1$ jika titik i bersisian dengan sisi j , sebaliknya $m_{ij} = 0$ jika titik i tidak bersisian dengan sisi j .

2.2 Pencarian Jalur Terpendek

Masalah jalur terpendek adalah salah satu masalah algoritma pencarian paling klasik dalam teori graf yang memiliki tujuan untuk menemukan jalur terpendek antara dua atau lebih titik dalam lintasan (Wang, 2018). Pencarian jalur terpendek (*shortest path problem*) ialah pemecahan masalah untuk menentukan jalur mana yang akan dilalui sehingga ditemukan jalur terpendek dari titik awal hingga tujuan (Sastrakarmanjata dkk., 2021). Graf yang digunakan dalam pencarian jalur terpendek adalah graf berbobot, yaitu graf yang setiap sisinya diberi harga atau bobot.

Menurut Harahap & Khairina (2017), ada beberapa jenis persoalan lintasan terpendek antara lain:

1. Jalur terpendek antara dua titik.
2. Jalur terpendek antara semua pasangan titik.

3. Jalur terpendek dari titik tertentu ke semua titik yang lain.
4. Jalur terpendek antara titik yang melalui beberapa titik tertentu.

Ada beberapa metode untuk pencarian rute terpendek yaitu Algoritma Dijkstra, Algoritma Floyd Warshall, Algoritma Bellman Ford dan sebagainya. Dalam menemukan rute terpendek Algoritma Dijkstra lebih cepat namun tidak dapat menangani sisi graf berbobot negatif (Rofiq & Uzzy, 2014). Pada Algoritma Floyd Warshall yang menggunakan program dinamis dapat digunakan dalam penentuan solusi minimum karena algoritma ini dapat membandingkan semua kemungkinan lintasan pada graf untuk setiap sisi dari semua titik yang dilewati dan memperbolehkan adanya sisi graf dengan bobot negatif (Setiawan dkk., 2017).

2.3 Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra merupakan salah satu algoritma untuk menentukan jalur yang menghubungkan titik pada suatu graf berbobot. Algoritma Dijkstra ditemukan oleh seorang ilmuwan komputer berkebangsaan Belanda bernama Edsger Wybe Dijkstra. Cara kerja algoritma ini menggunakan prinsip *greedy*, yaitu setiap langkah dipilih sisi bobot minimum yang menghubungkan sebuah titik yang sudah terpilih dengan titik lain yang belum terpilih.

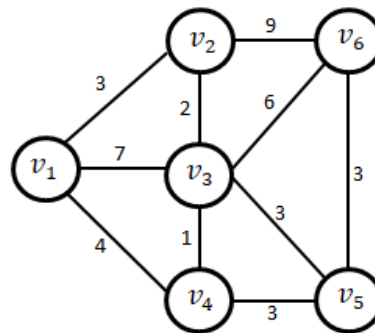
Algoritma Dijkstra bekerja dengan membuat jalur ke satu titik optimal pada setiap langkah, sehingga pada langkah ke- n , setidaknya ada n titik yang sudah diketahui jalur terpendeknya. Algoritma Dijkstra dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut (Cantona dkk., 2020):

1. Tentukan titik yang akan menjadi titik awal, lalu beri bobot jarak pada titik pertama ke titik terdekat satu per satu. Jarak diwakili oleh sisi pada graf. Algoritma Dijkstra akan melakukan pengembangan pencarian dari satu titik ke titik lain dan ke titik selanjutnya secara tahap demi tahap.
2. Beri nilai bobot untuk setiap titik ke titik lainnya, lalu atur nilai 0 pada titik awal dan nilai tak hingga terhadap titik lain (belum terisi).
3. Atur semua titik yang belum dilalui dan atur titik awal sebagai “titik keberangkatan”.

4. Dari titik keberangkatan, pertimbangkan titik tetangga yang belum dilalui dan hitung jaraknya dari titik keberangkatan. Jika jaraknya lebih kecil dari jarak sebelumnya (yang telah terekam sebelumnya) hapus data lama, simpan ulang data jarak dengan jarak yang baru yang lebih pendek.
5. Saat selesai mempertimbangkan setiap jarak terhadap titik tetangga, tandai titik yang telah dilalui sebagai “titik dilewati”. Titik yang dilewati tidak akan dicek kembali, jarak yang disimpan adalah jarak terakhir dan yang paling minimal bobotnya.
6. Atur “titik belum dilewati” dengan jarak terkecil (dari titik keberangkatan) sebagai “titik keberangkatan” selanjutnya dan ulangi langkah 5.

Contoh 2.1

Tentukan jarak terpendek dari v_1 ke titik-titik lainnya dari graf berikut.



Gambar 2.3. Contoh graf dengan Algoritma Dijkstra

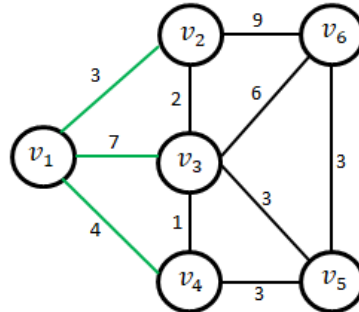
Dari Gambar 2.3 dapat diperoleh tabel iterasi Algoritma Dijkstra sebagai berikut:

Tabel 2.1. Tabel iterasi Algoritma Dijkstra

Iterasi	V	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6
0	{1}	3	7	4	∞	∞
1	{1, 2}	3	5	4	∞	12
2	{1, 2, 4}	3	5	4	7	12
3	{1, 2, 3, 4}	3	5	4	7	11
4	{1, 2, 3, 4, 5}	3	5	4	7	10
5	{1, 2, 3, 4, 5, 6}	3	5	4	7	10

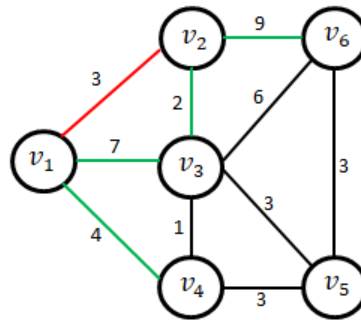
Ilustrasi penyelesaian lintasan terpendek sebagai berikut.

- 1) Titik awal yaitu v_1 , maka kemungkinan titik berikutnya yaitu $v_1v_2 = 3$, $v_1v_3 = 7$, $v_1v_4 = 4$.



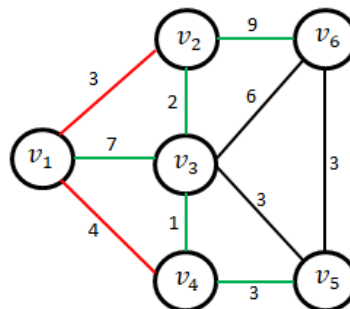
Gambar 2.4. Ilustrasi langkah pertama

- 2) Dipilih v_1v_2 karena bobotnya minimum yaitu 3. Kemungkinan titik berikutnya yaitu $v_1v_3 = 7$, $v_1v_4 = 4$, $v_2v_6 = 12$, $v_2v_3 = 5$.



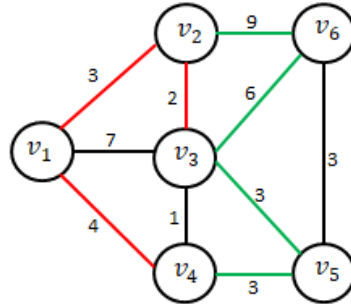
Gambar 2.5. Ilustrasi langkah kedua

- 3) Dipilih v_1v_4 karena bobotnya minimum yaitu 4. Kemungkinan titik berikutnya yaitu $v_1v_3 = 7$, $v_2v_6 = 12$, $v_2v_3 = 5$, $v_4v_3 = 5$, $v_4v_5 = 7$.



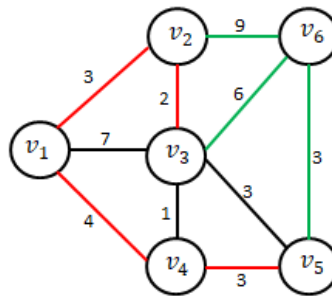
Gambar 2.6. Ilustrasi langkah ketiga

- 4) Dipilih v_2v_3 atau v_4v_3 karena bobotnya minimum yaitu 5. Pilih salah satu, misal dipilih v_2v_3 . Kemungkinan titik berikutnya yaitu $v_2v_6 = 12$, $v_3v_6 = 11$, $v_3v_5 = 8$, $v_4v_5 = 7$.



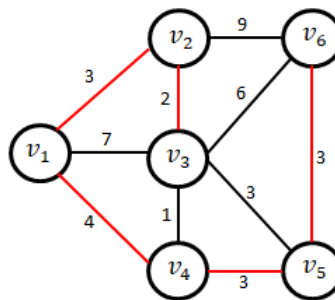
Gambar 2.7. Ilustrasi langkah keempat

- 5) Dipilih v_4v_5 karena bobotnya minimum yaitu 7. Kemungkinan titik berikutnya yaitu $v_2v_6 = 12$, $v_3v_6 = 11$, $v_5v_6 = 10$.





Gambar 2.8. Ilustrasi langkah kelima

- 6) Dipilih v_5v_6 karena bobotnya minimum yaitu 10.



Gambar 2.9. Ilustrasi langkah keenam

Keterangan:

-  : sisi yang menyatakan kemungkinan jarak yang akan dipilih
 : sisi yang dipilih

Dari langkah-langkah beserta gambar graf yang disajikan sebelumnya, dapat dinyatakan bahwa:

1. Jarak terpendek v_1 ke v_2 yaitu 3.
2. Jarak terpendek v_1 ke v_3 yaitu 5 dengan rute $v_1 - v_2 - v_3$.
3. Jarak terpendek v_1 ke v_4 yaitu 4.
4. Jarak terpendek v_1 ke v_5 yaitu 7 dengan rute $v_1 - v_4 - v_5$.
5. Jarak terpendek v_1 ke v_6 yaitu 10 dengan rute $v_1 - v_4 - v_5 - v_6$.

2.4 Algoritma Floyd Warshall

Algoritma Floyd Warshall merupakan salah satu varian dari pemrograman dinamis, yaitu suatu metode yang melakukan pemecahan masalah dengan memandang solusi yang akan diperoleh sebagai suatu keputusan yang saling terkait. Artinya, solusi-solusi tersebut dibentuk dari solusi yang berasal dari tahap sebelumnya dan ada kemungkinan solusi lebih dari satu.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menentukan lintasan terpendek menggunakan Algoritma Floyd Warshall adalah sebagai berikut (Darnita dkk., 2017):

1. Merepresentasikan suatu graf sebagai suatu matriks berbobot. Bobot untuk setiap sisi adalah

$$d_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{jika } i = j \\ d(i, j), & \text{jika } i \neq j \text{ dan } (i, j) \in E \\ \infty & \text{jika } i \neq j \text{ dan } (i, j) \notin E \end{cases}$$

Format *output* berupa matriks $n \times n$ berjarak $D = [d_{ij}]$ yaitu d_{ij} merupakan jarak dari titik i ke j .

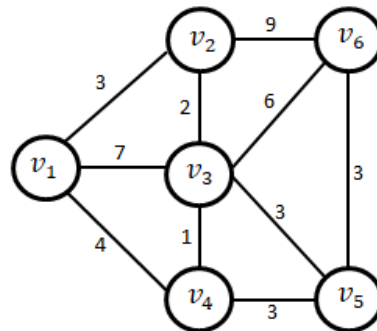
2. Melakukan dekomposisi Algoritma Floyd Warshall sebagai berikut:
 - a. $d_{ij}^{(k)}$ merupakan panjang dari lintasan terpendek dari i ke j , sehingga semua titik yang melewati beberapa titik tertentu terdapat pada lintasan (jika ada) terkumpul pada $\{1, 2, \dots, k\}$.
 - b. $d_{ij}^{(0)}$ dikumpulkan pada d_{ij} yaitu tidak ada titik yang melewati beberapa titik tertentu.

- c. $d^{(k)}$ menjadi matriks $n \times n$ [$d_{ij}^{(k)}$].
 - d. Tentukan $d_{ij}^{(n)}$ sebagai jarak dari i ke j kemudian hitung $d^{(n)}$.
 - e. Hitung $d^{(k)}$ untuk $k = 0, 1, \dots, n$.
3. Menentukan struktur lintasan terpendek, yaitu dengan melakukan dua pengamatan terlebih dahulu sebelum melangkah lebih jauh, yaitu:
 - a. Sebuah lintasan terpendek tidak berisi titik yang sama sebanyak dua kali
 - b. Untuk sebuah lintasan terpendek dari i ke j dengan titik yang melewati beberapa titik tertentu lebih dari satu pada lintasan dipilih dari kumpulan $\{1, 2, \dots, k\}$ dengan dua kemungkinan, yaitu:
 - 1) k bukan merupakan titik pada lintasan (lintasan terpendek memiliki panjang $d_{ik}^{(k-1)}$).
 - 2) k merupakan titik pada lintasan (lintasan terpendek memiliki panjang $d_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)}$).
 4. Setelah melakukan pengamatan di atas, kemudian dilakukan penentuan lintasan terpendek dari i ke j yang memuat titik k :
 - a. Lintasan pendek tersebut memuat sebuah lintasan bagian dari i ke k dan sebuah lintasan bagian dari k ke j .
 - b. Setiap lintasan bagian hanya bisa memuat titik yang melewati beberapa titik tertentu pada $\{1, \dots, k-1\}$ dan memiliki nilai terkecil, kemudian disebut sebagai $d_{ik}^{(k-1)}$ dan $d_{kj}^{(k-1)}$ sehingga lintasan memiliki panjang $d_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)}$.
 5. Melakukan iterasi yang dimulai dari iterasi ke- 0 sampai dengan n . Perhitungan yang dilakukan yaitu:
 - a. Menentukan $D(0)$ atau iterasi ke- 0 = [d_{ij}] merupakan matriks berbobot.
 - b. Menentukan $D(k)$ dengan menggunakan rumus $d_{ij}^{(k)} = \min\{d_{ij}^{(k-1)}, d_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)}\}$, untuk $k = 1, \dots, n$ dengan n adalah jumlah titik.

Hasil akhir dari Algoritma Floyd Warshall adalah matriks untuk iterasi ke- n dan dapat dilihat lintasan terpendek untuk setiap titik pada suatu graf.

Contoh 2.2

Tentukan jarak terpendek antar titik dari graf berikut.



Gambar 2.10. Contoh graf dengan Algoritma Floyd Washhall

Dari Gambar 2.11 dapat dibentuk sebuah matriks $n \times n$ yang berisi nilai sisi untuk setiap pasangan titik sebagai berikut:

$$D(0) = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 7 & 4 & \infty & \infty \\ 3 & 0 & 2 & \infty & \infty & 9 \\ 7 & 2 & 0 & 1 & 3 & 6 \\ 4 & \infty & 1 & 0 & 3 & \infty \\ \infty & \infty & 3 & 3 & 0 & 3 \\ \infty & 9 & 6 & \infty & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

Untuk iterasi ke-1, $k = 1$ pada baris ke-1

$$d_{11} = \min(0, 0 + 0) = 0$$

$$d_{12} = \min(3, 0 + 3) = 3$$

$$d_{13} = \min(7, 0 + 7) = 7$$

$$d_{14} = \min(4, 0 + 4) = 4$$

$$d_{15} = \min(\infty, 0 + \infty) = \infty$$

$$d_{16} = \min(\infty, 0 + \infty) = \infty$$

Dengan cara yang sama pada $k = 1$ hingga baris ke-6, maka dapat diuraikan matriks untuk iterasi ke-1 adalah sebagai berikut:

$$D(1) = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 7 & 4 & \infty & \infty \\ 3 & 0 & 2 & 7 & \infty & 9 \\ 7 & 2 & 0 & 1 & 3 & 6 \\ 4 & 7 & 1 & 0 & 3 & \infty \\ \infty & \infty & 3 & 3 & 0 & 3 \\ \infty & 9 & 6 & \infty & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks untuk iterasi ke-2 dengan $k = 2$ adalah

$$D(2) = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 5 & 4 & \infty & 12 \\ 3 & 0 & 2 & 7 & \infty & 9 \\ 5 & 2 & 0 & 1 & 3 & 6 \\ 4 & 7 & 1 & 0 & 3 & 16 \\ \infty & \infty & 3 & 3 & 0 & 3 \\ 12 & 9 & 6 & 16 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks untuk iterasi ke-3 dengan $k = 3$ adalah

$$D(3) = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 5 & 4 & 8 & 11 \\ 3 & 0 & 2 & 3 & 5 & 8 \\ 5 & 2 & 0 & 1 & 3 & 6 \\ 4 & 3 & 1 & 0 & 3 & 7 \\ 8 & 5 & 3 & 3 & 0 & 3 \\ 11 & 8 & 6 & 7 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks untuk iterasi ke-4 dengan $k = 4$ adalah

$$D(4) = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 5 & 4 & 7 & 11 \\ 3 & 0 & 2 & 3 & 5 & 8 \\ 5 & 2 & 0 & 1 & 3 & 6 \\ 4 & 3 & 1 & 0 & 3 & 7 \\ 7 & 5 & 3 & 3 & 0 & 3 \\ 11 & 8 & 6 & 7 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks untuk iterasi ke-5 dengan $k = 5$ adalah

$$D(5) = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 5 & 4 & 7 & 10 \\ 3 & 0 & 2 & 3 & 5 & 8 \\ 5 & 2 & 0 & 1 & 3 & 6 \\ 4 & 3 & 1 & 0 & 3 & 6 \\ 7 & 5 & 3 & 3 & 0 & 3 \\ 10 & 8 & 6 & 6 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks untuk iterasi ke-6 dengan $k = 6$ adalah

$$D(6) = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 5 & 4 & 7 & 10 \\ 3 & 0 & 2 & 3 & 5 & 8 \\ 5 & 2 & 0 & 1 & 3 & 6 \\ 4 & 3 & 1 & 0 & 3 & 6 \\ 7 & 5 & 3 & 3 & 0 & 3 \\ 10 & 8 & 6 & 6 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

Dari hasil iterasi ke-6 atau $D(6)$ dengan graf awal pada Gambar 11 dapat diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Jarak terpendek dari v_1 ke v_2 dan sebaliknya adalah 3.
2. Jarak terpendek dari v_1 ke v_3 dan sebaliknya melalui v_2 adalah 5.
3. Jarak terpendek dari v_1 ke v_4 dan sebaliknya adalah 4.
4. Jarak terpendek dari v_1 ke v_5 dan sebaliknya melalui v_4 adalah 7.
5. Jarak terpendek dari v_1 ke v_6 dan sebaliknya melalui v_4, v_5 adalah 10.
6. Jarak terpendek dari v_2 ke v_3 dan sebaliknya adalah 2.
7. Jarak terpendek dari v_2 ke v_4 dan sebaliknya melalui v_3 adalah 3.
8. Jarak terpendek dari v_2 ke v_5 dan sebaliknya melalui v_3 adalah 5.
9. Jarak terpendek dari v_2 ke v_6 dan sebaliknya melalui v_3 adalah 8.
10. Jarak terpendek dari v_3 ke v_4 dan sebaliknya adalah 1.
11. Jarak terpendek dari v_3 ke v_5 dan sebaliknya adalah 3.
12. Jarak terpendek dari v_3 ke v_6 dan sebaliknya adalah 6.
13. Jarak terpendek dari v_4 ke v_5 dan sebaliknya adalah 3.
14. Jarak terpendek dari v_4 ke v_6 dan sebaliknya melalui v_5 adalah 6.
15. Jarak terpendek dari v_5 ke v_6 dan sebaliknya adalah 3.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

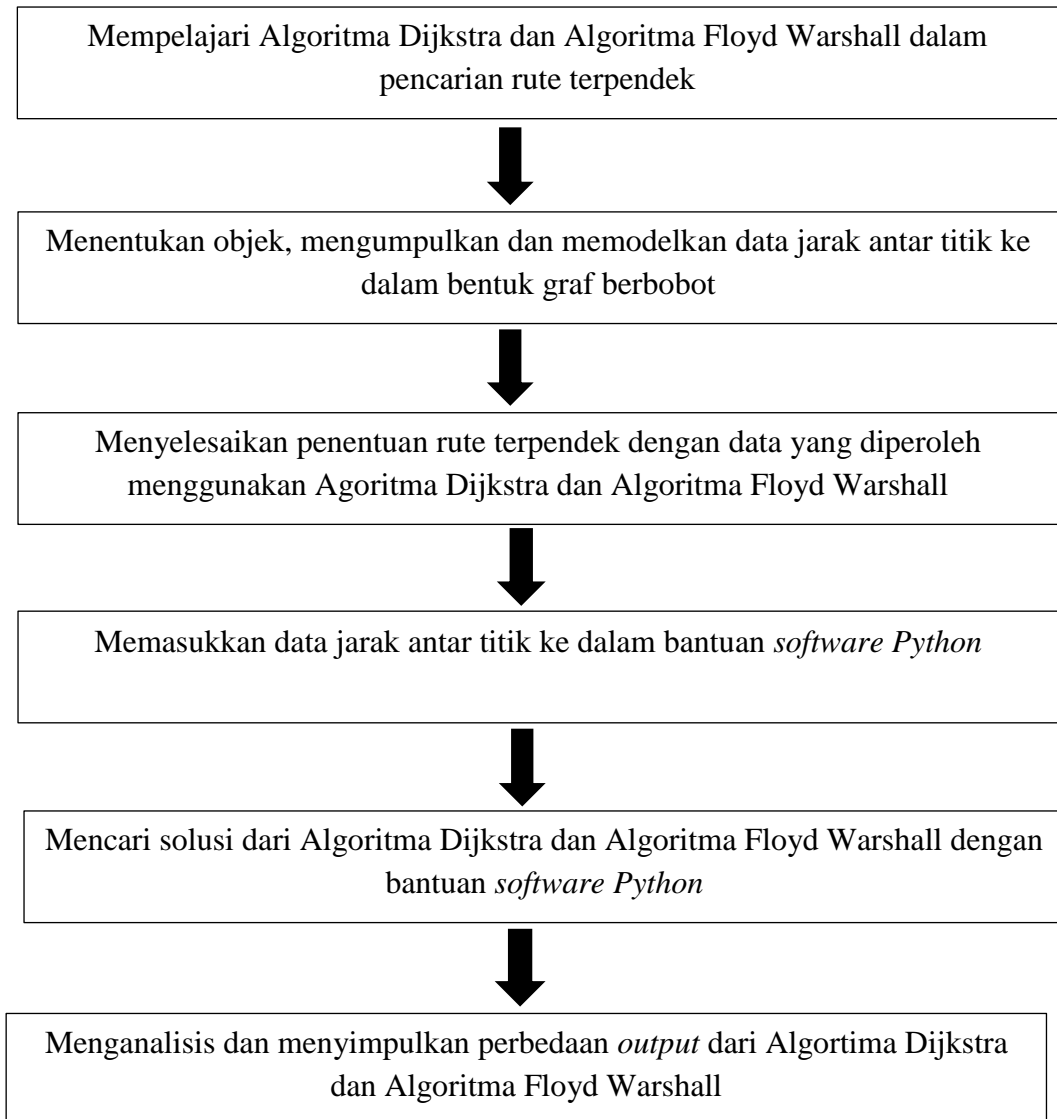
Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun akademik 2022/2023 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi kasus sehingga langkah-langkah yang ditempuh dalam penelitian ini yaitu mencari, mengumpulkan, mempelajari dan menganalisis data yang diperoleh. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam pemecahan masalah adalah sebagai berikut:

1. Mencari bahan dan materi Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall dalam penentuan rute terpendek.
2. Mengumpulkan dan memodelkan data ke dalam bentuk graf berbobot.
3. Menemukan penyelesaian penentuan rute terpendek menggunakan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall.
4. Menentukan rute terpendek yang direkomendasikan.
5. Penarikan kesimpulan didasarkan pada studi kasus dan pemecahan masalah.
6. Simpulan yang diperoleh merupakan hasil analisis dari penelitian.

Berikut adalah tahapan-tahapan dalam penelitian ini:



Gambar 3.1. Prosedur/tahap penelitian

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan bab hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penentuan rute terpendek antar rumah sakit di beberapa kota di Provinsi Lampung menggunakan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd Warshall menghasilkan rute dan bobot yang sama. Namun, penggunaan Algoritma Dijkstra lebih cepat karena tidak membutuhkan mekanisme yang terlalu banyak dibandingkan dengan Algoritma Floyd Warshall. Diperoleh juga *running time* program dari kedua algoritma yang digunakan menggunakan bantuan *software Python*, yaitu rata-rata sebesar 0,0674 detik untuk Algoritma Dijkstra dan rata-rata sebesar 0,0775 detik untuk Algoritma Floyd Warshall. Oleh karena itu, setelah dibandingkan dari sisi *running time* dari kedua algoritma, maka Algoritma Dijkstra lebih efisien dari Algoritma Floyd Warshall. Akan tetapi, Algoritma Floyd Warshall memberikan informasi yang lebih karena menampilkan hasil akhir berupa jarak antar semua rumah sakit.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya adalah memperluas cakupan penelitian tidak hanya di beberapa kota di Provinsi Lampung, tetapi untuk seluruh kota yang ada di Provinsi Lampung serta dapat ditindaklanjuti dengan menggunakan algoritma dan program yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Cantona, A., Fauziah, & Winarsih. (2020). Impelemantasi Algoritma Dijkstra pada Pencarian Rute Terpendek ke Museum di Jakarta. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika*, 6(1), 27–34.
- Darnita, Y., Toyib, R., & Rinaldi. (2017). Implementasi Algoritma Floyd Warshall untuk Menentukan Letak dan Lokasi Perusahaan Travel/Rental Mobil di Kota Bengkulu. *Jurnal Pseudocode*, IV(2), 144–155.
- Harahap, M. K., & Khairina, N. (2017). Pencarian Jalur Terpendek dengan Algoritma Dijkstra. *Jurnal & Penelitian Teknik Informatika*, 2(2), 18–23.
- Marlina, L., Suyitno, A., & Mashuri. (2017). Penerapan Algoritma Dijkstra dan Floyd Warshall untuk Menentukan Rute Terpendek Tempat Wisata di Batang. *UNNES Journal of Mathematics*, 6(1), 36–47.
- Munir, R. (2010). *Matematika Diskrit* (3rd ed.). Bandung: Informatika Bandung.
- Rofiq, M., & Uzzy, R. F. (2014). Penentuan Jalur Terpendek menuju Cafe di Kota Malang menggunakan Metode Bellman Ford dengan Location Based Service Berbasis Android. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi ASIA*, 8(2), 49–64.
- Rudiyanto, A. D., Wahyuddin, M. I., & Andrianingsih. (2020). Perbandingan Algoritma Floyd Warshall dan Dijkstra untuk Menentukan Rute Rumah Sakit Terdekat Jalur Evakuasi Kecelakaan Lalu Lintas Berbasis Web. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 3(2), 336–345.
- Sastrakarmanjata, I. B. R., Kusuma, P. D., & Setianingsih, C. (2021). Pemilihan Rute Terpendek Pasien Covid-19 di Jakarta Menggunakan Algoritma A*. *E-Proceeding of Engineering*, 8(5), 6394–6401.
- Setiawan, V., Kiftiah, M., & Partiw, W. B. (2017). Analisis Algoritma Floyd Warshall untuk Menentukan Lintasan Terpendek Pengangkutan Sampah (Studi Kasus: Pengangkutan Sampah di Kabupaten Kubu Raya). *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, 6(3), 221–230.
- Wang, X. Z. (2018). The Comparison of Three Algorithms in Shortest Path Issue. *Journal of Physics Conference Series*, 1087(2), 164–170.