

IMPLEMENTASI ALGORITMA DIJKSTRA UNTUK PENCARIAN RUTE EFISIEN DALAM PENGIRIMAN BARANG DI KOTA KUPANG

Adi Juanito Taklal¹, Adrian Teva Tetus Nau², Albert Berliano Tapatab³, Aldy Verdynand Baria⁴,
Annika Laurensia Hipir⁵, Helena Alycia Liu⁶, Margaritha Theresia Lubalu⁷, Oswaldus Putra
Fernando⁸, Patricia Margareth Monika⁹, Taufiq Kusuma¹⁰,
Willem Yufri Seran¹¹, William Ivander Lie¹²

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Nusa Cendana, Indonesia

Email: ¹aditaklal@gmail.com, ²riannaupunya@gmail.com, ³albertberliano@gmail.com,
⁴aldybaria2@gmail.com, ⁵annikahipir17@gmail.com, ⁶alyciahelena7@gmail.com,
⁷rithalubalu@gmail.com, ⁸fernandputra14@gmail.com, ⁹patriciamonikap2m@gmail.com,
¹⁰taufiqkusuma741@gmail.com, ¹¹willemsenan1@gmail.com,
¹²williamivanderlie@gmail.com

ABSTRAK

Distribusi barang merupakan aktivitas penting untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, baik untuk konsumsi maupun operasional. Di Kota Kupang, yang memiliki 51 kelurahan, proses distribusi menghadapi tantangan, terutama dalam menentukan rute pengiriman yang efisien. Kurir sering kali membuang waktu dan bahan bakar akibat rute yang kurang optimal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi web berbasis algoritma Dijkstra yang mampu menentukan rute tercepat, sehingga dapat membantu kurir meningkatkan efisiensi pengiriman. Hingga saat ini, belum ada penelitian yang secara khusus mengkaji penggunaan algoritma Dijkstra untuk membantu pengiriman barang di Kota Kupang, meskipun algoritma ini telah terbukti efektif dalam optimalisasi rute di berbagai konteks. Tahapan penelitian diawali dengan pengumpulan data ketetanggaan antar kelurahan menggunakan Google Earth. Data tersebut kemudian dipetakan ke dalam bentuk graf sebagai dasar implementasi algoritma Dijkstra. Algoritma ini diintegrasikan dengan Google Maps Directions API untuk menghitung dan menampilkan rute tercepat secara interaktif. Pengujian dilakukan melalui dua metode utama, yaitu verifikasi kesesuaian rute tercepat dengan kondisi nyata serta *User Acceptance Test* (UAT) untuk mengevaluasi tingkat kepuasan pengguna. Dari hasil verifikasi, rute yang dihasilkan sesuai dengan rute tercepat di lapangan. Sementara itu, UAT mencatat tingkat kepuasan pengguna sebesar 83.5%, yang menunjukkan bahwa aplikasi ini tidak hanya efektif, tetapi juga cukup mudah digunakan dan relevan dengan kebutuhan kurir. Dengan demikian, aplikasi ini berpotensi membantu menghemat waktu dan biaya operasional dalam distribusi barang di Kota Kupang.

Kata Kunci: Distribusi Barang, Algoritma Dijkstra, Rute Tercepat

ABSTRACT

Distribution of goods is a crucial activity to meet the needs of the community, both for consumption and operational purposes. In the city of Kupang, which has 51 urban villages, the distribution process faces challenges, especially in determining efficient delivery routes. Couriers often waste time and fuel due to suboptimal routes. To address this issue, this study aims to develop a web-based application using Dijkstra's algorithm that can determine the fastest route, thereby helping couriers improve delivery efficiency. Until now, there has been no specific research examining the use of Dijkstra's algorithm to assist in goods delivery in Kupang, even though this algorithm has proven effective in route optimization in various contexts. The research begins with the collection of neighborhood adjacency data using Google Earth. This data is then mapped into a graph as the basis for implementing Dijkstra's algorithm. This algorithm is integrated with the Google Maps Directions API to calculate and display the fastest route interactively. Testing is conducted through two main methods: verifying the fastest route's suitability with real conditions and conducting a User Acceptance Test (UAT) to evaluate user satisfaction levels. The verification results show that the routes generated are consistent with the fastest routes on the ground. Meanwhile, the UAT recorded a user satisfaction level of 83.5%, indicating that this application is not only effective but also quite user-friendly and relevant to couriers' needs. Therefore, this application has the potential to save time and operational costs in the distribution of goods in Kupang.

Keywords: Goods Distribution, Dijkstra Algorithm, Fastest Route

1. PENDAHULUAN

Distribusi barang adalah aktivitas penting untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di berbagai negara, termasuk di Indonesia [1]. Distribusi mencakup proses penyaluran barang atau komoditas dari satu tempat ke tempat lain yang membutuhkan, baik untuk keperluan konsumen maupun operasional suatu perusahaan [2]. Dalam praktiknya, distribusi barang tidak hanya membantu kelancaran aktivitas ekonomi, tetapi juga menjaga stabilitas *supply chain*, sehingga dapat mencegah inflasi serta memastikan ketersediaan barang di pasar [3]. Para kurir berperan penting dalam proses ini, khususnya dalam pengiriman barang dengan cepat dan tepat ke berbagai lokasi [4].

Kota Kupang, ibu kota Nusa Tenggara Timur, yang terdiri dari 51 kelurahan, menghadapi tantangan tersendiri dalam proses distribusi barang. Banyaknya kelurahan menuntut para kurir untuk merencanakan rute perjalanan dengan cermat agar dapat menghemat waktu dan biaya operasional. Kurir sering kali harus mengunjungi beberapa kelurahan dalam satu perjalanan, dan tanpa rute yang optimal, mereka berisiko mengalami pemborosan bahan bakar serta waktu kerja. Masalah ini juga berdampak pada biaya operasional perusahaan pengiriman. Untuk mengatasi tantangan ini, algoritma Dijkstra dapat menjadi solusi yang efektif. Algoritma ini dirancang untuk menentukan rute tercepat dan paling efisien dari berbagai alternatif yang ada. Dengan menggunakan algoritma ini, kurir dapat mengoptimalkan jarak tempuh dan meningkatkan produktivitas pengiriman barang.

Penelitian mengenai algoritma Dijkstra telah diterapkan dalam berbagai konteks untuk menentukan rute terpendek dan meningkatkan efisiensi perjalanan. Penelitian pada kasus tempat bersejarah di Palembang menunjukkan bahwa algoritma Dijkstra dapat digunakan untuk menemukan rute optimal dengan menganalisis bobot graf, menghasilkan dua rute terbaik dari sepuluh rute yang dianalisis [5]. Pada kasus perjalanan dari tempat tinggal ke Kampus 2 UIN Sunan Ampel Surabaya, algoritma ini membantu menentukan jarak terpendek, meskipun faktor eksternal seperti kemacetan dan kondisi cuaca memengaruhi kecepatan perjalanan [6]. Sementara itu, dalam pengiriman barang oleh usaha travel, algoritma Dijkstra diterapkan dengan mempertimbangkan variabel-variabel seperti kondisi jalan, tingkat kemacetan, dan jumlah simpangan, sehingga mampu menghasilkan rute yang efisien dan hemat biaya [7]. Selain itu, penerapan algoritma Dijkstra dengan metode SAW dan Haversine untuk mencari titik pemberhentian angkot di Kota Sukabumi mempermudah masyarakat dalam menemukan titik pemberhentian secara efisien. [8]. Namun, di Kota Kupang, penelitian yang secara khusus mengkaji penerapan algoritma Dijkstra untuk pengiriman barang belum dilakukan. Penelitian seperti ini berpotensi mendukung pengiriman barang yang lebih efisien dan efektif, sekaligus memberikan manfaat bagi sektor logistik di wilayah tersebut.

2. MATERI DAN METODE

Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra dikembangkan oleh Edsger Wybe Dijkstra dan dipublikasikan pada tahun 1959 melalui jurnal *Numerische Mathematik* [9]. Algoritma ini mampu menyelesaikan masalah pencarian rute terpendek pada graf, di mana setiap simpul memiliki nilai yang tidak negatif [10]. Tahapan algoritma Dijkstra dapat dilakukan sebagai berikut [11]:

1. Tentukan titik awal yang akan menjadi node pertama atau node awal. Selanjutnya, hitung bobot jarak dari node awal ke setiap node terdekat secara berurutan. Algoritma Dijkstra akan mengembangkan pencarian untuk menemukan bobot terkecil dari satu node ke node lainnya secara bertahap.
2. Tetapkan bobot (jarak) untuk setiap node, dengan nilai 0 untuk node awal dan nilai tak hingga untuk node lainnya.
3. Tandai semua node yang belum dilalui, dan atur node awal sebagai “node keberangkatan.”
4. Dari node keberangkatan, hitung jarak ke node-node lainnya yang belum dilalui, dengan mempertimbangkan node yang paling dekat. Perbarui jarak jika nilai jarak baru lebih kecil dari nilai sebelumnya. Simpan nilai jarak yang lebih kecil tersebut.
5. Setelah menghitung dan mempertimbangkan jarak dari semua node yang berdekatan, tandai node yang telah dilalui sebagai “node yang dilewati”. Node yang sudah dilewati tidak akan diperiksa kembali, dan bobot jarak yang disimpan adalah yang terkecil.
6. Pilih “node belum dilewati” dengan bobot jarak terkecil sebagai “node keberangkatan” untuk langkah berikutnya, dan ulangi proses ini hingga semua node diperiksa.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian mengikuti alur yang ditunjukkan pada Gambar 1 agar memudahkan proses dan memastikan penelitian berlangsung secara sistematis dan terstruktur.

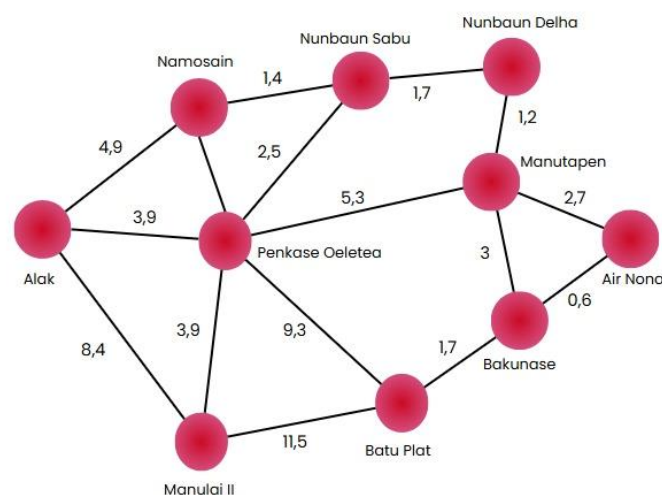


Gambar 1. Alur tahapan penelitian

1. Pengumpulan data: Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data, di mana data keterhubungan antar 51 kelurahan diperoleh menggunakan Google Earth. Data ini mencakup posisi geografis dari setiap kelurahan dan informasi rute jalan yang menghubungkan kelurahan-kelurahan tersebut. Data ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk tahapan pemetaan data.
2. Pemetaan data: Setelah data dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah pemetaan data. Dalam tahap ini, data yang diperoleh dari Google Earth dipetakan ke dalam bentuk graf. Setiap kelurahan direpresentasikan sebagai simpul (*node*), dan hubungan antar kelurahan digambarkan sebagai sisi (*edge*) dengan bobot yang menunjukkan jarak fisik antara kelurahan. Pemetaan ini penting untuk visualisasi dan analisis lebih lanjut mengenai keterhubungan antar kelurahan.
3. Implementasi Dijkstra: Pada tahap ini, algoritma Dijkstra diimplementasikan untuk menghitung rute optimal antar kelurahan. Implementasi ini dilakukan dengan menggunakan Google Maps Directions API, yang memungkinkan perhitungan rute optimal secara real-time berdasarkan data jalan yang aktual. Algoritma Dijkstra membantu dalam menentukan rute terpendek atau paling efisien antara dua titik (kelurahan) dalam jaringan yang sudah dipetakan sebelumnya.
4. Pengujian: Hasil dari implementasi algoritma Dijkstra kemudian diuji untuk memastikan akurasi dan efektivitas dalam menemukan rute optimal. Pengujian dilakukan dengan menggunakan data aktual untuk mengevaluasi kinerja sistem. Tahap ini juga melibatkan analisis hasil pengujian untuk memastikan bahwa sistem dapat digunakan secara praktis dan memberikan kemudahan bagi pengguna, dalam hal ini kurir yang membutuhkan rute optimal untuk pengiriman.
5. Kesimpulan: Setelah semua tahapan sebelumnya selesai, tahap akhir dalam penelitian ini adalah menarik kesimpulan dari hasil pengujian dan evaluasi. Kesimpulan ini mencakup analisis mengenai keberhasilan sistem dalam menghitung rute optimal serta rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut atau perbaikan sistem. Tahap ini memastikan bahwa hasil penelitian dapat diaplikasikan dan memberikan manfaat nyata bagi pengguna.

Ilustrasi Implementasi Model

Bagian ini mengilustrasikan perhitungan rute terpendek menggunakan graf kelurahan. Untuk menyederhanakan ilustrasi, digunakan 10 titik kelurahan, yaitu: Alak, Namosain, Penkase Oeleta, Manulai II, Batu Plat, Manutapen, Nubaun Sabu, Nunbaun Delha, Bakunase, dan Air Nona (lihat Gambar 2). Kurir memulai dari kelurahan Alak dan akan mengunjungi dua kelurahan tujuan untuk mengantarkan barang, yaitu Nunbaun Sabu dan Air Nona.



Gambar 2. Graf 10 kelurahan di Kota Kupang

Langkah-langkah perhitungan:

1. Menentukan Tujuan Pertama

Dengan menggunakan algoritma Dijkstra, dilakukan pencarian jarak terpendek dari Alak ke kedua kelurahan tujuan, yaitu Nunbaun Sabu (NBS) dan Air Nona. Hasil perhitungan jarak terpendek ke setiap kelurahan ditunjukkan pada Gambar 3.

V	Alak	Namosain	Penkase	Manulai II	Batu Plat	Manutapen	NBS	NBD	Bakunase	Air Nona
Alak	0 _{Alak}	4,9 _{Alak}	3,9 _{Alak}	8,4 _{Alak}	∞	∞	∞	∞	∞	∞
Penkase	4,9 _{Alak}	3,9 _{Alak}	7,8 _{Penkase}	13,2 _{Penkase}	9,2 _{Penkase}	6,4 _{Penkase}	∞	∞	∞	∞
Namosain	4,9 _{Alak}		7,8 _{Penkase}	13,2 _{Penkase}	9,2 _{Penkase}	6,3 _{Namosain}	∞	∞	∞	∞
NBS			7,8 _{Penkase}	13,2 _{Penkase}	9,2 _{Penkase}	6,3 _{Namosain}	8 _{NBS}	∞	∞	∞
Manulai II			7,8 _{Penkase}	13,2 _{Penkase}	9,2 _{Penkase}		8 _{NBS}	∞	∞	∞
NBD				13,2 _{Penkase}	9,2 _{NBD}		8 _{NBS}	∞	∞	∞
Manutapen				13,2 _{Penkase}	9,2 _{NBD}			12,2 _{Manutapen}	11,9 _{Manutapen}	
Air Nona				13,2 _{Penkase}				12,2 _{Manutapen}	11,9 _{Manutapen}	
Bakunase				13,2 _{Penkase}				12,2 _{Manutapen}		
Batu Plat				13,2 _{Penkase}						

Gambar 3. Matriks jarak terpendek algoritma Dijkstra dari Alak ke kelurahan lainnya

Pada tabel tersebut, setiap nilai yang terdapat di baris dan kolom dengan nama kelurahan yang sama menunjukkan jarak yang ditempuh dari Alak (titik awal) menuju kelurahan lainnya, dengan mempertimbangkan rute yang dilalui. Sebagai contoh, pada kolom dan baris Nunbaun Sabu (NBS), nilai 6,3_{Namosain} berarti jarak dari Alak ke Nunbaun Sabu (NBS) adalah 6,3 km, yang ditempuh melalui Namosain.

Sehingga, didapatkan jarak dari Alak ke Nunbaun Sabu (NBS) adalah 6,3 km, melewati Namosain, sedangkan jarak dari Alak ke Air Nona lebih panjang. Oleh karena itu, Nunbaun Sabu dipilih sebagai tujuan pertama karena jaraknya lebih dekat.

2. Menentukan Rute dari Tujuan Pertama ke Tujuan Kedua

Setelah sampai di Nunbaun Sabu (NBS), algoritma Dijkstra kembali digunakan untuk menghitung jarak terpendek dari Nunbaun Sabu ke Air Nona. Hasil perhitungannya ditunjukkan pada Gambar 4, di mana jarak dari Nunbaun Sabu ke Air Nona adalah 5,6 km, melalui rute Nunbaun Delha dan Manutapen.

V	Alak	Namosain	Penkase	Manulai II	Batu Plat	Manutapen	NBS	NBD	Bakunase	Air Nona
NBS	∞	1,4 _{NBS}	2,5 _{NBS}	∞	∞	∞	0 _{NBS}	1,7 _{NBS}	∞	∞
Namosain	6,3 _{Namosain}	1,4 _{NBS}	2,5 _{NBS}	∞	∞	∞		1,7 _{NBS}	∞	∞
NBD	6,3 _{Namosain}		2,5 _{NBS}	∞	∞	2,9 _{NBD}		1,7 _{NBS}	∞	∞
Penkase	6,3 _{Namosain}		2,5 _{NBS}	6,4 _{Penkase}	11,8 _{Penkase}	2,9 _{NBD}			∞	∞
Manutapen	6,3 _{Namosain}			6,4 _{Penkase}	11,8 _{Penkase}	2,9 _{NBD}		5,9 _{Manutapen}	5,6 _{Manutapen}	
Air Nona	6,3 _{Namosain}			6,4 _{Penkase}	11,8 _{Penkase}			5,9 _{Manutapen}	5,6 _{Manutapen}	
Bakunase	6,3 _{Namosain}			6,4 _{Penkase}	7,6 _{Bakunase}			5,9 _{Manutapen}		
Alak	6,3 _{Namosain}			6,4 _{Penkase}	7,6 _{Bakunase}					
Manulai II				6,4 _{Penkase}	7,6 _{Bakunase}					
Batu Plat					7,6 _{Bakunase}					

Gambar 4. Matriks jarak terpendek algoritma Dijkstra dari Nunbaun Sabu ke kelurahan lainnya

Maka diperoleh rute dan jarak total perjalanan kurir adalah sebagai berikut:

1. Alak – Nunbaun Sabu (NBS)
 - Rute: Alak – Namosain – Nunbaun Sabu (NBS)
 - Jarak: 6,3 km
2. Nunbaun Sabu (NBS) – Air Nona
 - Rute: Nunbaun Sabu (NBS) – Nunbaun Delha (NBD) – Manutapen – Air Nona
 - Jarak: 5,6 km

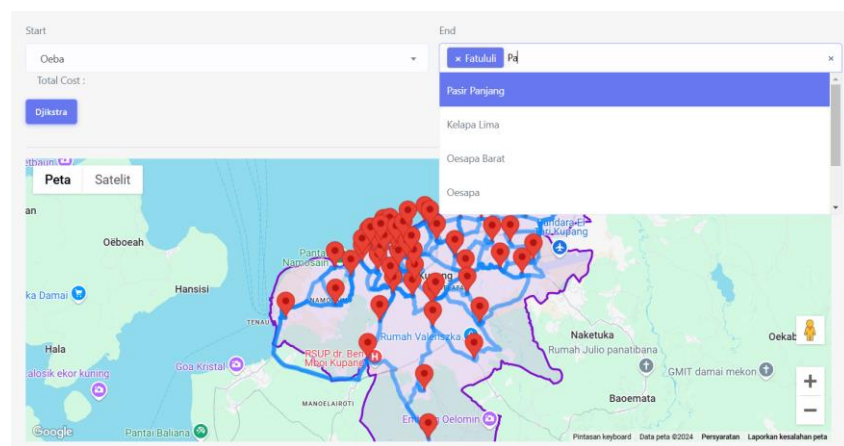
Sehingga, rute keseluruhan yang dilalui kurir adalah : Alak – Namosain – Nunbaun Sabu (NBS) – Nunbaun Delha (NBD) – Manutapen – Air Nona.

Dengan total jarak yang ditempuh: 6,3 km + 5,6 km = 11,9 km.

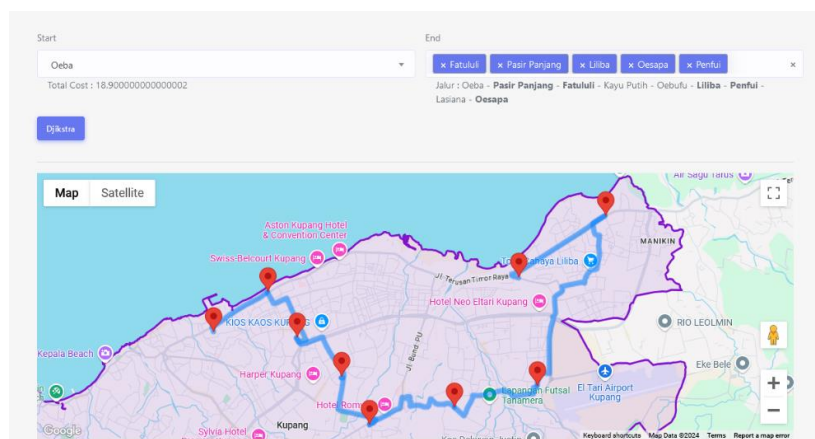
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian adalah terciptanya sebuah web aplikasi yang dirancang untuk membantu kurir dalam menentukan rute tercepat untuk mengantarkan barang ke kelurahan-kelurahan tujuan. Pada aplikasi ini, kurir dapat memilih titik awal dan kelurahan-kelurahan tujuan yang diinginkan, seperti yang ditampilkan pada Gambar 5. Setelah data dimasukkan, sistem akan menghitung dan memberikan hasil rute tercepat yang divisualisasikan dalam bentuk peta, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Antarmuka pemilihan titik awal dan tujuan



Gambar 6. Visualisasi hasil rute tercepat aplikasi web

Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan dua metode: Verifikasi Kesesuaian Rute Tercepat dan *User Acceptance Test* (UAT), untuk memastikan aplikasi yang dikembangkan berfungsi dengan benar dan sesuai kebutuhan pengguna.

1. Pengujian Kesesuaian Rute Tercepat

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa rute tercepat yang dihasilkan oleh aplikasi benar merupakan rute tercepat dari semua kemungkinan rute yang dapat ditempuh.

Tabel 1. Verifikasi kesesuaian rute tercepat

Titik Awal	Titik Tujuan	Kemungkinan Rute	Rute Tercepat (Aplikasi)	Keterangan
Oepura	Bello	Oepura – Kolhua – Bello (6,5 km)	Oepura – Sikumana – Bello (4,5 km)	Sesuai
		Oepura – Sikumana – Bello (4,5 km)		
Alak	Nunbaun Sabu	Alak – Penkase Oeletea – Nunbaun Sabu (6,4 km)	Alak – Namosain – Nunbaun Sabu (6,3 km)	Sesuai
		Alak – Namosain – Nunbaun Sabu (6,3 km)		
		Alak – Penkase Oeleta – Namosain – Nunbaun Sabu (8,1 km)		
Oebufu	Penfui	Oebufu – Liliba – Penfui (4,6 km)	Oebufu – Liliba – Penfui (4,6 km)	Sesuai
		Oebufu – Liliba – Naimata- Penfui (6,4 km)		

Tabel 1 menunjukkan beberapa pilihan rute dari banyak rute yang dapat dilalui dari titik awal ke titik tujuan. Ketika dibandingkan dengan hasil rute tercepat yang dihasilkan oleh aplikasi, hasilnya menunjukkan bahwa rute yang dipilih aplikasi sesuai dengan rute tercepat sebenarnya.

2. *User Acceptance Test* (UAT)

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan sistem telah memenuhi kebutuhan pengguna. Pengujian dilakukan dengan menggunakan empat kategori pertanyaan, yaitu: segi kemanfaatan (I), segi penggunaan (II), segi tampilan (III) dan segi akurasi (IV). Berdasarkan survei kepada 10 responden, kategori pertama mendapat 82%, kategori kedua mendapat 84%, kategori ketiga mendapat 88% dan kategori keempat mendapat 80%.

Tabel 2. Hasil *User Acceptance Test* (UAT)

Menanggapi	Skor	Kategori Pertanyaan			
		I	II	III	IV
Sangat Setuju/Sangat Puas	5	4	5	5	4
Setuju/Puas	4	4	2	4	3
Netral	3	1	3	1	2
Tidak Setuju/Tidak Puas	2	1	0	0	1
Sangat Tidak Setuju/ Sangat Tidak Puas	1	0	0	0	0
Persentase		82%	84%	88%	80%

Tabel 2 menunjukkan persentase masing-masing kategori pertanyaan dan distribusi respon. Berdasarkan persentase tersebut, pengguna merasa puas terhadap kemanfaatan, kemudahan penggunaan, tampilan antarmuka, dan akurasi sistem. Untuk kategori akurasi, meskipun sudah baik, masih terdapat ruang untuk pengembangan lebih lanjut. Secara keseluruhan, pengujian ini mencatat tingkat penerimaan pengguna sebesar 83.5%, yang menunjukkan penerimaan yang baik terhadap sistem yang telah diterapkan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, aplikasi web yang dikembangkan berhasil memenuhi tujuan utamanya, yaitu membantu kurir menentukan rute terefisien atau tercepat untuk mengantarkan barang ke kelurahan-kelurahan tujuan. Sistem ini mampu menghasilkan rute tercepat secara akurat, sebagaimana divalidasi melalui metode Verifikasi Kesesuaian Rute Tercepat. Hasil *User Acceptance Test* (UAT) juga menunjukkan tingkat penerimaan pengguna yang baik, dengan rata-rata skor 83,5%. Responden merasa puas terhadap aspek kemanfaatan, kemudahan pengguna, tampilan antarmuka, dan akurasi sistem, meskipun pada aspek akurasi masih terdapat ruang untuk pengembangan lebih lanjut. Secara keseluruhan, aplikasi ini menunjukkan kinerja yang baik dan layak diimplementasikan sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi kerja kurir dalam pengiriman barang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. J. Redding and M. A. Turner, "Chapter 20 - Transportation Costs and the Spatial Organization of Economic Activity," *ScienceDirect*, Jan. 01, 2015.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978044459531700020X>
- [2] W. H. Kersting, "Distribution System Modeling and Analysis," *CRC Press eBooks*, pp. 26–58, Sep. 2018, doi: <https://doi.org/10.1201/9781315222424-27>.
- [3] N. Mustafee, K. Katsaliaki, and S. J. E. Taylor, "Distributed Approaches to Supply Chain Simulation," *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, vol. 31, no. 4, pp. 1–31, Oct. 2021, doi: <https://doi.org/10.1145/3466170>.
- [4] M. Chen and M. Hu, "Courier Dispatch in On-Demand Delivery," *Management Science*, Jul. 2023, doi: <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.4858>.
- [5] D. C. Ramadan and F. Ramury, "Penerapan Algoritma Dijkstra untuk Menentukan Rute Terpendek dari Kampus A UIN Raden Fatah ke Tempat Bersejarah di Palembang," *Diophantine Journal of Mathematics and Its Applications*, vol. 2, no. 2, pp. 52–58, Dec. 2023. doi: 10.33369/diophantine.v2i1.28321.
- [6] G. N. Ramadhan, R. K. A. Bachrun, and A. Syaifulloh, "Penerapan Algoritma Dijkstra Untuk Menentukan Rute Terpendek Tempat Tinggal Ke Kampus 2 Uin Sunan Ampel Surabaya," vol. 7, no. 1, 2024.
- [7] E. Budihartono, "Penerapan Algoritma Dijkstra Untuk Sistem Pendukung Keputusan Bagi Penentuan Jalur Terpendek Pengiriman Paket Barang Pada Travel," 2016.
- [8] Z. A. Mulkan, I. R. Setiawan, and F. Frazna, "Penerapan Algoritma Dijkstra dengan metode SAW dan Haversine Pada Pencarian Rute Terdekat Menemukan Titik Pemberhentian Angkot Kota Sukabumi," *josh*, vol. 4, no. 4, pp. 1205–1218, Jul. 2023, doi: [10.47065/josh.v4i4.3661](https://doi.org/10.47065/josh.v4i4.3661).
- [9] M. Luo, X. Hou, and J. Yang, "Surface Optimal Path Planning Using an Extended Dijkstra Algorithm," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 147827–147838, 2020, doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3015976>.
- [10] Md. A. Alam and Md. O. Faruq, "Finding Shortest Path for Road Network Using Dijkstra's Algorithm," *Bangladesh Journal of Multidisciplinary Scientific Research*, vol. 1, no. 2, pp. 41–45, Jul. 2019, doi: <https://doi.org/10.46281/bjmsr.v1i2.366>.
- [11] D. Rachmawati and L. Gustin, "Analysis of Dijkstra's Algorithm and A* Algorithm in Shortest Path Problem," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1566, p. 012061, Jun. 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1566/1/012061>.