



Penentuan Rute Jakarta-Bandung pada Kendaraan Nebengers dengan menggunakan *Vehicle Routing Problems with Profits*

Fahri Anwar^{1✉}, Siti Ruqaiyah Baharuddin², Dira Aulia³

⁽¹⁾Program Studi Rekayasa Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar

⁽²⁾Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar

⁽³⁾Program Studi Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember

DOI: 10.31004/jutin.v8i4.50612

✉ Corresponding author:

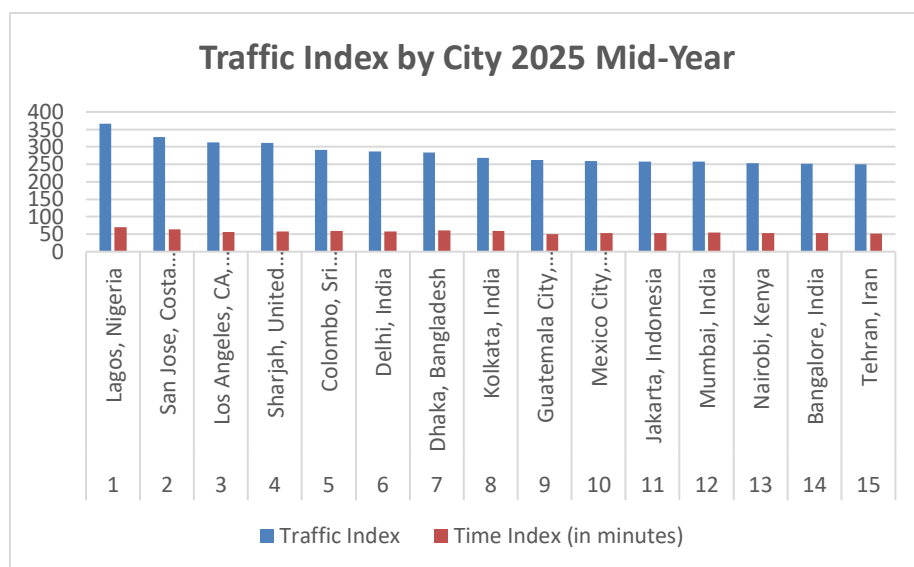
[fahri.anwar@unm.ac.id]

Article Info	Abstrak
<p>Kata kunci: <i>Vehicle Routing Problem with Profits; Prize Collecting Travelling Salesman Problem; optimasi rute; heuristic algorithm; carpooling.</i></p>	<p>Kemacetan lalu lintas di Indonesia, khususnya rute Jakarta–Bandung, menyebabkan penurunan efisiensi mobilitas masyarakat. Nebengers sebagai platform <i>carpooling</i> menjadi solusi alternatif untuk mengurangi penggunaan kendaraan pribadi, namun rute perjalanan kapten perlu dioptimalkan agar biaya perjalanan minimal. Penelitian ini merupakan studi kasus dengan menggunakan pendekatan <i>Vehicle Routing Problem with Profits</i> (VRPP), model <i>Prize Collecting Travelling Salesman Problem</i> (PCTSP), dan algoritma <i>nearest neighbor</i> untuk menentukan rute optimal. Data penelitian mencakup biaya tol, konsumsi bahan bakar, revenue tiap titik, dan penalti untuk titik yang tidak dikunjungi. Hasil menunjukkan rute yang mengunjungi semua titik menghasilkan biaya total Rp222.219, lebih rendah dibandingkan rute dengan penalti Rp225.333. Disimpulkan bahwa rute dengan seluruh titik pengantaran merupakan opsi terbaik untuk memaksimalkan profit dan efisiensi perjalanan</p>
<p>Keywords: <i>Vehicle Routing Problem with Profits; Prize Collecting Travelling Salesman Problem; Route optimization; heuristic algorithm; carpooling.</i></p>	<p>Abstract <i>Traffic congestion in Indonesia, particularly on the Jakarta–Bandung route, significantly reduces mobility efficiency. Nebengers, a carpooling platform, offers an alternative solution to reduce private vehicle usage, but the drivers' routes must be optimized to minimize travel costs. This study is a case study using the Vehicle Routing Problem with Profits (VRPP), the Prize Collecting Travelling Salesman Problem (PCTSP) model, and the heuristic nearest neighbor algorithm to determine the optimal route. The data considered include toll fees, fuel consumption, revenue from each drop-off point, and penalties for unvisited points. The results indicate that visiting all points produces a total cost of IDR 222,219, which is lower than the route</i></p>

with penalties (IDR 225,333). It is concluded that visiting all drop-off points is the best option to maximize profit and travel efficiency.

1. PENDAHULUAN

Sebuah riset yang dilakukan oleh numbeo.com pada tahun 2020 menempatkan Indonesia sebagai 13 negara dengan skor tertinggi kemacetan lalu lintas terparah di dunia. Indonesia berada di bawah Colombia menduduki posisi kesebelas dengan traffic index sebesar 257.8. Jika dilihat dari perhitungan yang didasarkan dari seberapa lama pengemudi menghabiskan waktu rata-rata di jalan raya, maka time index (dalam menit) untuk Indonesia adalah 53,50 (Numbeo, 2025). Berikut merupakan data 15 negara dengan kemacetan terparah di dunia berdasarkan traffic indexnya:



Gambar 1. Traffic Index by City 2025 Mid-Year

Kemacetan yang terjadi salah satunya disebabkan oleh populasi yang sangat besar tetapi tidak didukung dengan sistem transportasi dan kapasitas jalan yang memadai. Moda transportasi utama di Indonesia untuk berpergian adalah kendaraan pribadi seperti mobil dan sepeda motor sebesar 70,3% (Sitanggang & Saribanon, 2018). Minimnya sistem transportasi umum membuat masyarakat memilih untuk membawa kendaraan pribadi karena kendaraan pribadi dinilai lebih mudah dan nyaman. Selain karena mudah dan nyaman, keputusan seseorang untuk memiliki kendaraan pribadi juga didorong oleh rasa bangga yang terbentuk karena memiliki kendaraan tersebut meskipun mengorbankan ruang publik. Pada tahun 2005, dibukanya akses jalan tol Cipularang menyebabkan semakin mudahnya akses mobilitas bagi masyarakat Jakarta untuk berwisata ke Bandung dan begitu pula sebaliknya (Anwar et al., 2025; Utama et al., 2013). Sehingga jarak yang dulu terbilang jauh, sekarang sudah dapat ditempuh hanya dengan waktu 2-3 jam perjalanan.

Diperlukan Inovasi dalam sektor transportasi telah mendorong munculnya layanan transportasi berbasis aplikasi daring atau online *ride-sharing*. Di Indonesia, layanan seperti *Go-Jek*, *Grab*, dan *Uber* menjadi pionir yang mengubah perilaku perjalanan masyarakat. Hal ini menjadikan banyaknya jasa transportasi Jakarta-Bandung atau sebaliknya sebagai salah satu peluang usaha yang menjanjikan. Tetapi, dibukanya akses jalan tol Cipularang membuat volume kendaraan yang melalui jalan tol tersebut meningkat dari waktu ke waktu dan menyebabkan kemacetan karena selalu terjadi penambahan volume kendaraan di Indonesia berdasarkan data yang telah dipaparkan sebelumnya. Kemacetan yang terjadi memunculkan beberapa gerakan social yang bertujuan untuk mengurangi tingkat kemacetan. Pada tahun 2011 tiga anak muda membentuk sebuah komunitas di *Twitter* yang lahir dari keresahan masyarakat yang ingin memakai kendaraan umum namun tetap nyaman seperti berada pada kendaraan pribadi (Zahara, 2020). Komunitas tersebut dinamakan *nebengers* yang kemudian diciptakan aplikasi untuk mempermudah pemantauan dalam mendata rute paling padat, mengukur perjalanan tiap harinya, dan interaksi antar anggota dalam komunitas tersebut. *Nebengers* adalah salah satu cara untuk mengurangi pemakaian kendaraan pribadi melalui konsep berbagi tumpangan (*carpooling*). Platform ini memungkinkan pengguna yang memiliki rute perjalanan searah untuk berbagi kendaraan, sehingga dapat menekan jumlah

kendaraan di jalan raya dan mengurangi tingkat kemacetan di perkotaan. Menurut Asirin & Azhari (2018) *nebengers* merupakan salah satu contoh model bisnis *ridesharing* yang dikembangkan di negara berkembang untuk mendukung transportasi berkelanjutan. Melalui pendekatan ini, *Nebengers* tidak hanya berkontribusi terhadap efisiensi mobilitas, tetapi juga mendukung upaya pengurangan emisi karbon dan konsumsi bahan bakar.

Penelitian oleh Utama et al. (2013) dan Syahputra (2017) mengungkapkan bahwa keputusan konsumen dalam memilih layanan transportasi sangat dipengaruhi oleh persepsi terhadap kualitas layanan, harga, serta kemudahan akses. Temuan ini menunjukkan pentingnya pemahaman perilaku konsumen untuk meningkatkan daya saing layanan transportasi. Layanan *ride-sharing* online merupakan sektor baru dalam industri jasa yang muncul berkat inovasi di bidang transportasi dengan memanfaatkan konsep ekonomi berbagi. Di Indonesia, terdapat berbagai penyedia layanan seperti *Go-Jek*, *Grab*, dan *Uber*. Penelitian mengenai minat pasar terhadap industri ini menunjukkan bahwa prospek pengembangan *ride-sharing* online di Indonesia masih sangat menjanjikan. Hal ini karena jumlah pelanggan belum mencapai puncaknya, ditambah kemampuan industri ini untuk menawarkan variasi produk yang beragam (Asirin & Azhari, 2018).

Di sisi lain, optimalisasi rute distribusi dan perjalanan merupakan salah satu tantangan utama yang dihadapi industri ini. Berbagai penelitian telah mengkaji *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan berbagai varian dan kendala, mulai dari batasan waktu, permintaan pelanggan, hingga profitabilitas. Dávila et al. (2021) meneliti VRP dengan batas waktu dan waktu layanan stokastik, sementara Stavropoulou et al. (2019) menyoroti VRP dengan profit dan konsistensi layanan. Zhang et al. (2013) mengusulkan *memetic algorithm* untuk VRP multiperiode dengan profit, sedangkan Wang & Wen (2020) mengembangkan model kompensasi dan alokasi keuntungan untuk VRP kolaboratif dengan jendela waktu. Penelitian Mancini et al. (2021) menambahkan perspektif keseimbangan beban kerja, sedangkan Singh et al. (2023) mengintegrasikan ketidakpastian permintaan melalui variabel acak *fuzzy*. Pendekatan penyelesaian masalah rute juga terus berkembang. Lidiawati et al. (2023) dan Pratiwi & Lubis (2023) menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* dan metode *Clarke and Wright Savings* untuk memperoleh rute distribusi optimal, sementara Umam et al. (2023) memadukan *Hybrid Nearest Neighbourhood Search* dengan *algoritma Symbiotic Organisms Search* untuk menyelesaikan VRP sampah. Halder et al. (2024) memberikan tinjauan komprehensif mengenai pengembangan dan peningkatan performa algoritma K-Nearest Neighbor, dan Kyaw & Saivichit (2024) mengaplikasikan metode ini pada VRP armada heterogen dengan kombinasi metode 2-Opt.

Selain optimasi rute, model bisnis dan monetisasi juga menjadi perhatian penting dalam mendukung keberlanjutan industri *ride-sharing*. Penelitian Monetization et al. (2025) mengkaji strategi monetisasi berkelanjutan untuk layanan berbagi tumpangan, sedangkan Komunikasi et al. (2016) melakukan studi etnografi virtual terhadap pengguna aplikasi *Nebengers*, yang menggambarkan pola penggunaan dan ekspektasi pelanggan terhadap layanan ini. Berdasarkan studi-studi tersebut, dapat disimpulkan bahwa tantangan utama dalam pengembangan industri *ride-sharing* meliputi pemahaman perilaku konsumen, optimalisasi rute layanan dengan mempertimbangkan efisiensi, profitabilitas, serta ketidakpastian. Dengan pengembangan strategi monetisasi yang mendukung keberlanjutan bisnis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan pendekatan optimasi rute berbasis algoritma modern dengan analisis strategi monetisasi untuk meningkatkan kinerja operasional dan keberlanjutan bisnis layanan *ride-sharing* di Indonesia.

Nebengers memiliki cukup banyak rute yang ditawarkan, mulai dari Jabodetabek, Bandung, Bali, Medan, dan Makassar. Rute paling populer dalam aplikasi *Nebenger* adalah Jakarta-Bandung atau sebaliknya dikarenakan transportasi umum antar dua kota tersebut sering habis terjual (Komunikasi et al., 2016). Anggota komunitas *Nebengers* pun mematok harga yang lebih murah daripada transportasi umum lainnya. Permasalahan yang ingin peneliti angkat dalam penelitian ini adalah rute yang harus dilalui oleh kapten (pemberi tumpangan) untuk mengantarkan ke tujuan akhir masing-masing penumpang *Nebengers* guna meminimalkan biaya yang timbul. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Vehicle Routing Problems with Profits* yang berfokus pada *The Prize Collecting Travelling Salesman Problem*. Berdasarkan permasalahan tersebut, judul penelitian ini adalah "Penentuan Rute Jakarta-Bandung pada Kendaraan *Nebengers* dengan menggunakan VRPP.

2. METODE

2.1 *Vehicle Routing Problem* (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) dapat digambarkan sebagai masalah merancang rute pengiriman atau pengumpulan yang optimal dari satu depot ke sejumlah kota atau pelanggan yang tersebar secara geografis, dengan batasan yang harus dipatuhi (Laporte, 1992). VRP menjadi peran penting dalam bidang distribusi dan logistik. Terdapat banyak variasi dalam VRP yang telah dipelajari dalam literatur yang ada. Dalam kebanyakan

kasus, tujuan dari varian VRP adalah untuk meminimalkan jumlah kendaraan yang digunakan dan/atau total jarak perjalanan (Zhang et al., 2013). Hal ini berbeda dengan *Vehicle Routing Problem with Profit* (VRPP) yang tujuannya adalah untuk meminimalkan biaya serta memaksimalkan total keuntungan.

2.2 Vehicle Routing Problem with Profit (VRPP)

VRPP dapat dilihat sebagai masalah tujuan tunggal, terdiri dari dua komponen yang saling bertentangan. Komponen pertama berusaha untuk memaksimalkan total keuntungan yang dikumpulkan, sedangkan komponen kedua berusaha untuk meminimalkan total jarak perjalanan, beriringan dengan memberikan layanan pelanggan yang konsisten (Stavropoulou et al., 2019). VRPP terbagi menjadi dua masalah yaitu *single-vehicle* dan *multiple-vehicle* yang terbagi lagi menjadi masalah-masalah lain tergantung dari tujuan dan batasannya (Paolo Toth & Daniele Vigo et al., 2006).

2.3 Prize Collecting Traveling Salesman Problem (PCTSP)

Salah satu masalah *single-vehicle* dalam *Vehicle Routing Problem with Profit* adalah *Prize Collecting Traveling Salesman Problem* (PCTSP). PCTSP adalah generalisasi dari *Travelling Salesman Problem* (TSP), dimana seorang salesman mengumpulkan hadiah (π_i) di setiap node yang dikunjungi dan membayar penalti γ_i untuk setiap node yang tidak dikunjungi, dengan mempertimbangkan biaya perjalanan c_{ij} antar kota (Alimi et al., 2025; Paolo Toth & Daniele Vigo et al., 2006). Tujuannya adalah untuk meminimalkan jumlah biaya perjalanan dan denda yang dibayarkan, semetara terdapat profit minimum yang harus dikumpulkan. Dalam rute ini, setiap node dapat dikunjungi paling banyak satu kali.

2.4 Nearest Neighbors (NN)

Tiga algoritma dapat digunakan untuk mencari nilai optimal dalam menyelesaikan permasalahan pencarian rute. Penelitian ini menggunakan algoritma *heuristic* yaitu *nearest neighbor*. Algoritma *nearest neighbor* adalah pendekatan yang mempertimbangkan jarak node baru terdekat dari node yang saat ini dikunjungi. *Nearest neighbor* memulai setiap rute dengan menemukan pelanggan yang belum ada dalam rute yang paling dekat dengan depot. Pada setiap iterasi berikutnya, pencarian *heuristic* untuk pelanggan yang paling dekat dengan pelanggan terakhir yang ditambahkan ke dalam rute dan menambahkannya di akhir rute (Bhatia & Vandana, 2010; Paolo Toth & Daniele Vigo et al., 2006; Sanggala & Bisma, 2025).

2.5 Menentukan *matrix* jarak

Penelitian ini menggunakan metode *Price Collecting TSP* untuk mengetahui rute yang harus dilalui oleh kendaraan *Nebengers* agar dapat meminimalisasi biaya perjalanan dan biaya penalti yang ditimbulkan (3.1) dengan batasan profit minimum yang diinginkan.

Notasi yang ada dalam pemodelan PCTSP Paolo Toth & Daniele Vigo et al. (2006) sebagai berikut

c_{ij} : biaya perjalanan dari node i ke j

γ_i : biaya penalti jika node i tidak dikunjungi

t_{ij} : lama waktu perjalanan dari node i ke j

T_{\max} : waktu maksimum perjalanan (dalam PCTSP diasumsikan tak terhingga)

π_i : profit/prize dari node i

P_{\min} : profit minimal yang ingin diperoleh

Terdapat dua buah variable keputusan:

$y_i = \text{binary variable equal to 1 if vertex } i \in V \text{ is visited by the vehicle route, and 0 otherwise;}$

$x_{\{ij\}} = \text{binary variable equal to 1 if arc } (i,j) \in A \text{ is traversed by the vehicle, and 0 otherwise.}$

$$\text{minimize } \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in V \setminus \{0\}} \gamma_i (1 - y_i) \quad 3.1$$

$$\text{St : } \sum_{(i,j) \in \delta^+(i)} x_{ij} = y_i \quad 3.2$$

3.3

$$\sum_{(j,i) \in \delta^-(i)} x_{ji} = y_i$$

3.4

$$\sum_{(i,j) \in \delta^+(S)} x_{ij} = y_h$$

3.5

$$\sum_{(i,j) \in A} t_{ij} x_{ij} \leq T_{max}$$

3.6

$$\sum_{(i) \in V} p_i y_i \geq P_{max}$$

3.7

$$y_i \in \{0,1\}$$

3.8

$$X_{ij} \in \{0,1\}$$

Batasan (3.2) dan (3.3) memastikan bahwa satu arc masuk dan satu arc keluar dari setiap node yang dikunjungi. Subtour dieliminasi melalui (3.4). Batasan (3.5) adalah batasan durasi maksimum pada rute tapi dalam PCTSP durasi maksimum tak terhingga, sementara (3.6) memaksakan pengumpulan profit tidak lebih kecil dari profit minimal. Akhirnya, (3.7) dan (3.8) adalah definisi variabel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

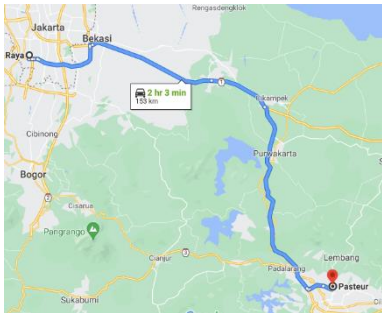
3.1 Deskripsi Kasus dan Data Penelitian

Profil perusahaan didapatkan berdasarkan sumber informasi dari Perusahaan Nebengers. Nebengers adalah sebuah gerakan sosial untuk saling berbagi tumpangan yang ada saat ini. Pendiri Nebengers memikirkan bagaimana caranya untuk sampai ke suatu tujuan tanpa harus naik kendaraan pribadi atau angkutan umum yang terkadang tidak nyaman. Jawabannya adalah carpooling atau berbagi tumpangan dengan kendaraan seseorang dengan tujuan atau arah yang sama. Nebengers mulai diminati, terutama oleh warga Jakarta dan Bandung. Konsep ini dinilai cocok bagi mereka yang membutuhkan perjalanan bolak-balik antar dua kota. Studi kasus ini meneliti rute yang harus dilalui oleh kapten (pemberi tumpangan) untuk mengantarkan ke tujuan akhir masing-masing penumpang Nebengers guna meminimalkan biaya yang timbul. Berdasarkan kasus tersebut Dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 yang menunjukkan rute antara Jakarta-Bandung dengan lama waktu perjalanan melalui Tol Cikampek dan Cipularang yang biasa dilalui oleh para Nebengers. Tabel 1 menyajikan rincian biaya tol yang harus dibayarkan jika melakukan perjalanan dari Jakarta ke Bandung yang akan dimasukkan ke dalam biaya tetap.

Tabel 1. Tarif Tol Jakarta-Bandung

Tol	Tarif Tol
Jakarta-Cikampek	IDR 20,000
Dawuan-Padalarang	IDR 42,500
Padalarang-Baros	IDR 2,000
Baros-Pasteur	IDR 2,500
Total	IDR 67,000

Sumber:BPJT PUPR



Gambar 2. Rute perjalanan Jakarta-Bandung



Gambar 3. Peta titik lokasi pengantaran

Titik-titik pengantaran yang harus dikunjungi oleh kapten Nebengers dapat dilihat pada Gambar 2. Tabel 2 memberikan informasi mengenai revenue atau prize yang akan didapatkan oleh kapten Nebengers saat berhasil mengunjungi titik atau lokasi yang dituju di Kota Bandung. Revenue yang didapatkan dari masing-masing titik berbeda berdasarkan jauhnya lokasi atau titik pengantaran.

Tabel 2. Titik pengantaran dengan revenue

Titik	Lokasi	Revenue (p)
0	Fatmawati (Jakarta)	0
1	Pasteur	IDR75,000
2	Buah Batu	IDR80,000
3	Antapani	IDR80,000
4	Ciumbuleuit	IDR75,000
5	Cihapit	IDR75,000
6	Arcamanik	IDR80,000
7	Dago	0

Biaya variabel yang harus diperhitungkan dalam permasalahan ini adalah konsumsi bahan bakar mobil yang digunakan oleh kapten Nebengers. Harga bahan bakar pertalite untuk satu liternya adalah Rp7,650,-. Setiap 10 Km jarak yang ditempuh oleh mobil kapten Nebengers mengonsumsi 1 liter BBM. Biaya BBM inilah yang harus diminimalkan.

Terdapat biaya penalti sebesar Rp10,000,- jika kapten Nebengers gagal mengantarkan penumpang Nebengers ke titik yang ingin dituju tetapi, revenue atau prize tetap akan diberikan kepada kapten Nebengers.

Tabel 3. Matriks jarak antar titik pengantaran

Matriks jarak antar titik pengantaran								
ke/dari	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	-	-	-	-	-	-	-
1	153	0	15	11	8.2	7	14	9.3
2	163	14	0	8.1	18	8	11	17
3	162	11	8.9	0	15	6.1	3.7	12
4	160	9.7	18	14	0	9.5	16	5
5	157	6.2	8.7	4.9	10	0	7.9	9.3
6	163	12	9.7	3.6	17	8.2	0	14
7	156	5.8	14	10	5	5.7	13	0

Tabel 3 memberikan informasi mengenai jarak antara masing-masing titik pengantaran. Dapat dilihat jarak dari titik 1 ke titik 2 tidak sama dengan titik 2 ke titik 1. Hal ini terjadi karena jalanan di Kota Bandung banyak yang diatur menjadi jalan one-way sehingga rute pergi tidak bisa sama dengan rute pulang. Data matriks jarak ini didapatkan dari aplikasi Google Maps.

3.2 Iterasi Penentuan Rute

Pada penentuan rute pertama diasumsikan semua titik pengantaran dikunjungi sehingga tidak ada penalti yang diberikan. Jadi, dalam rute pertama ini hanya meminimalkan biaya BBM yang timbul dari perjalanan yang dilakukan dari titik ke titik.

1) Iterasi 1

Pada langkah ini berawal dari titik Fatmawati di Jakarta, kemudian mencari jarak dari Jakarta ke semua titik-titik di Bandung. Menggunakan algoritma nearest neighbor didapatkan kunjungan pertama ke titik 1 (Pasteur) karena jaraknya yang terdekat dengan total cost sebesar Rp117.045,- dari hasil konsumsi BBM dan prize yang didapatkan sebesar Rp75.000,-, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Total cost dan prize collected iterasi 1

Lokasi		Jarak	Konsumsi BBM	Total Cost	Prize Collected
dari	ke				
0	1	153	IDR117,045	IDR117,045	IDR75,000
	2	163	IDR124,695	IDR124,695	IDR80,000
	3	162	IDR123,930	IDR123,930	IDR80,000
	4	160	IDR122,400	IDR122,400	IDR75,000
	5	157	IDR120,105	IDR120,105	IDR75,000
	6	163	IDR124,695	IDR124,695	IDR80,000
	7	156	IDR119,340	IDR119,340	IDR0

2) Iterasi 2

Langkah selanjutnya mencari jarak terdekat dari titik 1 (Pasteur) ke 6 titik lainnya yang berada di Kota Bandung. Ditemukan jarak terdekat dari titik 1 yaitu ke titik 7 sebesar 5.8 km tetapi titik 7 merupakan tujuan akhir kapten Nebengers, maka yang terpilih adalah titik 5 dengan jarak sebesar 6.2 km, dapat dilihat pada Tabel 5. Biaya konsumsi BBM ke titik 5 sebesar Rp4.743,- dan total prize collected-nya menjadi Rp150.000,-.

Tabel 5. Total cost dan prize collected dari iterasi 2

Lokasi		Jarak	Konsumsi BBM	Total Cost	Prize Collected
dari	ke				
1	2	14	IDR10,710	IDR127,755	IDR155,000
	3	11	IDR8,415	IDR125,460	IDR155,000
	4	9.7	IDR7,421	IDR124,466	IDR150,000
	5	6.2	IDR4,743	IDR121,788	IDR150,000
	6	12	IDR9,180	IDR126,225	IDR155,000
	7	5.8	IDR4,437	IDR121,482	IDR75,000

3) Iterasi 3

Pada iterasi ketiga, sama seperti iterasi kedua, jarak dari titik 5 ke titik 7 lebih dekat tetapi karena titik 7 adalah tujuan akhir kapten Nebengers maka tidak dapat terpilih. Titik 3 (Antapani) adalah titik terdekat kedua yang kemudian dipilih dengan jarak 6.1 km. Dilihat dari Tabel 6, total cost yang ditimbulkan saat ini adalah Rp126.455,- dengan Rp230.000,- total prize yang berhasil dikumpulkan.

Tabel 6. Total cost dan prize collected dari iterasi 3

Lokasi		Jarak	Konsumsi BBM	Total Cost	Prize Collected
dari	ke				
5	2	8	IDR6,120	IDR127,908	IDR230,000
	3	6.1	IDR4,667	IDR126,455	IDR230,000
	4	9.5	IDR7,268	IDR129,056	IDR225,000
	6	8.2	IDR6,273	IDR128,061	IDR230,000

Lokasi		Jarak	Konsumsi BBM	Total Cost	Prize Collected
dari	ke				
	7	5.7	IDR4,361	IDR126,149	IDR150,000

4) Iterasi 4

Iterasi keempat sama seperti iterasi-iterasi sebelumnya, mencari jarak terdekat dari titik yang saat ini dikunjungi ke titik yang selanjutnya akan dikunjungi karena memakai algoritma nearest neighbor. Titik 6 (Arcamanik) terpilih untuk menjadi titik selanjutnya yang dikunjungi karena jarak dari titik 3 hanya 3.6 km. Terlihat dari Tabel 7, biaya konsumsi BBM menambah total cost sebesar Rp2.754,- dan prize yang dikumpulkan dari titik 6 sebesar Rp80.000,-.

Tabel 7. Total cost dan prize collected dari iterasi 4

Lokasi		Jarak	Konsumsi BBM	Total Cost	Prize Collected
dari	ke				
3	2	8.1	IDR6,197	IDR132,651	IDR310,000
	4	14	IDR10,710	IDR137,165	IDR305,000
	6	3.6	IDR2,754	IDR129,209	IDR310,000
	7	10	IDR7,650	IDR134,105	IDR230,000

5) Iterasi 5

Titik 2 (Buah batu) terpilih pada iterasi kelima karena memiliki jarak terdekat dari titik 6 yaitu sebesar 11 km. Total cost pada saat ini menjadi Rp137.624 dan total prize yang terkumpul sebesar Rp390.000 dari 5 titik yang sudah dikunjungi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Total cost dan prize collected dari iterasi 5

Lokasi		Jarak	Konsumsi BBM	Total Cost	Prize Collected
dari	ke				
6	2	11	IDR8,415	IDR137,624	IDR390,000
	4	16	IDR12,240	IDR141,449	IDR385,000
	7	13	IDR9,945	IDR139,154	IDR310,000

6) Iterasi 6

Tersisa dua titik yang belum dikunjungi pada iterasi keenam ini. Titik 4 (Ciumbuleuit) terpilih menjadi titik yang dikunjungi selanjutnya walaupun jaraknya lebih jauh tetapi titik 7 adalah tujuan terakhir dalam rute ini. Dilihat dari Tabel 9, tambahan biaya BBM-nya cukup tinggi yaitu sebesar Rp13.770,- dan menambah prize yang terkumpul sebesar Rp75.000,-

Tabel 9. Total cost dan prize collected dari iterasi 6

Lokasi		Jarak	Konsumsi BBM	Total Cost	Prize Collected
dari	ke				
2	4	18	IDR13,770	IDR151,394	IDR465,000
	7	14	IDR10,710	IDR148,334	IDR390,000

7) Iterasi 7

Iterasi ketujuh adalah terakhir dalam penentuan rute yang harus dilalui kapten Nebengers. Titik 4 berjarak 5 km dari titik 7 (Dago) dengan total cost sebesar Rp155.219 dan prize yang berhasil dikumpulkan sebesar Rp465.000,- dari semua titik yang telah dikunjungi dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Total cost dan prize collected iterasi 7

Lokasi		Jarak	Konsumsi BBM	Total Cost	Prize Collected
dari	ke				
4	7	5	IDR3,825	IDR155,219	IDR465,000

Hasil dari penentuan rute pertama yang didapatkan dengan menggunakan algoritma nearest neighbor adalah Fatmawati (Jakarta) → Pasteur → Cihapit → Antapani → Arcamanik → Buah batu → Ciumbuleuit → Dago. Total cost yang timbul dari rute tersebut sebesar Rp155.219,- dan ditambahkan dengan biaya tol sebesar Rp67.000,- menjadi Rp222.219,-. Profit yang didapatkan dari rute pertama sebesar Rp242.782,-.

3.3 Penentuan Rute dengan Nearest Neighbor dengan Penalti

Penentuan rute kedua mengasumsikan bahwa kapten Nebengers diperbolehkan untuk tidak mengunjungi semua titik yang ada tetapi jika tidak mengunjungi suatu titik akan ada biaya penalti yang diberikan sebesar Rp10.000,- per lokasi yang tidak dikunjungi. Iterasi 1 sampai dengan iterasi 5 sama persis seperti pada penentuan rute pertama.

Dapat dilihat pada Tabel 11, setelah dari titik 2 seharusnya melalui titik 4 dahulu tetapi karena konsumsi BBM untuk ke titik 4 lebih besar daripada biaya penalti yang harus dibayarkan, maka peneliti memutuskan untuk langsung menuju titik 7 (Dago) dari titik 2. Prize yang terkumpul sama seperti penentuan rute pertama yaitu sebesar Rp465.000,-.

Tabel 11. Total cost dan prize collected iterasi 6 dengan penalti

Destinasi		Jarak	Konsumsi BBM	Total Cost	Prize Collected
dari	ke				
2	4	18	IDR13,770	IDR151,394	IDR465,000
	7	14	IDR10,710	IDR158,334	IDR465,000

Penentuan rute kedua menggunakan algoritma nearest neighbor menghasilkan rute sebagai berikut: Fatmawati (Jakarta) → Pasteur → Cihapit → Antapani → Arcamanik → Buah batu → Dago. Ciumbuleuit dipilih untuk tidak dikunjungi karena biaya BBM yang lebih mahal daripada biaya penalti yang ditentukan. Hal ini menghasilkan total cost yang timbul dari rute tersebut lebih mahal dibandingkan rute pertama yaitu Rp158.334,- setelah ditambahkan dengan biaya penalti. Total biaya keseluruhan setelah ditambahkan biaya tol adalah sebesar Rp225.333,-.

3.4 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan algoritma Nearest Neighbor dalam model Vehicle Routing Problem with Profits (VRPP) efektif dalam menentukan rute optimal bagi kendaraan Nebengers pada lintasan Jakarta–Bandung. Berdasarkan dua skenario rute yang diuji, yakni (1) mengunjungi seluruh titik pengantaran, dan (2) mengizinkan adanya titik yang tidak dikunjungi dengan biaya penalti, diperoleh bahwa rute pertama menghasilkan total biaya perjalanan sebesar Rp222.219, sedangkan rute kedua sebesar Rp225.333. Artinya, rute yang mengunjungi seluruh titik memberikan biaya total lebih rendah sebesar Rp3.114 dibandingkan rute dengan penalti.

Temuan ini memperkuat teori optimasi kombinatorial dalam VRPP yang menekankan pentingnya keseimbangan antara biaya transportasi dan nilai keuntungan (prize) yang dikumpulkan dari setiap node (Paolo Toth & Daniele Vigo et al., 2006). Dalam konteks ini, strategi mengunjungi semua titik mampu mengeliminasi penalti dan memaksimalkan *total reward*, sehingga memberikan efisiensi ekonomi yang lebih tinggi. Hasil ini juga mendukung penelitian Stavropoulou et al. (2019) yang menyatakan bahwa VRPP dengan konsistensi pelayanan menghasilkan performa operasional yang lebih stabil dibandingkan model parsial yang mengabaikan sebagian pelanggan. Selain itu, dari sisi implementasi operasional, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa strategi rute penuh (full-service route) bukan hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi juga berdampak positif terhadap kepuasan pengguna layanan Nebengers. Hal ini sejalan dengan penelitian Syahputra (2017) yang menekankan bahwa persepsi konsumen terhadap layanan transportasi dipengaruhi oleh aspek keandalan dan keterpenuhan tujuan perjalanan. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat pandangan bahwa optimasi rute tidak hanya berdampak pada efisiensi biaya, tetapi juga berkontribusi terhadap penciptaan nilai pelanggan dan daya saing layanan ride-sharing.

Dari sisi algoritmik, penerapan Nearest Neighbor heuristic terbukti mampu menghasilkan solusi dengan waktu komputasi yang cepat dan hasil yang cukup efisien untuk kasus dengan jumlah titik pengantaran terbatas.

Namun demikian, hasil penelitian ini juga menunjukkan adanya potensi local optimum trap, yaitu kondisi ketika solusi terbaik yang ditemukan belum tentu merupakan solusi global optimum. Potensi ini umum terjadi pada pendekatan heuristik yang bersifat deterministik. Penelitian-penelitian seperti Umam et al. (2023) menunjukkan bahwa kombinasi algoritma heuristik dengan pendekatan metaheuristik (misalnya *Genetic Algorithm*, *Ant Colony Optimization*, atau *Simulated Annealing*) dapat meningkatkan kualitas solusi dengan menjelajahi ruang solusi yang lebih luas. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dapat diarahkan untuk menguji performa beberapa varian algoritma tersebut pada dataset yang lebih kompleks.

Dari sisi ekonomi dan keberlanjutan, hasil penelitian juga menunjukkan relevansi terhadap model bisnis berbasis monetisasi berkelanjutan (Monetization et al., 2025). Optimalisasi rute yang efisien menurunkan biaya operasional (terutama konsumsi BBM dan tol), sehingga margin keuntungan bagi kapten Nebengers dapat meningkat tanpa menaikkan tarif kepada penumpang. Hal ini selaras dengan prinsip sustainability in ride-sharing, di mana efisiensi operasional menjadi salah satu faktor kunci dalam menjaga keberlanjutan model bisnis carpooling.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa VRPP dengan algoritma Nearest Neighbor bukan hanya memberikan solusi praktis untuk permasalahan logistik transportasi perkotaan, tetapi juga memiliki implikasi strategis terhadap peningkatan efisiensi, kepuasan pelanggan, dan keberlanjutan bisnis. Hasil ini dapat dijadikan dasar dalam pengembangan sistem *decision support* berbasis optimasi untuk platform ride-sharing di Indonesia, khususnya pada rute antarkota dengan volume permintaan tinggi seperti Jakarta–Bandung.

3.5 Implikasi & Analisis Sensitivitas

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Rute 1, yang mengunjungi seluruh titik pengantaran yang dapat dilihat pada tabel 12, memberikan total biaya perjalanan sebesar Rp 222.219, lebih rendah dibandingkan Rute 2 yang melewati titik 4 (Ciumbuleuit) dan langsung menuju titik 7 (Dago) dengan total biaya Rp 225.333. Perbedaan biaya ini disebabkan oleh biaya penalti pada Rute 2 yang lebih tinggi dibandingkan tambahan biaya bahan bakar yang dibutuhkan untuk mengunjungi titik 4. Dengan kata lain, mengunjungi semua titik justru lebih ekonomis. Selain itu, kunjungan ke semua titik memastikan pendapatan (prize) maksimum karena tidak ada titik yang terlewat. Hal ini mendukung strategi layanan penuh bagi kapten Nebengers, yang dapat meningkatkan kepuasan penumpang karena semua permintaan pengantaran terpenuhi.

Hasil ini juga mengonfirmasi bahwa algoritma *nearest neighbor* mampu menghasilkan solusi rute yang efisien pada kasus ini, meskipun bersifat heuristik. Namun, potensi jebakan pada solusi lokal optimal perlu diantisipasi, terutama jika jumlah titik pengantaran bertambah. Untuk penelitian selanjutnya, pendekatan metaheuristik seperti *genetic algorithm*, *ant colony optimization*, atau *simulated annealing* dapat digunakan untuk mengeksplorasi solusi yang lebih mendekati optimum global dan membandingkan hasilnya dengan algoritma heuristik yang digunakan saat ini.

Tabel 12 rute pilihan

Aspek	Rute 1 (Mengunjungi Semua Titik)	Rute 2 (Dengan Penalty)
Urutan Node	0 → 1 → 5 → 3 → 6 → 2 → 4 → 7	0 → 1 → 5 → 3 → 6 → 2 → 7
Jumlah Node	8 (Semua titik dikunjungi)	7 (1 titik dilewati)

Penelitian ini menunjukkan bahwa rute yang mengunjungi seluruh titik pengantaran menghasilkan biaya perjalanan total yang lebih rendah dibandingkan rute dengan penalti. Untuk memperkuat hasil, dilakukan analisis sensitivitas terhadap dua variabel utama, yaitu harga bahan bakar dan biaya penalti. Tabel 13 menunjukkan dampak perubahan harga bahan bakar (+10%) dan biaya penalti (+50%) terhadap total biaya perjalanan. Hasilnya, meskipun terjadi kenaikan harga bahan bakar, rute pertama tetap lebih ekonomis. Namun, ketika biaya penalti dinaikkan 50%, selisih biaya antara kedua rute semakin kecil, meskipun rute pertama tetap unggul. Hal ini mengindikasikan bahwa keputusan untuk mengunjungi semua titik masih merupakan pilihan terbaik selama biaya penalti relatif rendah. Temuan ini juga menegaskan pentingnya mempertimbangkan fluktuasi harga BBM dan penalti dalam pengambilan keputusan rute.

Tabel 13 Analisis sensitivitas

Skenario	Total Biaya Rute 1 (Rp)	Total Biaya Rute 2 (Rp)	Rute Optimal
Biaya Normal	222.219	225.333	Rute 1
BBM +10%	233.441	236.645	Rute 1
Penalti +50% (Rp15.000)	222.219	230.333	Rute 1

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menentukan rute optimal perjalanan kapten Nebengers pada rute Jakarta–Bandung menggunakan pendekatan Vehicle Routing Problem with Profits (VRPP), model Prize Collecting Travelling Salesman Problem (PCTSP), dan algoritma nearest neighbor. Berdasarkan hasil perhitungan, rute yang mengunjungi semua titik pengantaran menghasilkan total biaya perjalanan sebesar Rp222.219, lebih rendah dibandingkan rute dengan penalti sebesar Rp225.333. Hal ini menunjukkan bahwa mengunjungi seluruh titik pengantaran merupakan strategi yang paling ekonomis sekaligus memaksimalkan pendapatan (prize) yang diperoleh. Selain itu, strategi ini dapat meningkatkan kepuasan penumpang karena semua titik tujuan terpenuhi. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan metode metaheuristik seperti genetic algorithm, ant colony optimization, atau simulated annealing untuk menghindari kemungkinan jebakan solusi lokal optimal dan mendapatkan hasil yang lebih mendekati optimum global.

5. REFERENSI

- Alimi, M., Mömke, T., & Ruderer, M. (2025). Approximating Prize-Collecting Variants of TSP. *Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs*, 345, 1–15. <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.MFCS.2025.7>
- Anwar, F., Erniyani, Romadin, A., Cahyani, V. P., & Siti Ruqaiyah Baharuddin. (2025). OPTIMALISASI LINGKUNGAN KERJA PADA PROSES PERAKITAN PRODUK PADAT KARYA MENGGUNAKAN PENGUJIAN RESPONSE Jurnal Rekayasa Sistem Industri (<https://doi.org/10.33884/jrsi.v10i2.9920>). *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 10(2), 110–119.
- Asirin, A., & Azhari, D. (2018). Ride-sharing business model for sustainability in developing country: Case Study Nebengers, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 158(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/158/1/012053>
- Bhatia, N., & Vandana. (2010). *Survey of Nearest Neighbor Techniques*. 8(2), 302–305.
- Dávila, S., Alfaro, M., Fuertes, G., Vargas, M., & Camargo, M. (2021). Vehicle routing problem with deadline and stochastic service times: Case of the ice cream industry in santiago city of chile. *Mathematics*, 9(21). <https://doi.org/10.3390/math9212750>
- Halder, R. K., Uddin, M. N., Uddin, M. A., Aryal, S., & Khraisat, A. (2024). Enhancing K-nearest neighbor algorithm: a comprehensive review and performance analysis of modifications. *Journal of Big Data*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00973-y>
- Komunikasi, P., Pengguna, A., Nebengers, A., Bilqis, A., Lestari, M. T., Sos, S., Pamungkas, I. N. A., Studi, P., Komunikasi, I., Komunikasi, F., & Telkom, U. (2016). (*Studi Etnografi Virtual Pada Pengguna Aplikasi Nebengers 2 . 0 Di Bandung*). 0(1), 0–4.
- Kyaw, Y., & Saivichit, C. (2024). Solving Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem Using Nearest Neighbor Search and 2-Opt Method. *2024 5th Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference (TIMES-ICON)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/TIMES-ICON61890.2024.10630747>
- Laporte, G. (1992). The traveling salesman problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59(2), 231–247. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90138-Y](https://doi.org/10.1016/0377-2217(92)90138-Y)
- Lidiawati, Setiawan, H., Ramdhani, A. I., Satria, Sulistyowati, & Mukiman, K. (2023). Determining The Delivery Of Goods Using The K-Nearest Neighbor Algorithm And The Saving Matrix Method To Obtain The Optimal Route And Save Costs. *2023 International Conference on Computer Science, Information Technology and Engineering (ICCoSITE)*, 957–961. <https://doi.org/10.1109/ICCoSITE57641.2023.10127714>
- Mancini, S., Gansterer, M., & Hartl, R. F. (2021). The collaborative consistent vehicle routing problem with workload balance. *European Journal of Operational Research*, 293(3), 955–965.

<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.12.064>

- Monetization, D. A. S., Models, G., The, I. N., Project, F., & Rofifah, K. (2025). *DEVELOPING A SUSTAINABLE MONETIZATION STRATEGY FOR NEBENGERS: EXPLORING REVENUE GENERATION MODELS IN THE RIDE-SHARING* February 2025. 291992385(February).
- Numbeo. (2025). *Indices explained / Traffic Index explanation*.
- Paolo Toth & Daniele Vigo, Nedregård, I., Gurobi, O., Pimpler, E., LAFLAQUIERE, J., Sundar, U. M., Yang, C., Cordeau, J. F., Häll, C. H., Andersson, H., Lundgren, J. T., Värbrand, P., Posada, M., Andersson, H., & Häll, C. H. (2006). Vehicle Routing. In *Public Transport* (Vol. 4, Issues 1–2).
- Pratiwi, M., & Lubis, R. S. (2023). Distribution Route Optimization Using Nearest Neighbor Algorithm and Clarke and Wright Savings. *Sinkron*, 8(3), 1638–1652. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i3.12622>
- Sanggala, E., & Bisma, M. A. (2025). Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) dengan Nearest Neighbour (Studi Kasus: Russian CVRP Instances). *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(3), 2586–2599. <https://doi.org/10.31004/jutin.v8i3.46463>
- Singh, V. P., Sharma, K., & Chakraborty, D. (2023). Solving capacitated vehicle routing problem with demands as fuzzy random variable. *Soft Computing*, 27(21), 16019–16039. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-08888-1>
- Sitanggang, R., & Saribanon, E. (2018). Faktor-Faktor Penyebab Kemacetan Di Dki Jakarta. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi Dan Logistik*, 4(3), 289–296.
- Stavropoulou, F., Repoussis, P. P., & Tarantilis, C. D. (2019). The Vehicle Routing Problem with Profits and consistency constraints. *European Journal of Operational Research*, 274(1), 340–356. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.09.046>
- Syahputra, B. (2017). Analisis Positioning Jasa Transportasi Travel Bandung-Jakarta Pp Berdasarkan Persepsi Pelanggan Di Kota Bandung. *Jurnal Manajemen Indonesia*, 14(2), 128–139. <https://doi.org/10.25124/jmi.v14i2.357>
- Umam, M. I. H., Rizki, M., Hamzah, M. L., & Sutoyo, S. (2023). Hybrid Nearest Neighbourhood Search - Symbiotic Organisms Search for Solving Garbage Vehicle Routing Problem. *AIP Conference Proceedings*, 2680(1), 1–5. <https://doi.org/10.1063/5.0127627>
- Utama, A. R., Sari, D., Bisnis, P. A., Telkom, U., Bisnis, P. A., Telkom, U., Travel, J., & Pembelian, K. (2013). *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keputusan Konsumen Dalam Menggunakan Travel Cipaganti Rute Jakarta- Bandung Factors Analysis That Affecting Decision of Consumer To Use*.
- Wang, Z., & Wen, P. (2020). Optimization of a low-carbon two-echelon heterogeneous-fleet vehicle routing for cold chain logistics under mixed time window. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/su12051967>
- Zhang, Z., Che, O., Cheang, B., Lim, A., & Qin, H. (2013). A memetic algorithm for the multiperiod vehicle routing problem with profit. *European Journal of Operational Research*, 229(3), 573–584. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.11.059>