

**APLIKASI PENENTU RUTE TERDEKAT DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS
PENDIDIKAN INDONESIA BUMI SILIWANGI MENGGUNAKAN ALGORITMA A***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro

Program Studi Teknik Elektro



Disusun oleh:

Muhammad Habil Fachriansyah

E.5051.1907831

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2023**

**APLIKASI PENENTU RUTE TERDEKAT DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS
PENDIDIKAN INDONESIA BUMI SILIWANGI MENGGUNAKAN ALGORITMA A***

Oleh
Muhammad Habil Fachriansyah

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Muhammad Habil Fachriansyah
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2023

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, di *fotocopy*, atau cara lain tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

MUHAMMAD HABIL FACHRIANSYAH

E.5051.1907831

**APLIKASI PENENTU RUTE TERDEKAT DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS
PENDIDIKAN INDONESIA BUMI SILIWANGI MENGGUNAKAN ALGORITMA A***

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Dosen Pembimbing I



Iwan Kustiawan, S. Pd., M. T., Ph. D.

NIP. 19770908 200312 002

Dosen Pembimbing II



Roer Eka Pawinanto, S. Pd., M. Sc., Ph. D.

NIP. 920200419881019101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Iwan Kustiawan, S. Pd., M. T., Ph. D.

NIP. 19770908 200312 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**APLIKASI PENENTU RUTE TERDEKAT DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA BUMI SILIWANGI MENGGUNAKAN ALGORITMA A***” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,

Muhammad Habil Fachriansyah

NIM. 1907831

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala yang mana berkat izin-Nya Skripsi yang berjudul **“APLIKASI PENENTU RUTE TERDEKAT DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA BUMI SILIWANGI MENGGUNAKAN ALGORITMA A*”** dapat diselesaikan oleh penulis. Tujuan dari penyusunan skripsi ini merupakan salah satu bagian dari persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektro S1. Dalam penyusunan skripsi ini tidak mudah untuk diselesaikan dengan begitu saja, namun berbagai pihak banyak membantu penulis selama proses penulisan skripsi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada para pihak yang telah membantu dengan berkontribusi yang signifikan kepada penulis dalam upaya untuk menyelesaikan skripsi ini. Dengan penuh hormat penulis memberikan penghargaan yang besar kepada:

1. Bapak Mustofa Broto Rahardjo dan Ibu Librawati Supriyanti sebagai kedua orang tua penulis yang telah memberikan dorongan dan do'a kepada penulis.
2. Ir. Hj. Arjuni Budi Pantjawati, M.T. selaku Ketua KBK Telekomunikasi Program Studi Teknik Elektro.
3. Iwan Kustiawan, S.Pd., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro serta dosen pembimbing I yang telah membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini.
4. Roer Eka Pawinanto, S.Pd., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Teknik Elektro FPTK UPI.
6. Om Prabowo, Bulik Nani, Bapak Mustofa Broto Rahardjo, dan kakak saya Achmad Leksono yang sempat membiayai kuliah saya.
7. Ilham Cahya Ramadhan yang telah mengajari penulis tentang pemrograman JavaScript dan membantu dalam pembuatan aplikasi penulis.
8. Para programmer yang mengupload hasil kodingannya di YouTube dan Github.
9. Muhammad Nizar Khaliq karena menemani penulis saat mengerjakan skripsi.
10. Rhangga Poetra Prasena dan Jahril Nur Fauzan yang telah berjuang bersama penulis dalam pengerjaan skripsi masing-masing.
11. Seluruh Mahasiswa Teknik Elektro 2019 FPTK UPI yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

Saya berharap semoga semua bantuan berupa berkontribusi yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi ini menjadi sebuah amal kebaikan dan dapat dibalas dengan pahala oleh Allah Subhanahu wa Ta'ala. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan berbagai bentuk kritik, koreksi serta saran yang dapat menjadikan Skripsi ini menjadi lebih baik dan juga dapat menghasilkan manfaat yang besar bagi kita semua dalam bidang ilmu pengetahuan.

Bandung, Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

Pencarian rute terpendek merupakan permasalahan penting dalam berbagai aplikasi, termasuk navigasi, logistik, dan permainan. Rute terpendek menjadi prioritas dalam pemilihan jalur karena memastikan efisiensi dan optimalitas perjalanan. Dalam pencarian rute terdekat, kecepatan dan jarak yang diambil oleh algoritma menjadi parameter penting yang harus diperhatikan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja Algoritma A* dengan algoritma *pathfinding* lainnya dalam pencarian rute terpendek. Pendekatan A* terkenal karena kemampuannya dalam menemukan jalur yang optimal dengan memanfaatkan fungsi heuristik. Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa waktu eksekusi dan jarak tempuh adalah indikator yang dapat digunakan secara optimal dalam membandingkan performa algoritma. Penulis mengembangkan sebuah aplikasi pencari rute menggunakan bahasa pemrograman JavaScript sebagai implementasi algoritma. Simulasi dilakukan pada aplikasi ini dengan memuat variabel input dan menerapkan *grid* 2 dimensi sebagai media simulasi. Selain itu, kalkulasi fungsi heuristik juga dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman JavaScript. Hasil penelitian menunjukkan perbandingan kinerja Algoritma A* dengan algoritma *pathfinding* lainnya dalam hal waktu eksekusi dan jarak tempuh. Dengan memanfaatkan aplikasi pencari rute, data-data tersebut dianalisis untuk menilai efisiensi dan keakuratan dari masing-masing algoritma. Hasil komparasi ini dapat memberikan panduan dalam memilih algoritma yang paling cocok untuk kasus-kasus tertentu yang memerlukan pencarian rute terpendek.

Kata Kunci: *Pathfinding*, *Shortest Path*, Algoritma A*, Aplikasi Pencari Rute Terpendek

ABSTRACT

The search for the shortest route is a crucial problem in various applications, including navigation, logistics, and games. Determining the shortest route is of utmost importance in route selection, as it ensures travel efficiency and optimality. In the quest for the nearest route, the speed and distance taken by algorithms are vital parameters that require careful consideration. This research aims to compare the performance of the A algorithm with other pathfinding algorithms in finding the shortest route. The A* approach is renowned for its ability to discover optimal paths by utilizing heuristic functions. Previous studies have shown that execution time and distance traveled are optimal indicators for comparing algorithm performance. The author developed a route-finding application using the JavaScript programming language to implement the algorithms. Simulations were conducted in this application, incorporating input variables and a two-dimensional grid as the simulation medium. Additionally, heuristic function calculations were performed using JavaScript programming language. The research results reveal a performance comparison between the A* algorithm and other pathfinding algorithms in terms of execution time and distance traveled. Leveraging the route-finding application, these data were analyzed to assess the efficiency and accuracy of each algorithm. The comparative findings can provide guidance in selecting the most suitable algorithm for specific cases that require a search for the shortest route.*

Keywords: Pathfinding, Shortest Path, A Algorithm, Shortest Route Finder Application*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Struktur Organisasi Skripsi	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Algoritma Dasar.....	6
2.1.1 Algoritma Dijkstra.....	11
2.1.2 Algoritma Breadth First Search (BFS).....	12
2.1.3 Algoritma Greedy Best First Search	13
2.1.4 Algoritma A*	13
2.2 JavaScript	14
2.3 Aplikasi <i>Back-end</i>	16
2.3.1 Algoritma	17
2.3.2 Express.js.....	17
2.3.3 Node.js.....	18
2.3.4 Mapbox.....	19
2.3.5 MoboDB.....	20
2.3.6 MongoDB Atlas.....	22

	10
2.3.7 MongoDB Compass	22
2.3.8 Mongoose	22
2.4 Aplikasi <i>Front-end</i>	22
2.4.1 React.js	23
2.4.2 Vite JS	24
2.4.3 Mapbox GL JS.....	25
2.5 Penelitian Terkait.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Prosedur Penelitian	29
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	31
3.2.1 Alat Penelitian.....	32
3.2.2 Spesifikasi Perangkat Penulis	32
3.3 Metode Penelitian	33
3.4 Prinsip Kerja Sistem	33
3.5 Perancangan Dasar Sistem Pencari Rute Terdekat	34
3.5.1 Pengumpulan Data	36
3.5.2 Perancangan Dasar <i>Front-End</i> Sistem	37
3.5.3 Perancangan Sistem Database Sistem.....	38
3.5.4 Perancangan Dasar <i>Back-End</i> Sistem	39
3.6 Pengembangan Sistem Pencari Rute Terdekat.....	40
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Simulasi Perbandingan Algoritma	43
4.2 Perbandingan Jarak Yang Diambil dengan Google Maps.....	54
4.3 Kelebihan Aplikasi Penulis dengan Google Maps	60
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Implikasi.....	63
5.3 Rekomendasi.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penyelesaian masalah Algoritma Dijkstra pada Gambar 2.1	8
Tabel 2.2 Tahapan Pengembangan Algoritma Dijkstra Hingga Algoritma A*	8
Tabel 2.3 Grafik Tak Terarah	12
Tabel 2.4 Perbandingan Bahasa Pemrograman C++, Java, dan JavaScript	15
Tabel 2.5 Kelebihan dan Kekurangan Express.js	18
Tabel 2.6 Visualisasi Algoritma	26
Tabel 2.7 Perbandingan Penelitian Terkait Algoritma <i>Pathfinding</i>	27
Tabel 3.1 Spesifikasi Perangkat Penulis	32
Tabel 4.1 Hasil Simulasi	43
Tabel 4.2 Kesimpulan Simulasi	54
Tabel 4.3 Perbandingan Parameter Jarak Aplikasi Penulis dengan Google Maps	55
Tabel 4.4 Kelebihan Aplikasi Penulis dari Google Maps	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Permasalahan Algoritma Dijkstra.....	7
Gambar 2.2 Flowchart Algoritma A*.....	10
Gambar 2.3 Data Jumlah Pengguna Masing-masing Bahasa Pemrograman di Github.....	14
Gambar 2.4 Komponen Penting Pada MongoDB.....	20
Gambar 2.5 Data Waktu Yang Dibutuhkan JavaScript Saat Benchmark.....	24
Gambar 2.6 Tampilan Mapbox GL.....	25
Gambar 2.7 Peta Simulasi.....	26
Gambar 3.1 Diagram Perancangan Aplikasi Penentu Jarak Terdekat.....	29
Gambar 3.2 Diagram Blok Prinsip Kerja Sistem.....	33
Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan Sistem Pencari Rute Terdekat.....	34
Gambar 3.4 Implementasi Untuk Meminimalkan Belokan.....	35
Gambar 3.5 Rute Terpendek Berdasarkan Jarak.....	35
Gambar 3.6 Contoh Data Foto Gedung.....	36
Gambar 3.7 Instalasi React.....	37
Gambar 3.8 Sample Data MongoDB Atlas.....	39
Gambar 3.9 Command Prompt Express js.....	39
Gambar 3.10 Data Koordinat Rute.....	40
Gambar 3.11 Contoh Tampilan Aplikasi Desktop.....	41
Gambar 3.12 Contoh Tampilan Aplikasi Mobile.....	42

DAFTAR PUSTAKA

- Abba, S. G. (2017, November 28). Algoritma Dijkstra. Dipetik November 28, 2017, dari Binus: <https://mti.binus.ac.id/2017/11/28/algoritma-dijkstra/>
- Abraham, I., Delling, D., Goldberg, A. V., & Werneck, R. F. (2011). *A Hub-Based Labeling Algorithm for Shortest Paths in Road Networks* (pp. 230–241). https://doi.org/10.1007/978-3-642-20662-7_20
- Ajinkya, P. (2020, Februari 13). Path-Finding-and-Collision-Detection. Dipetik Februari 13, 2020, dari Github: <https://github.com/ajinkyapatankar/Path-Finding-and-Collision-Detection>
- Anonim. (2019, Januari 29). *These are the hottest programming languages of 2018*. Dipetik dari techrepublic: <https://www.techrepublic.com/videos/these-are-the-hottest-programming-languages-of-2018/>
- Anonim. (2020, Desember 2). *Apa Itu JavaScript? Fungsi dan Contohnya*. Dipetik dari Dicoding: <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-javascript-fungsi-dan-contohnya/>
- Anonim. (2021, Mei 15). *Tutorial Node.js: Apa itu Node.js dan dasar-dasar Node.js*. Dipetik dari Dicoding: <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-node-js/>
- Anonim. (2022, September 9). *Vite JS - Next Generation Frontend Tool*. Dipetik dari Dumbways: <https://dumbways.id/blog/vite-js-next-generation-frontend-tool>
- Anonim. (2023, Juni 9). *Depth First Search or DFS for a Graph*. Dipetik dari geeksforgeeks.org: <https://www.geeksforgeeks.org/depth-first-search-or-dfs-for-a-graph/>
- Aprilia, P. (2021, Maret 22). *MongoDB: Pengertian, Manfaat, dan Cara Menggunakannya!* Dipetik dari Niagahoster: <https://www.niagahoster.co.id/blog/mongodb-adalah/>
- Ariffudin, M. (2021, Desember 11). *Mengenal Express.js: Pengertian, Cara Kerja, Keunggulan, Tutorial*. Dipetik dari Niagahoster: <https://www.niagahoster.co.id/blog/express-js-adalah/>
- Azam, S. (2020, Oktober 20). *Introducing Multi-Cloud Clusters on MongoDB Atlas*. Dipetik dari MongoDB: <https://www.mongodb.com/blog/post/introducing-multicloud-clusters-on-mongodb-atlas>
- Boltive. (2020). *Why Does The Dijkstra Algorithm Run In $O(V + E \log V)$ Instead Of $O(V^2)$?* Dipetik dari stackoverflow.com: <https://stackoverflow.com/questions/60591413/why-does-the-dijkstra-algorithm-run-in-ov-e-log-v-instead-of-ov-2>
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). Introduction to Algorithms, Third Edition. *The MIT Press*.
- Dijkstra, E. W. "A Note on Two Problems in Connexion with Graphs.." *Numerische Mathematik* 1 (1959): 269-271.
- Efendi. (2023, Januari 1). *Download MongoDB Compass Terbaru 2023 (Free Download)*. Dipetik dari Nasabamedia: <https://www.nesabamedia.com/download-mongodb-compass/#:~:text=MongoDB%20Compass%20merupakan%20sebuah%20tool,Anda%20terapkan%20pada%20database%20MongoDB.>
- Fredman, M. L., & Tarjan, R. E. (1987). Fibonacci heaps and their uses in improved network optimization algorithms. *Journal of the ACM*, 34(3), 596–615. <https://doi.org/10.1145/28869.28874>

- Gbadamosi, O. A., & Aremu, D. R. (2020). Design of a Modified Dijkstra's Algorithm for finding alternate routes for shortest-path problems with huge costs. *2020 International Conference in Mathematics, Computer Engineering and Computer Science (ICMCECS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICMCECS47690.2020.240873>
- Girsang, A. S. (2017, November 28). *Algoritma Dijkstra*. Dipetik dari Binus: <https://mti.binus.ac.id/2017/11/28/algoritma-dijkstra/>
- Goncalves, S. M. M., da Rosa, L. S., & de S. Marques, F. (2019). An Improved Heuristic Function for A*-Based Path Search in Detailed Routing. *2019 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ISCAS.2019.8702460>
- Harahap, M. K., & Khairina, N. (2017). Pencarian Jalur Terpendek dengan Algoritma Dijkstra. *Sinkron*, 2(2), 18. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v2i2.61>
- Hart, P., Nilsson, N., & Raphael, B. (1968). A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 4(2), 100–107. <https://doi.org/10.1109/TSSC.1968.300136>
- Johnson, D. B. (1977). Efficient Algorithms for Shortest Paths in Sparse Networks. *Journal of the ACM*, 24(1), 1–13. <https://doi.org/10.1145/321992.321993>
- King, C., Koltsova, O., & Bode, N. W. F. (2023). Simulating the effect of measurement errors on pedestrian destination choice model calibration. *Transportmetrica A: Transport Science*, 19(1). <https://doi.org/10.1080/23249935.2021.2017510>
- Lawrence, R., & Bulitko, V. (2013). Database-Driven Real-Time Heuristic Search in Video-Game Pathfinding. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 5(3), 227–241. <https://doi.org/10.1109/TCIAIG.2012.2230632>
- Li, C., Huang, X., Ding, J., Song, K., & Lu, S. (2022a). Global path planning based on a bidirectional alternating search A* algorithm for mobile robots. *Computers & Industrial Engineering*, 168, 108123. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108123>
- Li, Q., Xie, F., Zhao, J., Xu, B., Yang, J., Liu, X., & Suo, H. (2022b). FPS: Fast Path Planner Algorithm Based on Sparse Visibility Graph and Bidirectional Breadth-First Search. *Remote Sensing*, 14(15), 3720. <https://doi.org/10.3390/rs14153720>
- Mahmud, Md. S., Sarker, U., Islam, Md. M., & Sarwar, H. (2012). A Greedy Approach in Path Selection for DFS Based Maze-map Discovery Algorithm for an autonomous robot. *2012 15th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)*, 546–550. <https://doi.org/10.1109/ICCITechn.2012.6509798>
- Mapbox. (2023, April 4). *Frequently Asked Question*. Dipetik dari Mapbox: [https://www.mapbox.com/mapbox-gljs#:~:text=Mapbox%20GL%20JS%20is%20a%20JavaScript%20library%20for%20interactive%2C%20customizable,-accelerated%20graphics%20\(WebGL\).](https://www.mapbox.com/mapbox-gljs#:~:text=Mapbox%20GL%20JS%20is%20a%20JavaScript%20library%20for%20interactive%2C%20customizable,-accelerated%20graphics%20(WebGL).)
- Mihail, C. (2016, Desember 15). *Pathfinding-Visualizer*. Dipetik dari github.com: <https://github.com/clementmihai/Pathfinding-Visualizer>
- Munro, J. (2017, Oktober 9). *Pengantar Mongoose untuk MongoDB dan Node.js*. Dipetik dari Tutplus: <https://code.tutsplus.com/id/articles/an-introduction-to-mongoose-for-mongodb-and-nodejs--cms-29527>

- Musa, F. (2017, September 12). *Apa Itu React JS dan Bagaimana Cara Menggunakannya?* Dipetik dari Koding Indonesia: <https://www.kodingindonesia.com/react-js-dan-installasi/>
- Navone, E. C. (2020, September 28). *Dijkstra's Shortest Path Algorithm - A Detailed and Visual Introduction.* Dipetik dari [freecodecamp.org](https://www.freecodecamp.org/news/dijkstras-shortest-path-algorithm-visual-introduction/#:~:text=Dijkstra%27s%20Algorithm%20finds%20the%20shortest,node%20and%20all%20other%20nodes): <https://www.freecodecamp.org/news/dijkstras-shortest-path-algorithm-visual-introduction/#:~:text=Dijkstra%27s%20Algorithm%20finds%20the%20shortest,node%20and%20all%20other%20nodes>.
- Palanisamy, V., & Vijayanathan, S. (2020). A Novel Agent Based Depth First Search Algorithm. *2020 IEEE 5th International Conference on Computing Communication and Automation (ICCCA)*, 443–448. <https://doi.org/10.1109/ICCCA49541.2020.9250826>
- Ravikiran. (2023, Februari 20). *All You Need to Know About Breadth-First Search Algorithm.* Dipetik dari [simplilearn.com](https://www.simplilearn.com/tutorials/data-structure-tutorial/bfs-algorithm#:~:text=The%20breadth-first%20search%20or,at%20the%20next%20depth%20level): <https://www.simplilearn.com/tutorials/data-structure-tutorial/bfs-algorithm#:~:text=The%20breadth-first%20search%20or,at%20the%20next%20depth%20level>.
- Replit. (2023, Mei 15). *Introduction to Replit.* Dipetik dari [replit.com](https://docs.replit.com/getting-started/intro-replit#:~:text=Replit%20provides%20a%20large%20range,community%2C%20and%20so%20much%20more): <https://docs.replit.com/getting-started/intro-replit#:~:text=Replit%20provides%20a%20large%20range,community%2C%20and%20so%20much%20more>.
- RishabhPrabhu. (2023, Maret 23). *What is Algorithm | Introduction to Algorithms.* Dipetik dari [geeksforgeeks.org](https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-algorithms/): <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-algorithms/>
- Shah, O. A. (2019, April 1). *Lecture 15: Dijkstra's Algorithm and Huffman's coding.* Dipetik dari [itu18.wordpress.com](https://itu18.wordpress.com/2019/04/01/lecture-15-dijkstras-algorithm-and-huffmans-coding/): <https://itu18.wordpress.com/2019/04/01/lecture-15-dijkstras-algorithm-and-huffmans-coding/>
- Stekom. (2018, Juni 24). *Mapbox.* Dipetik dari [stekom](https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Mapbox): <https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Mapbox>
- T, P. J. (2021). *Dijkstra's Algorithm.* Dipetik dari [javatpoint.com](https://www.javatpoint.com/dijkstras-algorithm): <https://www.javatpoint.com/dijkstras-algorithm>
- Thorup, M. (1999). Undirected single-source shortest paths with positive integer weights in linear time. *Journal of the ACM*, 46(3), 362–394. <https://doi.org/10.1145/316542.316548>
- Trivusi. (2023, Januari 20). *Algoritma A* (A Star): Pengertian, Cara Kerja, dan Kegunaannya.* Dipetik dari [trivusi.web.id](https://www.trivusi.web.id/2023/01/algoritma-a-star.html): <https://www.trivusi.web.id/2023/01/algoritma-a-star.html>
- Unggul, E. (2022, Oktober 11). *Pengertian Front End dan Back End Developer, Apa Bedanya?* Dipetik dari [Esaunggul](https://fasilkom.esaunggul.ac.id/pengertian-front-end-dan-back-end-developer-apa-bedanya/): <https://fasilkom.esaunggul.ac.id/pengertian-front-end-dan-back-end-developer-apa-bedanya/>
- Wenzheng, L., Junjun, L., & Shunli, Y. (2019). An Improved Dijkstra's Algorithm for Shortest Path Planning on 2D Grid Maps. *2019 IEEE 9th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication (ICEIEC)*, 438–441. <https://doi.org/10.1109/ICEIEC.2019.8784487>
- Yuwono, Bambang, and Agus S. Aribowo. "Sistem Informasi Geografis Berbasis Android untuk Pariwisata di Daerah Magelang." *Seminar Nasional Informatika 2015*,

Yogyakarta, Indonesia, 2015. "Veteran" University of National Development Yogyakarta, 2015.

- Yiu, Y. F., Du, J., & Mahapatra, R. (2018). Evolutionary Heuristic A* Search: Heuristic Function Optimization via Genetic Algorithm. *2018 IEEE First International Conference on Artificial Intelligence and Knowledge Engineering (AIKE)*, 25–32. <https://doi.org/10.1109/AIKE.2018.00012>
- Zhao, L., & Zhao, J. (2017). Comparison Study of Three Shortest Path Algorithm. *2017 International Conference on Computer Technology, Electronics and Communication (ICCTEC)*, 748–751. <https://doi.org/10.1109/ICCTEC.2017.00165>
- Zidane, I. M., & Ibrahim, K. (2018). *Wavefront and A-Star Algorithms for Mobile Robot Path Planning* (pp. 69–80). https://doi.org/10.1007/978-3-319-64861-3_7