

**PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA DAN ALGORITMA A* (A-STAR)
DALAM PENENTUAN LINTASAN TERPENDEK DARI DINAS
PENDIDIKAN PROVINSI LAMPUNG KE BEBERAPA
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA) NEGERI
DI PROVINSI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

SILVIA RIZKI AULIA

(1917031022)



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

ABSTRACT

THE COMPARISON OF DIJKSTRA ALGORITHM AND A* (A-STAR) ALGORITHM IN DETERMINING THE SHORTEST PATH FROM THE LAMPUNGPROVINCE EDUCATION OFFICE TO SEVERAL HIGH SCHOOL STATE IN LAMPUNG PROVINCE

By

Silvia Rizki Aulia

In this study, the shortest path will be determined from the Lampung Provincial Education Office to several State Senior High Schools in Lampung Province using the Dijkstra Algorithm and the A* (A-Star) Algorithm. This problem will be represented using a weighted graph with vertices representing the locations of the Education Office of Lampung Province and Public High Schools and distances represented by weighted edges. In addition, this problem is also solved using Software Python. The results obtained show that both algorithms produce optimal results with the same weight and path, but from the program execution process (running time), the A* (A-Star) algorithm is faster than Dijkstra's Algorithm because the A* (A-Star) Algorithm see immediately the shortest path from the starting point to the end point while Dijkstra's Algorithm runs the shortest path from the surrounding points first.

Keyword : Shortest Path, Graph, Dijkstra Algorithm, A* (A-Star) Algorithm, Python.

ABSTRAK

PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA DAN ALGORITMA A* (A-STAR) DALAM PENENTUAN LINTASAN TERPENDEK DARI DINAS PENDIDIKAN PROVINSI LAMPUNG KE BEBERAPA SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA) NEGERI DI PROVINSI LAMPUNG

Oleh

Silvia Rizki Aulia

Pada penelitian ini akan ditentukan lintasan terpendek dari Dinas Pendidikan Provinsi Lampung ke beberapa Sekolah Menengah Atas Negeri di Provinsi Lampung menggunakan Algoritma Dijkstra dan Algoritma A* (*A-Star*). Masalah ini akan direpresentasikan menggunakan graf berbobot dengan titik merepresentasikan lokasi dari Dinas Pendidikan Provinsi Lampung dan Sekolah Menengah Atas Negeri dan jarak diwakilkan dengan garis berbobot. Selain itu, masalah ini juga diselesaikan menggunakan Software Python. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa kedua algoritma menghasilkan hasil dengan jarak dan lintasan yang sama, akan tetapi dari proses eksekusi program (*running time*), Algoritma A* (*A-Star*) lebih cepat dari Algoritma Dijkstra karena Algoritma A* (*A-Star*) melihat langsung lintasan terpendek dari titik awal ke titik akhir sedangkan Algoritma Dijkstra menjalankan lintasan terpendek dari titik-titik di sekitarnya terlebih dahulu.

Kata Kunci : Lintasan Terpendek, Graf, Algoritma Dijkstra, Algoritma A*, *Python*.

**PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA DAN ALGORITMA A* (A-STAR)
DALAM PENENTUAN LINTASAN TERPENDEK DARI DINAS
PENDIDIKAN PROVINSI LAMPUNG KE BEBERAPA
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA) NEGERI
DI PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

SILVIA RIZKI AULIA

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 A* (A-STAR) DALAM PENENTUAN LINTASAN TERPENDEK DARI DINAS PENDIDIKAN PROVINSI LAMPUNG KE BEBERAPA SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA) NEGERI DI PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Silvia Rizki Aulia**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031022**

Jurusan : **Matematika**

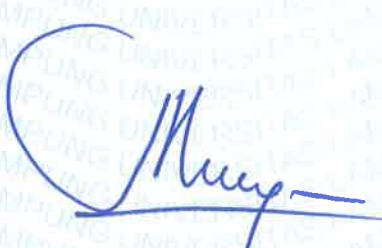
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**




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


Prof. Dr. Asmiati, S.Si., M.Si.
NIP. 19760411 200012 2 001

2. Ketua Jurusan Matematika


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

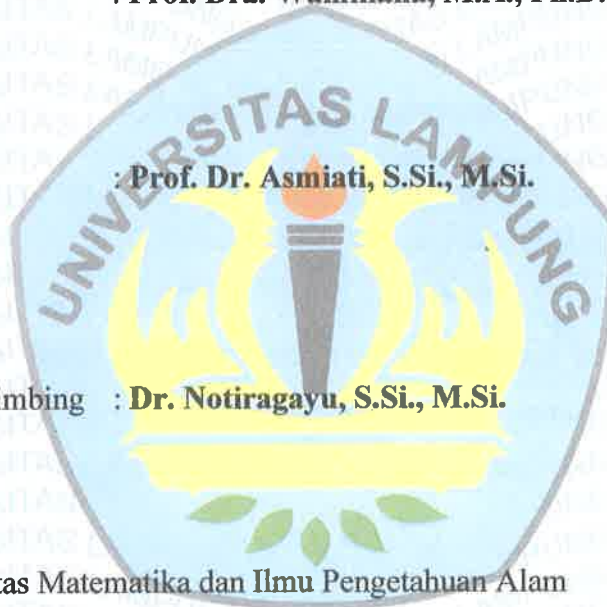
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : Prof. Dr. Asmiati, S.Si., M.Si.

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si.**



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



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Juli 2023

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : **Silvia Rizki Aulia**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031022**

Jurusan : **Matematika**

Judul Skripsi : **Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma A* (A-Star) dalam Penentuan Lintasan Terpendek dari Dinas Pendidikan Provinsi Lampung ke Beberapa Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri di Provinsi Lampung**

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Apabila di 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, 21 Juli 2023

Yang Menyatakan,



Silvia Rizki Aulia

NPM. 1917031022

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Silvia Rizki Aulia lahir di Pringsewu 25 Agustus 2002. Penulis merupakan putri dari Bapak Joni Supriyanto dan Ibu Siti Marwiyah. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara.

Penulis menempuh pendidikan di TK Aisyiyah Bustanul Athfal pada tahun 2007 sampai 2008. Pendidikan sekolah dasar di SD Muhammadiyah Waringinsari pada tahun 2008 sampai 2014. Pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Sukoharjo pada tahun 2014 sampai 2017. Pendidikan menengah atas di SMA Negeri 2 Pringsewu pada tahun 2017 sampai 2019.

Pada tahun 2019 penulis terdaftar sebagai Mahasiswi Program Studi S1 Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswi penulis aktif di beberapa organisasi yaitu sebagai Anggota Biro Dana dan Usaha Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) tahun 2020, Sekretaris Bidang Eksternal Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) tahun 2021. Selama menjadi mahasiswi penulis juga aktif dalam kegiatan kepanitiaan Dies Natalis Jurusan Matematika (DINAMIKA) yaitu sebagai Anggota Divisi Kestari DINAMIKA XXI, Anggota Divisi Acara DINAMIKA XXII, serta *Steering Comite* Divisi K3 DINAMIKA XXIII.

Pada awal tahun 2022, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di Dinas Kehutanan Provinsi Lampung. Pada pertengahan tahun 2022, sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Sumberrejo, Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus.

KATA INSPIRASI

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui”.

(QS. Al-Baqarah : 216)

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan”.

(QS. Al-Insyirah : 5)

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga”.

(HR Muslim)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya untuk menyelesaikan skripsi ini, kupersembahkan karya kecil dan sederhana ini kepada :

Orang Tua Tercinta

Yang selalu bekerja dengan keras agar penulis dapat menempuh pendidikan dan mendapat gelar sarjana, yang tidak pernah lelah untuk selalu mendoakan, memberikan dukungan, nasehat dan kasih sayang yang tidak mungkin terbalas oleh apapun.

Adik-adik Tersayang

Yang telah memberikan semangat, motivasi, doa dan dukungan.

Dosen Pembimbing dan Penguji

Yang senantiasa meluangkan waktu untuk mengarahkan dan memotivasi penulis.

Sahabat-sahabatku

Yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, canda dan tawa yang telah menemani penulis dalam setiap langkahnya.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma A* (*A-Star*) dalam Penentuan Lintasan Terpendek dari Dinas Pendidikan Provinsi Lampung ke Beberapa Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri di Provinsi Lampung”.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, dukungan, motivasi, serta saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D. selaku Pembimbing I yang selalu bersedia memberikan waktu, arahan, bimbingan, saran serta dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Asmiati S.Si., M.Si. selaku Pembimbing II Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah bersedia memberikan waktu, arahan, bimbingan, dan dukungan kepada penulis.
3. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si. selaku Penguji yang telah bersedia memberikan kritik dan saran serta evaluasi kepada penulis.
4. Ibu Dian Kurniasari, S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing Akademik yang selalu bersedia memberikan bimbingan, saran serta dukungan kepada penulis pada hal yang berkaitan dengan akademik.

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, staff dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Bapak, Mamak, Ibu, Babeh, Mbah Uti, Mbah Kakung, dan Adik-adik tercinta terima kasih atas cinta, kasih sayang, doa serta dukungan yang tiada hentinya kepada penulis.
9. Teman-teman seperjuangan yaitu Shella, Ale, Rehsya, Roro, dan Hana yang selalu berbagi suka duka, saling membantu dan saling memotivasi.
10. Anisa, Irma, Dea, Lulu, Rara sahabat tercinta yang telah menemani hari-hari penulis suka maupun duka dari awal masuk perkuliahan.
11. Yuyun, Ati, dan Shinta sahabat sejak SMA yang telah membuat hari-hari di perkuliahan menjadi lebih berwarna.
12. Teman-teman Jurusan Matematika Angkatan 2019.
13. Pemilik NPM 1957041007 yang telah memberikan penulis inspirasi, semangat, dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini dan selalu ada di saat-saat sulit.
14. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 21 Juli 2023

Penulis

Silvia Rizki Aulia

DAFTAR ISI

	Halaman
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Graf dan Lintasan Terpendek (<i>Shortest Path</i>)	4
2.2 <i>Euclidean</i>	5
2.3 Pemrograman <i>Python</i>	6
2.4 Algoritma Djikstra	6
2.5 Algoritma A* (<i>A-Star</i>)	9
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Metode Pengumpulan Data	13
3.3 Metode Penelitian	13
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Deskripsi Data.....	15
4.2 Penerapan Algoritma Djikstra.....	21
4.2.1 Perhitungan Manual Algoritma Djikstra.....	21
4.2.2 Perhitungan Algoritma Djikstra menggunakan <i>Python</i>	29
4.3 Penerapan Algoritma A* (<i>A-Star</i>).....	33
4.3.1 Perhitungan Manual Algoritma A* (<i>A-Star</i>).....	33
4.3.2 Perhitungan Algoritma A* (<i>A-Star</i>) Menggunakan <i>Python</i>	34
4.4 Perbandingan Algoritma Djikstra dan Algoritma A* (<i>A-Star</i>)	38
4.4.1 Perbandingan Solusi Algoritma Djikstra dan Algoritma A* (<i>A-</i>	

<i>Star</i>) secara Manual.....	38
4.4.2 Perbandingan <i>Run Time</i> Algoritma Dijkstra dan Algoritma A* (<i>A-Star</i>) menggunakan <i>Phyton</i>	39
V. KESIMPULAN.....	42
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perhitungan Contoh Penggunaan Algoritma Dijkstra.....	8
Tabel 2.2 Titik Koordinat Contoh Penggunaan Algoritma A* (<i>A-Star</i>).....	10
Tabel 2.3 Nilai $h(n)$ Contoh Penggunaan Algoritma A* (<i>A-Star</i>).....	11
Tabel 4.1 Daftar SMAN Terpilih	16
Tabel 4.2 Jarak Dinas Pendidikan Provinsi Lampung ke SMAN Terpilih	17
Tabel 4.3 Perhitungan $h(n)$ Tujuan AB	20
Tabel 4.4 Perhitungan Algoritma Dijkstra A-AT	22
Tabel 4.5 Hasil Manual Algoritma A* (<i>A-Star</i>).....	33
Tabel 4.6 Rata-rata <i>Run Time</i> Algoritma Dijkstra	39
Tabel 4.7 Rata-rata <i>Run Time</i> Algoritma A* (<i>A-Star</i>).....	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Graf Berbobot.....	5
Gambar 2.2 Contoh Graf untuk Penggunaan Algoritma Dijkstra.....	8
Gambar 2.3 Hasil Lintasan Terpendek Algoritma Dijkstra	8
Gambar 2.4 Contoh Graf untuk Penggunaan Algoritma A*(A-Star).....	10
Gambar 2.5 Hasil Lintasan Terpendek Algoritma A*	12
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	14
Gambar 4.1 Titik Lokasi pada <i>Google Earth</i>	15
Gambar 4.2 Pemodelan Graf Beberapa SMAN di Lampung.....	20

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Saat ini, pencarian suatu tempat yang ingin dituju terbilang cukup mudah dengan adanya teknologi yang sudah berkembang. Lokasi, jarak, dan waktu tempuh yang ditunjukkan di *Google Maps* akan tertera sesuai dengan apa yang diinginkan untuk dicari. Namun dalam mencari suatu tempat yang diinginkan pastinya ingin melewati lintasan terpendek demi menghemat segala perhitungan dari segi waktu maupun jarak.

Algoritma Dijkstra dan A* (*A-Star*) sudah digunakan pada penelitian sebelumnya untuk mencari lintasan terpendek, misalnya pada penelitian Cantona dkk., (2020) yang mengimplementasikan Algoritma Dijkstra pada pencarian lintasan terpendek museum di Jakarta dan mendapatkan hasil bahwa lintasan yang dihasilkan pada algoritma ini sangat efektif bila dilalui dengan mengendarakan mobil dengan mengesampingkan kemacetan dan kondisi ganjil genap di Jakarta. Selanjutnya, pada penelitian Mayadi & Azhar, (2019) yaitu membandingkan perhitungan manual dengan Algoritma *A-Star* dalam pencarian lintasan terpendek untuk pengiriman dodol khas Lombok mendapatkan hasil algoritma A* menghasilkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan cara manual sehingga sangat bagus diterapkan dalam pencarian lintasan pengiriman pesanan dodol khas Lombok. Pada penelitian Marcelina & Yulianti, (2020) mendapatkan kesimpulan Algoritma *Euclidean Distance* dan A* (*Star*) dapat digunakan untuk melakukan pencarian lintasan terpendek lokasi kuliner yang ada di Kota Palembang.

Menurut Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung pada tahun 2021 terdiri dari 15 Kabupaten/Kota dan 229 Kecamatan. Pada 15 Kabupaten/Kota dan 229 Kecamatan tersebut tersebar fasilitas pendidikan di Provinsi Lampung. Berdasarkan Data Pokok Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi terdapat 239 Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri yang tersebar di 15 Kabupaten/Kota di Provinsi Lampung. Pada penelitian ini akan ditentukan lintasan terpendek dari Dinas Pendidikan Provinsi Lampung ke beberapa Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri di Kabupaten/Kota di Provinsi Lampung. Mewakili Kabupaten/Kota diambil 2 (dua) Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri yang akan ditentukan lintasan terpendeknya.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mencari solusi lintasan terpendek dari Dinas Pendidikan Provinsi Lampung ke Beberapa Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri di Provinsi Lampung menggunakan Algoritma Dijkstra dan Algoritma A* (*A-Star*).
2. Membandingkan solusi dan *run time* dari Algoritma Dijkstra dan Algoritma A* (*A-Star*).

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui solusi lintasan terpendek dari Dinas Pendidikan Provinsi Lampung ke beberapa Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri di Provinsi Lampung dan perbandingan dari Algoritma Dijkstra dan Algoritma A* (*A-Star*).

2. Dapat menjadi kajian ilmu pengetahuan untuk penelitian selanjutnya mengenai lintasan terpendek menggunakan Algoritma Dijkstra dan Algoritma A* (A-Star).

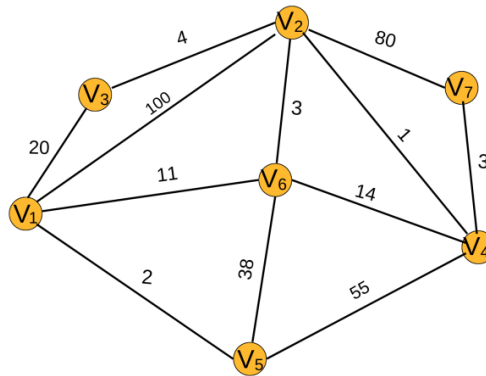
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Graf dan Lintasan Terpendek (*Shortest Path*)

Suatu graf $G(V, E)$ didefinisikan sebagai pasangan terurut (V, E) dengan V adalah himpunan berhingga yang tak kosong dan memuat elemen-elemen yang disebut *vertex* atau titik, dan E adalah himpunan elemen-elemen (mungkin kosong) yang berbentuk garis atau disebut *edge* yang menghubungkan titik di G (Deo, 1989).

Graf berlabel adalah graf yang setiap titik atau garisnya diberi nilai atau label. Label yang diberikan pada titik disebut sebagai pelabelan titik, label yang diberikan pada tiap garis disebut pelabelan garis, dan jika label diberikan pada tiap garis dan titik disebut sebagai pelabelan total. *Loop* adalah garis yang titik awal dan akhirnya sama. Garis paralel adalah dua garis atau lebih yang titik-titik ujungnya sama. Graf sederhana adalah suatu graf tanpa *loop* atau garis paralel. Suatu garis dikatakan menempel (*incident*) dengan titik u jika titik u merupakan salah satu ujung dari garis tersebut. Dua titik u dan v dikatakan bertetangga (*adjacent*) satu sama lain jika kedua titik tersebut dihubungkan oleh garis yang sama dan dinotasikan dengan (u, v) .

Bobot pada tiap garis dapat berbeda-beda bergantung pada masalah yang dimodelkan dengan graf. Bobot dapat menyatakan jarak antara dua buah kota, biaya perjalanan antara dua buah kota, waktu tempuh pesan (*message*) dari sebuah titik komunikasi ke titik komunikasi lain (dalam jaringan komputer), ongkos produksi, dan sebagainya (Fitria & Triansyah, 2013).



Gambar 2.1 Graf Berbobot

Jalan (*walk*) adalah barisan berhingga yang berselang-seling dari titik dan garis, sedemikian sehingga setiap garis menempel dengan titik sebelum dan sesudahnya. Pada jalan untuk titik dan garis diperbolehkan pengulangan.. Lintasan (*path*) adalah Suatu jalan dimana tidak ada titik yang dilewati lebih dari satu kali dan jika titik awal dan akhir sama maka lintasan tersebut disebut lintasan tertutup. (Deo, 1989). Persoalan lintasan terpendek (*Shortest Path Problem*) merupakan satu persoalan optimasi yang menggunakan graf berbobot, dimana bobot pada setiap sisi graf tersebut dapat kita gunakan untuk menyatakan jarak antar kota, waktu pengiriman pesan, ongkos pembangunan, dan sebagainya (Munir, 2006).

2.2 Euclidean

Euclidean adalah fungsi heuristik yang diperoleh berdasarkan jarak langsung bebas hambatan. Sebelum mendapatkan nilai fungsi heuristik, kedua titik harus direpresentasikan ke dalam koordinat 2 dimensi (x, y) . Hasil perhitungan masih dalam satuan *decimal degree* (sesuai dengan format lat-long yang dipakai) sehingga untuk menyesuaikannya perlu dikalikan dengan 111.319 km. (1 derajat bumi = 111.319 km) .

$$H_{a-b} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Keterangan:

- H_{a-b} : estimasi jarak a ke b
- x_1 : koordinat x titik b
- y_1 : koordinat y titik b
- x_2 : koordinat x titik a
- y_2 : koordinat y titik a

Perhitungan lintasan terpendek menggunakan algoritma A* dapat dilakukan setelah didapat nilai heuristik dari masing-masing titik (Marcelina & Yulianti, 2020).

2.3 Pemrograman Python

Salah satu bahasa pemrograman yang mulai banyak digunakan saat ini untuk pengembangan berbagai macam aplikasi berbasis *desktop*, *web*, dan *mobile* adalah bahasa pemrograman *python*. Kepopuleran penggunaan *python* menempatkannya menjadi bahasa pemrograman yang mulai banyak dipelajari oleh mahasiswa terutama mahasiswa di kampus yang berbasis IT, guna menyelesaikan tugas kuliah, tugas akhir maupun tugas penelitian (Romzi & Kurniawan, 2020). *Python* diciptakan oleh Guido van Rossum di Belanda pada tahun 1990 dan namanya diambil dari acara televisi kesukaan *Guido Monty Python's Flying Circus*. Van Rossum mengembangkan *python* sebagai hobi, kemudian *python* menjadi bahasa pemrograman yang dipakai secara luas dalam industri dan pendidikan karena sederhana, ringkas, sintak intuitif dan memiliki pustaka yang luas (Schuerer & Maufrais, 2010).

2.4 Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra merupakan algoritma yang digunakan untuk menentukan jarak terpendek dari satu titik ke titik yang lainnya pada suatu graf berbobot, jarak antar

titik adalah nilai bobot dari setiap garis pada graf. Suatu bobot harus bernilai positif (bobot ≥ 0). Algoritma Dijkstra ditemukan oleh Edger Wybe Dijkstra. Cara kerja algoritma Dijkstra dalam pencarian jarak terpendek adalah perhitungan dari titik asal ke titik terdekatnya, kemudian ke titik yang kedua, dan seterusnya (Saputra, 2011).

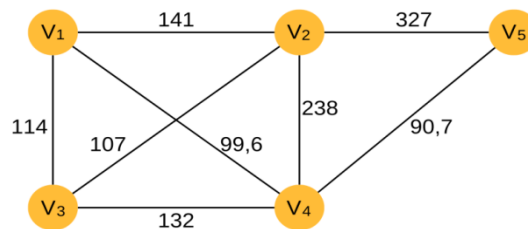
Algoritma Dijkstra merupakan algoritma untuk masalah pencarian graf yang mampu menuntaskan masalah mencari lintasan terpendek dengan satu sumber pada sebuah graf yang digunakan untuk menyelesaikan masalah lintasan terpendek dengan satu sumber pada sebuah graf yang tidak memiliki bobot sisi negative dan menghasilkan sebuah alur lintasan terpendek (Aprilianingsih dkk., 2017). Algoritma Dijkstra ini sendiri ditujukan untuk menemukan jalur terpendek berdasarkan bobot terkecil dari titik keberangkatan ke titik lainnya (Parapat dkk., 2017).

Menurut Cantona dkk., 2020, dalam tahapan algoritma Dijkstra ini dapat dilakukan dengan tahapan berikut:

1. Tentukan titik awal yang akan menjadi titik pertama dimulainya algoritma ini lalu menentukan bobot dengan titik yang terhubung satu persatu. Algoritma Dijkstra akan melakukan perluasan untuk mencari bobot terkecil dari satu titik ke titik lainnya satu persatu.
2. Tentukan bobot (jarak) dari setiap titik ke titik lainnya dan beri tanda pada titik yang terpilih dan tak hingga pada titik yang tak terhubung dengan titik yang lain.
3. Atur semua titik yang belum dilalui dan mengatur titik awal sebagai titik keberangkatan.
4. Pada titik awal, hitung titik lainnya yang paling dekat dengan titik awal yang belum dilalui dan hitung jarak dari awal keberangkatan. Jika jaraknya lebih kecil dari jarak sebelumnya (yang telah diperhitungkan sebelumnya) hapus data yang lama simpan ulang data jarak sebelumnya dengan data jarak yang lebih pendek.

5. Setelah selesai mengitung dan mempertimbangkan setiap jarak pada titik lainnya yang berdekatan, tandai titik yang sudah dilalui sebagai “titik dilewati”. Titik yang sudah dilewati tidak dicek kembali, jarak yang akan disimpan adalah jarak dengan bobot paling kecil bobotnya.
6. Atur titik yang belum dilewati dengan bobot jarak paling kecil menjadi titik keberangkatan selanjutnya dan ulangi langkah ke-3.

Sebagai contoh penggunaan algoritma Dijkstra dalam penentuan lintasan terpendek sebagai berikut,



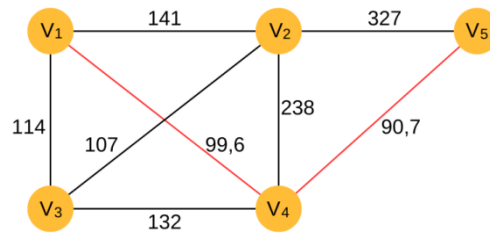
Gambar 2.2 Contoh Graf untuk Penggunaan Algoritma Dijkstra

Berdasarkan lintasan yang sudah ada titik awal keberangkatan adalah v_1 dan titik tujuan adalah v_5 , akan dilakukan perhitungan menggunakan algoritma Dijkstra. Berikut tabel perhitungannya :

Tabel 2.1 Perhitungan Contoh Penggunaan Algoritma Dijkstra

N	v_2	v_3	v_4	v_5
v_1	$(v_1 - v_2, 114)$	$(v_1 - v_3, 141)$	$(v_1 - v_4, 99,6)$	-
$v_1 - v_4$	$(v_1 - v_2, 114)$	$(v_1 - v_3, 141)$	$(v_1 - v_4, 99,6)$	$(v_1 - v_4 - v_5, 190,3)$
$v_1 - v_2$	$(v_1 - v_2, 114)$	$(v_1 - v_3, 141)$	$(v_1 - v_4, 99,6)$	$(v_1 - v_4 - v_5, 190,3)$
$v_1 - 3$	$(v_1 - v_2, 114)$	$(v_1 - v_3, 141)$	$(v_1 - v_4, 99,6)$	$(v_1 - v_4 - v_5, 190,3)$

Berdasarkan hasil perhitungan didapat lintasan terpendek yaitu $v_1 - v_4 - v_5$ dengan total jarak 190,3 dengan gambar lintasan ditandai dengan warna merah pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Hasil Lintasan Terpendek Algoritma Dijkstra

2.5 Algoritma A* (A-Star)

Algoritma A* adalah algoritma pencarian lintasan terpendek (*shortest path*) yang merupakan perbaikan dari Algoritma BFS (*Best First Search*) dengan memodifikasi fungsi heuristiknya untuk memberikan hasil yang optimal (Luthfita & Aripin, 2022). Langkah-langkah Algoritma A* secara garis besar dapat dijelaskan seperti berikut:

1. Masukkan titik awal ke list *OPEN*.

2. Ulangi langkah-langkah ini:

- a) Cari titik (n) dengan nilai $f(n)$ yang paling kecil dalam list *OPEN list*, dan titik ini sekarang menjadi *current node*.
- b) Keluarkan *current node* dari list *OPEN* dan masukkan ke list *CLOSE*
- c) Untuk setiap tetangga dari *current node* lakukan berikut :
 1. Jika tidak dapat dilalui atau sudah ada dalam list *CLOSE*, abaikan.
 2. Jika belum ada di list *OPEN* buat *current node parent* dari titik tetangga ini.
 3. Jika sudah ada di list *OPEN* cek apabila titik tetangga ini lebih baik. Jika lebih baik mengganti *parent* dari titik ini di list *OPEN* menjadi *current node*, lalu kalkulasikan ulang dari titik ini.
- d) Hentikan pengulangan jika :
 1. Titik tujuan telah ditambah ke list *OPEN* yang berarti lintasan ditemukan.

2. Belum menemukan titik akhir (tujuan) sementara list *OPEN* kosong atau berarti tidak ada lintasan (Rizky, 2018).

List *OPEN* (Simbol O) = Daftar titik-titik yang akan atau bisa dihitung dalam pencarian A* karena belum sepenuhnya terevaluasi atau masih ada peluang menjadi titik terpilih.

List *CLOSE* (Simbol C) = Daftar titik-titik yang sudah dihitung dalam pencarian A*. Titik yang sudah berada di daftar ini sudah tidak bisa dihitung kembali pada iterasi selanjutnya.

$$f(i, n) = \min g(i, j) + h(j) \dots \dots \dots (1)$$

i = titik awal keberangkatan

j = titik penghubung antara i dan n

n = titik tujuan

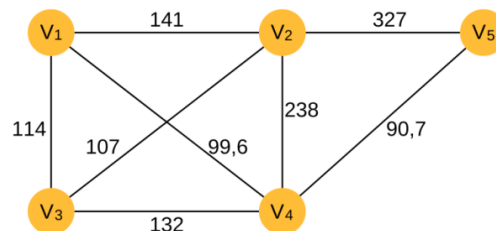
$f(i, n)$ = jarak terpendek dari titik i ke titik n

$g(i, j)$ = jarak *real* dari titik i ke titik j

$h(j, n)$ = jarak dari titik j ke titik tujuan

Sebagai contoh penggunaan algoritma A* (A-Star) dalam penentuan lintasan terpendek berikut penyelesaiannya.

Diberikan graf yang akan dicari lintasan terpendeknya dengan v_1 adalah titik awal dan v_5 adalah titik tujuan.



Gambar 2.4 Contoh Graf untuk Penggunaan Algoritma A*(A-Star)

Sedangkan untuk $h(n)$ didapat dari perhitungan titik koordinat menggunakan rumus *Euclidean* dari masing-masing titik menuju titik akhir. Daftar titik koordinat yang digunakan sebagai berikut :

Tabel 2.2 Titik Koordinat Contoh Penggunaan Algoritma A* (*A-Star*)

Titik	x	y
v_1	-5,3508	104,969
v_2	-4,7969	105,452
v_3	-5,5079	105,776
v_4	-4,8490	104,573
v_5	-5,0387	104,098

Perhitungan nilai $h(n)$ dengan titik awal v_1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \\
 &= \sqrt{(-5,0387 - (-5,3508))^2 + (104,098 - 104,969)^2} \\
 &= \sqrt{0,0974 + 0,7586} \\
 &= 0,9252 \text{ (dikalikan dengan 111.319 atau setara dengan 1 derajat bumi)} \\
 &= 102,99
 \end{aligned}$$

Tabel $h(n)$ untuk semua titik sebagai berikut :

Tabel 2.3 Nilai $h(n)$ Contoh Penggunaan Algoritma A* (*A-Star*)

N	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
$h(n)$	102,99	153,04	193,87	56,88	0

Akan dilakukan perhitungan menggunakan Algoritma A* (*A-Star*) dengan titik awal v_1 dan v_5 .

1. Dimulai dari titik v_1 lihat titik yang terhubung yaitu v_2, v_3, v_4 dilakukan perhitungan sebagai berikut.

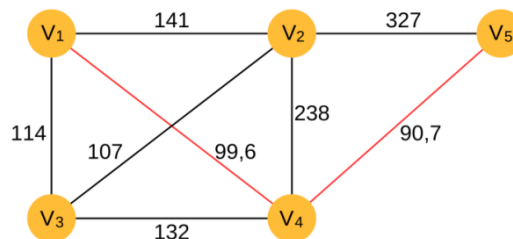
$$\begin{aligned}
 f(v_1, v_5) &= \min \{g(v_1, v_2) + h(v_2, v_5), g(v_1, v_3) + h(v_3, v_5), g(v_1, v_4) + \\
 &\quad h(v_4, v_5)\} \\
 &= \min \{114 + 153,04, 141 + 193,87, 99,6 + 56,88\} \\
 &= \min \{267,04, 334,87, 156,88\} \\
 &= 156,88
 \end{aligned}$$

Dari langkah ini terpilih bobot minimum 156,88 yaitu v_4 dan didapatkan list *OPEN* : $\{v_2, v_3, v_4\}$ dan list *CLOSE* : $\{v_1\}$.

2. Dari langkah sebelumnya masih dimiliki $f(v_2) = 267,04$ dan $f(v_3) = 334,87$. Selanjutnya lihat yang terhubung yaitu v_3' dan v_5 dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 f(v_1, v_5) &= \min \{g(v_1, v_4, v_3') + h(v_3', v_5), g(v_1, v_4, v_5) + h(v_5, v_5)\} \\
 &= \min \{337,6 + 193,87 + 190,3 + 0\} \\
 &= \min \{531,47, 190,3\} \\
 &= 190,3
 \end{aligned}$$

Terpilih titik v_5 dengan bobot 190,3 dan didapat list *OPEN* : $\{v_2, v_3, v_3', v_5\}$ dan list *CLOSE* : $\{v_1, v_4\}$. Karena titik tujuan sudah masuk ke dalam list *OPEN* maka pencarian sudah selesai dan didapat lintasan terpendek yaitu v_1, v_4, v_5 dengan total jarak 190,3. Berikut gambar lintasan yang terpilih



Gambar 2.5 Hasil Lintasan Terpendek Algoritma A*

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada kuliah Semester Genap Tahun Ajaran 2022/2023 yang bertempat di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung

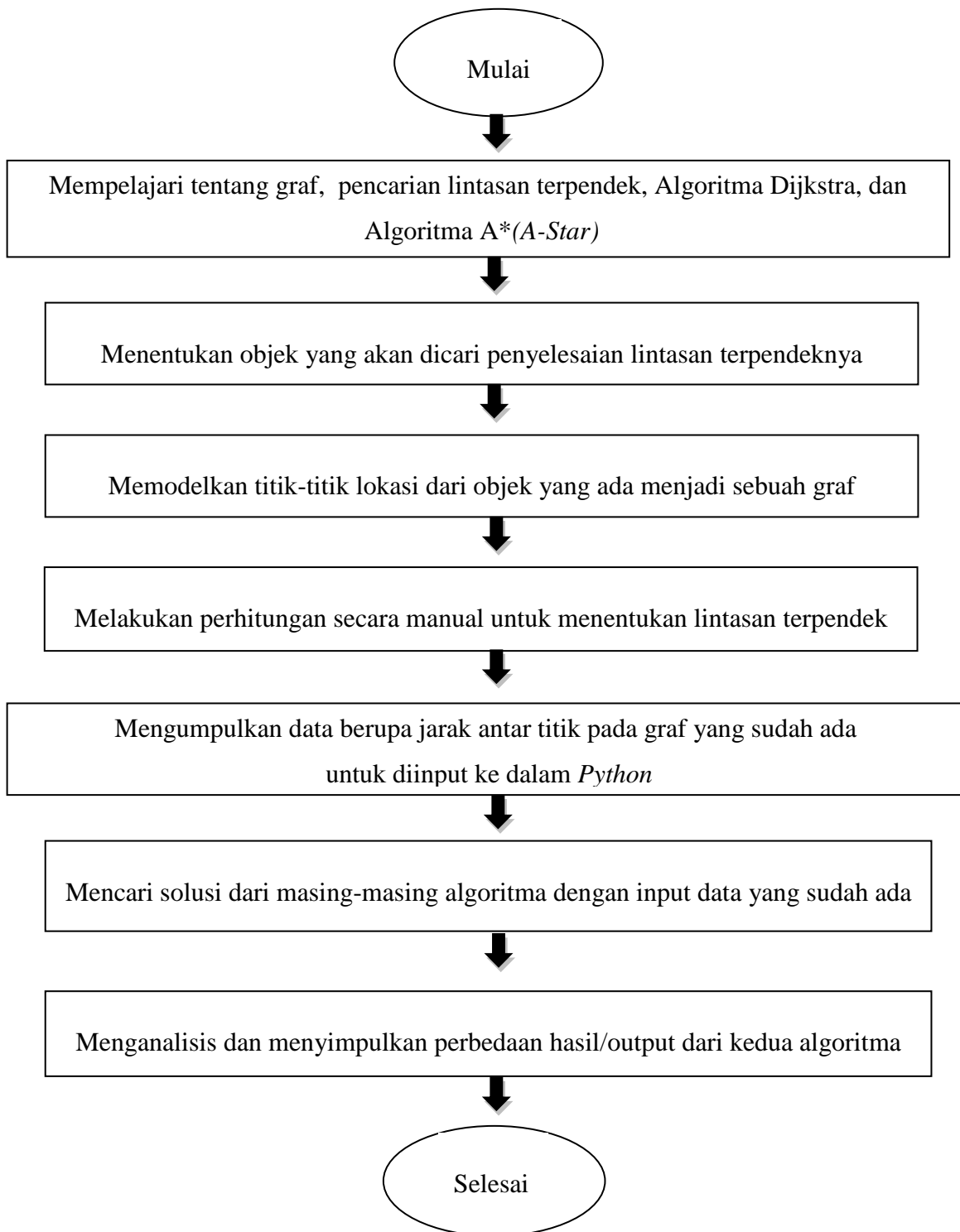
3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari *Google Maps* dengan cara mencari titik lokasi dan jarak antar Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri di Provinsi Lampung berdasarkan Data Pokok Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi pada Semester Ganjil tahun 2022/2023.

3.3 Metode Penelitian

Alur penelitian ini dilakukan dengan langkah awal studi literatur dari jurnal-jurnal, buku, maupun internet yang penulis peroleh. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan data, setelah itu dilakukan identifikasi untuk mendapatkan data valid. Setelah itu mempelajari sampai mendapatkan hasil yang bisa dibandingkan untuk mendapatkan kesimpulan yang tepat.

Berikut adalah tahapan-tahapan dalam penelitian ini :



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya disimpulkan bahwa pencarian lintasan terpendek 30 SMA Negeri di Provinsi Lampung dengan titik awal Dinas Pendidikan Provinsi Lampung menggunakan Algoritma Dijkstra dan Algoritma *A-Star* secara manual maupun dengan bantuan *Python* mendapatkan hasil yang sama secara keseluruhan 30 titik tujuan lintasan terpendeknya yaitu sebagai berikut :

1. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_2 Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 2 Bandar Lampung adalah 2,4 km
2. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_3 yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 12 Bandar Lampung adalah 13,1 km.
3. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_4 yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Gedong Tataan adalah 24,3 km.
4. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_5 Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Way Khilau adalah 49,2 km.
5. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_6 yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Pringsewu adalah 41,7 km.
6. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_7 yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Pardasuka adalah 54,6 km.
7. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_8 yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Metro adalah 46,2 km.

8. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_9 yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 5 Metro adalah 48,1 km.
9. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{10} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Gunung Sugih adalah 66 km.
10. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{11} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Metro-SMAN 1 Way Seputih adalah 95,30000000000001 km.
11. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{12} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 2 Bandar Lampung-SMAN 1 Kalianda adalah 62,6 km.
12. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{13} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 2 Bandar Lampung-SMAN 1 Kalianda-SMAN 1 Bakauheni adalah 91 km.
13. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{14} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Metro-SMAN 1 Sukadana adalah 74,7 km.
14. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{15} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Pasir Sakti adalah 98,1 km.
15. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{16} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Kotaagung adalah 97,1 km.
16. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{17} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Gunung Alip adalah 72,3 km.
17. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{18} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Gedong Tataan-SMAN 1 Bukit Kemuning- SMAN 1 Blambangan Umpu adalah 191,3 km.
18. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{19} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Kota Bumi-SMAN 1 Buay Bahuga adalah 212,4 km.
19. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{20} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Kota Bumi adalah 113 km.
20. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{21} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Gedong Tataan-SMAN 1 Bukit Kemuning adalah 140,3 km.

21. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{22} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Tulang Bawang Tengah adalah 131 km.
22. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{23} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Gunung Agung adalah 162 km.
23. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{24} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Menggala adalah 123 km.
24. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{25} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Menggala-SMAN 1 Penawartama adalah 189,3 km.
25. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{26} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Menggala-SMAN 1 Mesuji adalah 221,7 km.
26. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{27} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Menggala-SMAN 1 Penawartama-SMAN 1 Rawajitu Utara adalah 218,9 km.
27. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{28} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Bengkunt adalah 180 km.
28. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{29} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Bengkunt-SMAN 1 Pesisir Selatam adalah 221,4 km.
29. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{30} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Gedong Tataan-SMAN 1 Liwa adalah 204,3 km.
30. Lintasan terpendek dari v_1 ke v_{31} yaitu Dinas Pendidikan Provinsi Lampung-SMAN 1 Kotaagung-SMAN 1 Belalau adalah 208,1 km.

Selain itu, selisih rata-rata *run time* menggunakan *Python* menunjukkan Algoritma A* (*A-Star*) lebih efektif yaitu selisih 31,07 ms dibanding Algoritma Dijkstra

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilianingsih, E. P., Primananda, R., & Suharsono, A. (2017). Analisis Fail Path pada Arsitektur Software Defined Network menggunakan Dijkstra Algorithm. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIIK)*, 1(3), 174–183.
- Cantona, A., Fauziah, F., & Winarsih, W. (2020). Implementasi Algoritma Dijkstra pada Pencarian Rute Terpendek ke Museum di Jakarta. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika*, 6(1), 27–34.
- Deo, Narsingh. (1989). *Graph Theory with Application to Engineering and Computer Science*. USA: Prentice-Hall, Inc.
- Fitria, & Triansyah, A. (2013). Implementasi Algoritma Dijkstra dalam Aplikasi untuk menentukan Lintasan Terpendek Jalan Darat Antar Kota di Sumatera Bagian Selatan. *Jurnal Sistem Informasi (JIS)*, 5(2), 611–621.
- Luthfita, D., & Aripin, S. (2022). Implementasi Algoritma A* dalam menentukan Tarif Minimum Berdasarkan Jarak Terpendek Rute Armada Taksi Bandara. *Journal of Informatics Management and Information Technology*, 2(1), 43–47.
- Marcelina, D., & Yulianti, E. (2020). Aplikasi Pencarian Rute Terpendek Lokasi Kuliner Khas Palembang menggunakan Algoritma Euclidean Distance dan A*(Star). *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi dan Komputer)*, 9(2), 195–202.
- Mayadi, M., & Azhar, R. (2019). Perbandingan Perhitungan Manual dengan Algoritma A-Star dalam Pencarian Jalur Terpendek untuk Pengiriman Pesanan Dodol Khas Lombok. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, 2(2), 27.
- Munir, R. (2006). *Diktat Kuliah IF2135 Matematika Diskrit Edisi Keempat*. Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung.
- Parapat, M. N., Kusbianto, D., & Rahmad, C. (2017). Rancang Bangun Aplikasi Pencarian Rute Terpendek Jasa Kiriman Barang Berbasis Mobile dengan Metode Algoritma Dijkstra. *Jurnal Informatika Polinema*, 3(3), 15.
- Rizky, R. (2018). Pencarian Jalur Terdekat dengan Metode A*(Star) Studi Kasus Serang Labuan Provinsi Banten | Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Informasi | SNARTISI. *Seminar Nasional Rekayasa Teknologi*

Informasi (SNARTISI), 1(November), 93–98.

Romzi, M., & Kurniawan, B. (2020). Implementasi Pemrograman Python menggunakan Visual Studio Code. *Jurnal Ilmu Komputer (JIK)*, 5(2), 1–9.

Saputra, R. (2011). Sistem Informasi Pencarian Obyek Kota dengan Algoritma Dijkstra. *Jurnal Matematika*, 14(1), 19-24.

Schuerer & Maufrais, C. (2010). *Introduction to Programming using Python*, Pearson, Boston.