

PENENTUAN RUTE TERPENDEK SURVEI HARGA LAPTOP PADA TOKO KOMPUTER DI KOTA KUPANG DENGAN METODE FLOYD-WARSHALL

Duta Arians Juanpieter Malelak¹, Joshua Aprivaldis Toelle², Imanuel Jeremiah Garis Ramba³,
Daniel Wilhelm Valentino Likadja⁴, Fransiska Odo⁵, Anlidua Lua Hingmadi⁶, Fajar Akbarudin
Rosnah Wangge⁷, Varra Chandrika Kumara Tungga⁸, Wildis Eko Yesron Nabut⁹, Stefanus
Naibesi¹⁰

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10} Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Nusa Cendana, Indonesia

Email: dutamalelakunc@gmail.com, joshua.toelle.it@gmail.com, nuelrambaspen0229@gmail.com,
likadjadave@gmail.com, fransiskaodo@gmail.com, liahingmadi10@gmail.com,
Akbarrudin2602@gmail.com, tunggavarra@gmail.com, wildisnabut24@gmail.com,
stefanusnaibesi6@gmail.com

Abstrak. Pembelian suatu barang dengan nilai tinggi seperti Laptop pastinya memerlukan pertimbangan yang hari-hati. Banyak hal yang perlu diperhatikan sesuai dengan kebutuhan dan preferensi calon pembeli. Oleh karena itu, berpindah-pindah antar toko menjadi hal yang krusial dalam prosesnya. Didukung dengan absennya pusat jual beli laptop maupun komputer di Kota Kupang serta tersebarnya toko-toko yang ada membuat calon pelanggan dapat menjadi kewalahan dalam melakukan survey kepada setiap toko yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk meringankan hal tersebut. bobot yang digunakan adalah jarak melalui pengamatan pada google maps untuk setiap kombinasi pasangan titik yang ada. Hasil dari penerapan algoritma ini kemudian dibawa untuk divisualisasikan ke dalam sebuah peta untuk memudahkan visualisasi rute.

Kata kunci: Floyd-Warshall, Rute Terpendek, Laptop.

Abstract. The purchase of high-value items, such as laptops, requires careful consideration to align with the buyer's needs and preferences. In Kupang City, the absence of a centralized marketplace for laptops and computers, combined with the scattered locations of stores, poses challenges for prospective buyers conducting store-to-store surveys. This study aims to address these challenges by utilizing distance weights derived from Google Maps observations for all possible point pairs. The results are visualized on a map, providing an intuitive representation of optimal routes for buyers.

Keywords: Floyd-Warshall, Shortest Path, Laptop.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi sebagai penunjang kehidupan masyarakat merupakan suatu kebutuhan di era sekarang, khususnya setelah terjadinya pandemi COVID-19 pada 2020 hingga 2022 lalu. Menurut Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), penggunaan teknologi semakin berkembang di golongan umur 13-18 yang mencapai 99,18% dan 98,64 pada golongan umur 19-34, angka ini menunjukkan penetrasi internet dan teknologi yang tinggi di kalangan masyarakat Indonesia [1]. Laptop merupakan salah satu perangkat yang populer digunakan, dapat dilihat pada Proporsi Penggunaan Internet Menurut Media oleh Badan Pusat Statistik (BPS) [2] yang mencapai 25,9% pada 2017 lalu.

Tidak hanya digunakan dalam mengakses internet, Laptop khususnya pada kalangan Mahasiswa dan profesional masih menjadi pilihan untuk menunjang produktivitas dalam kegiatan mereka. Dengan kebutuhan yang beragam, tentunya diperlukan pertimbangan yang matang agar mendapatkan laptop yang sesuai dengan preferensi calon pembeli. Setiap toko atau *marketplace* tentunya menawarkan benefit yang berbeda-beda dengan variasi pilihan yang berbeda juga. Hal ini membuat pelanggan perlu melakukan survei untuk mendapatkan laptop dengan nilai terbaik.

Di NTT khususnya Kota Kupang sendiri sudah memiliki banyak toko-toko komputer yang menjual berbagai barang elektronik seperti laptop, aksesoris laptop, dan lain sebagainya. Dengan banyaknya toko komputer yang tersebar di Kota Kupang, pelanggan memiliki banyak pilihan dalam menentukan tempat mana yang akan dikunjungi untuk berbelanja. Namun, dengan banyaknya pilihan toko yang ada juga menimbulkan kompleksitas baik dari segi waktu, maupun dalam segi biaya. Oleh karena itu, pelanggan perlu untuk menentukan rute kunjungan yang optimal untuk membantu mengurangi waktu perjalanan sekaligus biaya transportasi. Salah satu cara pelanggan menentukan rute kunjungan yang optimal adalah dengan menerapkan prinsip *shortest-path* atau jalur terpendek.

Prinsip jalur terpendek adalah usaha untuk menemukan rute dengan *cost* terkecil dari sebuah titik dengan titik yang lain. Dimana dalam menelusuri jaraknya kita membandingkan setiap rute yang tersedia untuk mendapatkan hasil yang optimal. salah satu algoritma untuk mencari rute ini adalah dengan menggunakan algoritma Floyd-Warshall. Penggunaan algoritma ini akan optimal untuk kasus dengan kombinasi rute yang banyak dan cenderung kompleks untuk dihitung seperti dalam kasus yang diangkat yaitu rute terpendek untuk melakukan survey pada toko-toko komputer yang memiliki graf kompleks karena banyaknya kombinasi rute yang dapat dilewati oleh calon pelanggan.

Penelitian dari Novandi [3] dan Hendra [4], menunjukan bahwa Algoritma Floyd-Warshall lebih mampu menghadirkan solusi optimum untuk skema *All-pairs shortest path* dibandingkan dengan skema *Single-pair shortest path algorithm* karena menggunakan pendekatan *dynamic programming* dimana algoritma ini akan terus memperbarui jarak terpendek pada setiap iterasinya berbeda dengan Dijkstra yang menggunakan pendekatan greedy sehingga lebih cepat jika hanya menentukan jarak antar 2 buah titik. Algoritma ini juga sebelumnya telah diterapkan pada beberapa contoh kasus terpendek seperti pada Penentuan Rute Terpendek Pengangkutan Sampah [5] yang selain mempertimbangkan jarak, peneliti mempertimbangkan indikator waktu dan kemacetan, Atau pada kasus Optimasi Rute Pendistribusian Gas Elpiji [6] yang mempertimbangkan waktu selain dari jarak. Penerapan lainnya dapat dilihat pada Penentuan Rute Terpendek Destinasi Wisata Labuan Bajo [7] yang hanya mempertimbangkan jarak antar titik. Sedangkan untuk graf terbuka penerapan algoritma ini dapat dilihat dalam Optimasi Distribusi Listrik di Kota Cimahi [8]. Penelitian-penelitian diatas mampu dengan baik menyelesaikan permasalahan rute terpendek yang ada. Dengan konsep yang beririsan, maka algoritma ini cocok diterapkan pada masalah yang dihadirkan

2. MATERI DAN METODE

ALGORITMA FLOYD-WARSHALL

Algoritma Floyd-Warshall merupakan algoritma dinamis yang memperoleh solusi sebagai keputusan untuk menyelesaikan suatu masalah. Algoritma ini bekerja dengan membandingkan variasi tiap rute yang memiliki titik dan titik tujuan dengan jarak tertentu dan mengakumulasi jarak antar *node/vertex*. Algoritma ini cukup adaptif terhadap nilai bobot yang diberikan. Walaupun tidak bisa menangani graf dengan siklus negatif, namun nyatanya dalam beberapa kasus Otomatisasi Pencarian Rute Terpendek Pada Jaringan Transportasi [9] algoritma Floyd-Warshall mampu mengolah siklus negatif dengan tetap menyelesaikan dan menampilkan bobot negatif baru pada hasil.

Algoritma Floyd-Warshall merupakan algoritma dengan pendekatan pemrograman dinamis dengan melakukan update bobot secara rekursif untuk setiap pasangan node [10]. Berikut adalah pseudocode dari algoritma Floyd-Warshall :

Begin

```
// Inisialisasi matriks bobot
dist = new int[n, n]
for i from 0 to n-1 do
  for j from 0 to n-1 do
    if i == j then
      dist[i, j] = 0
    else if graph[i, j] != 0 then
      dist[i, j] = graph[i, j]
    else
      dist[i, j] = Infinity

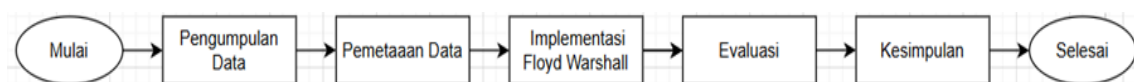
// Penerapan algoritma Floyd-Warshall
for k from 0 to n-1 do
  for i from 0 to n-1 do
    for j from 0 to n-1 do
      dist[i, j] = Min(dist[i, j], dist[i, k] + dist[k, j])

// Return bobot baru
Return dist
End
```

Berikut adalah tahapan dalam menggunakan optimasi Floyd-Warshall :

1. Mencari node mana saja yang bisa dilalui untuk menuju ke node tujuan
2. Menjumlahkan nilai edge pada node dengan edge pada node yang akan dilalui mulai dari node awal menuju node tujuan.
3. Mencari nilai terkecil dari hasil penjumlahan edge pada node-node yang bisa dilalui.

Tahapan Penelitian



Gambar 1. Alur Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan Data

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data terkait keterhubungan antara 10 toko komputer di Kota Kupang. Data ini diperoleh dengan observasi langsung dan menggunakan Google Maps untuk mengukur jarak antar toko. Informasi yang dikumpulkan mencakup posisi geografis dan rute jalan yang menghubungkan toko-toko tersebut. Data ini menjadi dasar untuk tahapan pemetaan data selanjutnya.

2. Pemetaan Data

Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah pemetaan data ke dalam bentuk graf. Setiap toko komputer direpresentasikan sebagai simpul (node), dan hubungan antar toko digambarkan sebagai sisi (edge) dengan bobot yang menunjukkan jarak atau waktu tempuh antara toko-toko tersebut. Pemetaan ini memungkinkan visualisasi jaringan toko yang akan digunakan untuk menghitung rute terpendek.

3. Implementasi Algoritma Floyd-Warshall

Pada tahap ini, algoritma Floyd-Warshall diimplementasikan untuk menghitung rute terpendek antara semua pasangan toko. Algoritma ini bekerja dengan membandingkan rute-rute yang ada dan menentukan

rute yang paling efisien. Hasilnya adalah matriks yang menunjukkan jarak terpendek antara setiap pasangan toko komputer yang ada di Kota Kupang.

5. Evaluasi

Setelah implementasi selesai, tahap selanjutnya adalah pengujian dan evaluasi hasil perhitungan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan rute yang dihitung dengan kondisi nyata di lapangan untuk memastikan keakuratan dan efektivitas rute yang dihasilkan. Evaluasi ini memastikan bahwa sistem dapat memberikan solusi yang praktis dan efisien bagi pengguna dalam melakukan survei harga laptop di berbagai toko.

6. Kesimpulan

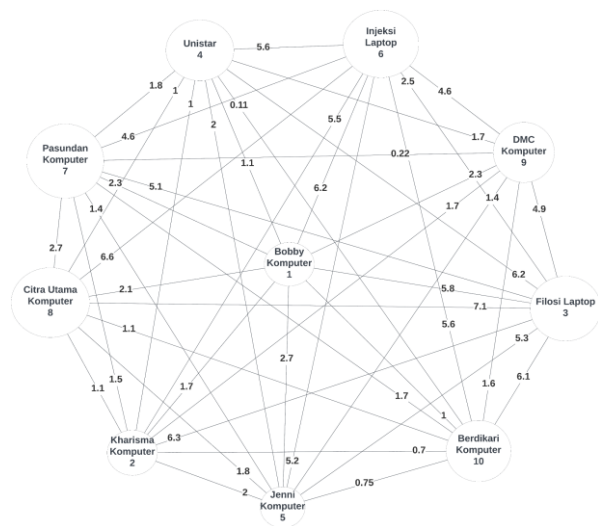
Tahap terakhir adalah menarik kesimpulan dari hasil pengujian dan evaluasi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan algoritma Floyd-Warshall berhasil menentukan rute terpendek dengan baik dan efisien. Sistem yang dibangun dapat mempermudah pelanggan dalam melakukan survei harga laptop, dengan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut agar aplikasi ini dapat digunakan dalam konteks lain, seperti pengoptimalan rute distribusi barang atau survei harga barang lainnya.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi. Observasi dilakukan untuk mengumpulkan data sekunder berupa toko-toko Komputer yang ada di Kota Kupang dan mengamati jalur-jalur serta menentukan jarak setiap titik jaringan melalui *Google Maps*. Proses survei dimulai dari rumah pelanggan sebagai titik awal, dengan menggunakan hasil perhitungan algoritma Floyd-Warshall, toko terdekat dari rumah dipilih sebagai tujuan pertama. Selanjutnya, algoritma akan menentukan toko berikutnya yang paling dekat dari posisi terakhir sehingga seluruh toko dikunjungi.

Tabel 1. Daftar Toko Komputer

No	Nama Toko
A	Boby Computer
B	Kharisma Komputer
C	Filosof Laptop
D	Unistar
E	Jenni Komputer
F	Injeksi Laptop Kupang
G	Pasundan Komputer Kupang
H	Citra Utama Komputer
I	DMC Komputer
J	Berdikari Computer Store

Berdasarkan data pada Tabel. 1 dapat dibentuk graf berdasarkan opsi lintasan untuk merepresentasikan rute-rute tersedia melalui lintasan yang menghubungkan Vertex dalam hal ini toko komputer. Berdasarkan data daftar toko komputer pada Table 1, diperoleh graf sebagai berikut.



Gambar 2. Graf rute

Indikator

Indikator yang digunakan dalam penelitian ini berupa jarak dari masing-masing vertex menuju ke vertex-vertex lainnya. Pada Tabel.2 jarak yang diambil dari referensi pada *google maps* sebagai *edge* yang akan digunakan sebagai bobot dalam pengaplikasian metode Floyd-Warshall dalam program yang dibangun jarak ini yang kemudian akan menjadi inisiasi bobot pada algoritma yang akan diterapkan.

Tabel 2. Indikator Jarak

Jarak	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10
n1	0	1.7	5.8	1.1	2.68	6.2	2.3	2.1	2.3	1
n2	2.1	0	6.2	1	2	5.5	1.5	1.1	1.7	0.7
n3	,	6.7	0	6.2	5.3	2.5	5.1	7.1	4.9	6.1
n4	1,5	0.55	6.3	0	2	5.6	1.8	1	1.7	0.11
n5	1,7	1.4	5.9	0.9	0	5.2	1.4	1.8	1.4	0.75
n6	5.6	6.2	2.5	5.7	4.8	0	4.6	6.6	4.6	5.6
n7	2.6	1.5	5.2	1.8	0.9	4.5	0	2.7	0.22	1.7
n8	2.2	1.2	7	1.2	2.7	6.3	2.5	0	2.5	1.1
n9	2.5	1.7	5	1.7	0.8	4.3	0.22	2.7	0	1.6
n10	1.4	0.7	6.2	0.11	1.9	5.5	1.7	1	1.7	0

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu faktor penting dalam perhitungan jarak terpendek adalah jarak awal yang digunakan sebagai perhitungan rute. Dengan menggunakan jarak awal, program dapat menghitung jarak setiap toko dan mengoptimalkan urutan kunjungan berdasarkan rute terpendek yang tersedia. Jarak awal setiap toko komputer di Kupang dapat dilihat di Gambar 2.

Jarak Awal										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	1,7	5,8	1,1	2,6	6,2	2,3	2,1	2,3	1
B	2,1	0	6,2	1	2	5,5	1,5	1,1	1,7	0,7
C	.	6,7	0	6,2	5,3	2,5	5,1	7,1	4,9	6,1
D	1,5	0,55	6,3	0	2	5,6	1,8	1	1,7	0,11
E	1,7	1,4	5,9	0,9	0	5,2	1,4	1,8	1,4	0,75
F	5,6	6,2	2,5	5,7	4,8	0	4,6	6,6	4,6	5,6
G	2,6	1,5	5,2	1,8	0,9	4,5	0	2,7	0,22	1,7
H	2,2	1,2	7	1,2	2,7	6,3	2,5	0	2,5	1,1
I	2,5	1,7	5	1,7	0,8	4,3	0,22	2,7	0	1,6
J	1,4	0,7	6,2	0,11	1,9	5,5	1,7	1	1,7	0

Gambar 2. Jarak Awal

Perhitungan jarak pendek ini dihasilkan melalui iterasi yang berulang, yang mengevaluasi setiap kemungkinan rute dan memperbarui jarak terpendek berdasarkan informasi sebelumnya. Selama proses ini, program akan menunjukkan tabel yang berisi jarak antar toko pada setiap iterasi yang memudahkan pengguna untuk memantau perubahan dalam estimasi jarak seiringnya waktu. Dalam proses perhitungan jarak ini, setiap node direpresentasikan sebagai huruf A hingga J yang menunjukkan lokasi toko komputer.

iterasi 1, i=2, j=0 [C ke A]										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	1,7	5,8	1,1	2,6	6,2	2,3	2,1	2,3	1
B	2,1	0	6,2	1	2	5,5	1,5	1,1	1,7	0,7
C	8,799999	6,7	0	6,2	5,3	2,5	5,1	7,1	4,9	6,1
D	1,5	0,55	6,3	0	2	5,6	1,8	1	1,7	0,11
E	1,7	1,4	5,9	0,9	0	5,2	1,4	1,8	1,4	0,75
F	5,6	6,2	2,5	5,7	4,8	0	4,6	6,6	4,6	5,6
G	2,6	1,5	5,2	1,8	0,9	4,5	0	2,7	0,22	1,7
H	2,2	1,2	7	1,2	2,7	6,3	2,5	0	2,5	1,1
I	2,5	1,7	5	1,7	0,8	4,3	0,22	2,7	0	1,6
J	1,4	0,7	6,2	0,11	1,9	5,5	1,7	1	1,7	0

Gambar 3. Iterasi ke-1

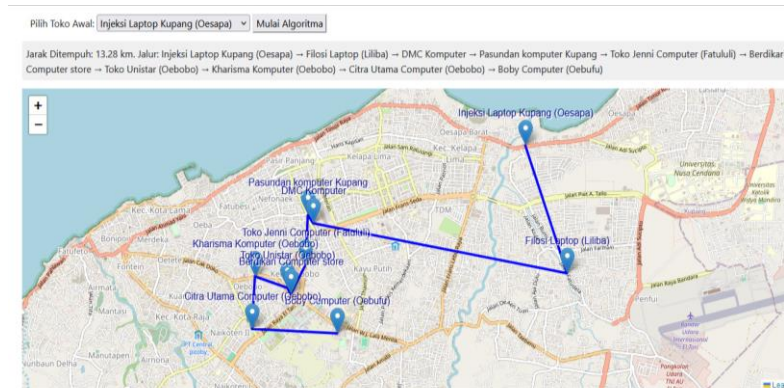
Pada iterasi pertama dalam algoritma ini, perhitungan jarak antar *node* dilakukan untuk menentukan jarak terpendek yang ada pada setiap *node* yang dapat dilihat di Gambar 3, jarak antara *node* C dan *node* A. Hal ini juga terjadi pada banyak pasangan *node* lainnya yang memperlihatkan pembaruan jarak seiring berjalannya algoritma. Pada proses perhitungan menggunakan algoritma Floyd-Warshall, iterasi dilakukan secara berulang untuk mengevaluasi semua kemungkinan jalur dan memperbarui jarak terpendek antara *node*. Proses iterasi dilakukan sebanyak 9 kali. Hasil perhitungan jarak terpendek dapat disederhanakan dengan menunjukkan hasil akhirnya, yaitu iterasi ke-9.

iterasi 9, i=8, j=7 [I ke H]										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	1.6500001	5.8	1.1	2.6	6.2	2.3	2	2.3	1
B	2.1	0	6.2	0.81	2	5.5	1.5	1.1	1.7	0.7
C	7	6.6	0	6.1600003	5.3	2.5	5.1	7.05	4.9	6.05
D	1.5	0.55	6.3	0	2	5.6	1.8	1	1.7	0.11
E	1.7	1.4	5.9	0.86	0	5.2	1.4	1.75	1.4	0.75
F	5.6	6.1	2.55	5.6600003	4.8	0	4.6	6.55	4.6	5.55
G	2.6	1.5	5.2	1.76	0.9	4.5	0	2.6	0.22	1.65
H	2.2	1.2	7	1.2	2.7	6.3	2.5	0	2.5	1.1
I	2.5	1.7	5	1.66	0.8	4.3	0.22	2.55	0	1.55
J	1.4	0.66	6.2	0.11	1.9	5.5	1.7	1	1.7	0

Gambar 4. Iterasi ke 9

Hasil Visualisasi

Dalam visualisasi ini, setiap toko direpresentasikan dengan penanda (marker) pada peta, sementara garis biru menghubungkan setiap toko yang membentuk urutan rute terpendek. Visualisasi hasil perhitungan jarak terpendek ditunjukkan dalam peta yang menghubungkan beberapa toko komputer di Kota Kupang menggunakan garis rute terpendek. Contoh yang digunakan disini adalah untuk titik awal Injeksi Laptop Kupang kemudian menelusuri semua titik dan berakhir pada Bobby Komputer.



Gambar 5. Visualisasi hasil perhitungan

Dari matriks yang telah didapatkan, setelah memulai dari *Injeksi Laptop Kupang (Oesapa)* sebagai titik awal, kemudian menuju *Filosi Laptop (Liliba)*, dilanjutkan ke *DMC Komputer (Oebobo)*, lalu ke *Pasundan Komputer Kupang*, dan berlanjut ke *Toko Jenni Computer (Fatululi)*, kemudian ke *Berdikari Computer store*, setelah itu lanjut ke *Toko Unistar (Oebobo)*, dan ke *Kharisma Komputer (Oebobo)*, sebelum mencapai titik akhir ke *Citra Utama Komputer (Oebobo)* dan akhirnya berakhir di *Bobby Komputer (Oebufu)*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penggunaan Algoritma Floyd-Warshall dalam kasus yang diangkat dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu dengan Metode ini, pencarian jarak terpendek hanya dilakukan saat inisialisasi awal, dan untuk mencari rute-rute lain, hanya perlu dicocokkan dengan matriks hasil yang ada sehingga pencarian dapat dilakukan secara efisien. Namun, dengan andalnya algoritma ini dalam menyajikan rute yang ada terdapat kekurangan pada kompleksitas waktu yang besar yaitu $O(V^3)$ membuat waktu yang diperlukan menjadi lebih banyak untuk graf yang besar. Selain itu, kompleksitas komputasi yang dihadirkan membuat Algoritma ini tidak praktis jika digunakan untuk kasus yang lebih umum dimana jarang ditemukan adanya bobot negatif sehingga algoritma Dijkstra lebih disukai karena pendekatan *greedy*-nya mampu dieksekusi dengan lebih cepat dan efisien dalam penggunaan memorinya karena tidak perlu menyimpan seluruh bobot dalam menentukan suatu rute. Disamping itu sesuai dengan keunggulannya, algoritma ini mampu menangani graf yang padat dengan tetap memberikan bobot yang optimal pada setiap pasangan titik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Katadata. (n.d.). *Penetrasi internet di kalangan remaja tertinggi di Indonesia*. Retrieved December 13, 2024, from <https://databoks.katadata.co.id/teknologi-telekomunikasi/statistik/d100bd73a8e3529/penetrasi-internet-di-kalangan-remaja-tertinggi-di-indonesia>
- [2] Katadata. (n.d.). *Penetrasi internet di kalangan remaja tertinggi di Indonesia*. Retrieved December 13, 2024, from <https://databoks.katadata.co.id/teknologi-telekomunikasi/statistik/d100bd73a8e3529/penetrasi-internet-di-kalangan-remaja-tertinggi-di-indonesia>

-
- [3] NOVANDI, Raden Aprian Diaz. Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd-Warshall dalam Penentuan Lintasan Terpendek (Single Pair Shortest Path). Makalah IF2251 Strategi Algoritmik, 2007, 1-5.
- [4] HENDRA, Hendra; RITI, Yosefina Finsensia. PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA DAN FLOYD-WARSHALL DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK STASIUN GUBENG MENUJU WISATA SURABAYA. JIKA (Jurnal Informatika), 2022, 6.3: 297-309.
- [5] BUAKO, Zulmagfir; YAHYA, Lailany; ACHMAD, Novianita. Aplikasi algoritma floyd-warshall dengan pendekatan madm dalam menentukan rute terpendek pengangkutan sampah. Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi, 2021, 9.2: 62-70.
- [6] NINGRUM, Elia Resita, et al. Optimasi Rute Pendistribusian Gas Elpiji Menggunakan Algoritma Floyd Warshall Dan Algoritma Greedy. Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan, 2023, 20.1: 1-14.
- [7] KRISNAMURTI, Cyrenia Novella; GEONG, Efrem Alfandro Pascal. Implementasi algoritma Floyd-Warshall untuk menentukan rute terpendek destinasi wisata populer di Labuan Bajo. Unnes Journal of Mathematics, 2021, 75-84.
- [8] LUSIANI, Anie, et al. APPLICATION OF THE FLOYD-WARSHALL ALGORITHM TO OPTIMIZE ELECTRICITY DISTRIBUTION IN THE CITY OF CIMAHI. Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika, 2024, 5.2: 1126-1134.
- [9] Sakharov, V., Chernyi, S., Saburov, S., & Chertkov, A. (2021). Automatization Search for the Shortest Routes in the Transport Network Using the Floyd-warshell Algorithm. *Transportation Research Procedia*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.041>
- [10] Sao P, Kannan R, Gera P, Vuduc R. A supernodal all-pairs shortest path algorithm. In Proceedings of the 25th ACM SIGPLAN Symposium on Principles and Practice of Parallel Programming 2020 Feb 19 (pp. 250-261).