

Analisis Congestion Charge bagi Pengguna Kendaraan Pribadi pada Central Business District (Studi Kasus: Jalan Pemuda-Pandanaran-Ahmad Yani, Kota Semarang)

Congestion Charge Analysis for Private Vehicle Users in the Central Business District (Case Study: Jalan Pemuda-Pandanaran-Ahmad Yani, Semarang City)

Nadhiyah Ayu Qumara¹, Adita Utami², Asep Yayat Nurhidayat³

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina – Jl. Teuku Nyak Arief, Simprug, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12220

³ Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta Pusat 10340

ARTICLE INFO

Article history

Received : 10 December 2022

Revised : 20 January 2023

Accepted : 5 March 2023

DOI :

<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.4188>

Keywords :

BRT; congestion charge; logit binary difference; private car; probability

e-mail corresponding author :

adita.utami@universitaspertamina.ac.id

ABSTRAK

Kota Semarang merupakan bagian dari kawasan Kedungsepur memiliki 1.656.564 jiwa penduduk dengan pertumbuhan rata-rata tiap tahun sebesar 1,57%. Peningkatan jumlah penduduk tersebut berpotensi meningkatkan intensitas perjalanan, sehingga dibutuhkan sarana prasarana transportasi yang baik. Adanya Central Business District (CBD) kawasan di kota Semarang tepatnya di Jalan Pemuda-Pandanaran-Ahmad Yani sering mengakibatkan kemacetan. Sehingga tujuan penelitian ini dilakukan untuk memberikan rekomendasi solusi berupa kajian penerapan *congestion charge* terhadap kendaraan mobil pribadi, untuk mengatasi kemacetan lalu lintas di Jalan tersebut. Diawali dengan melakukan analisis lalu lintas untuk mengetahui kinerja ruas jalan eksisting dengan metode PKJI 2014. Selanjutnya setelah diketahui kinerja lalu lintasnya, dilakukan pemodelan pemilihan moda mobil pribadi terhadap BRT Trans Semarang dengan metode logit binomial selisih. Penelitian ini menggunakan 3 atribut perjalanan yang dinilai berpengaruh dalam pemilihan moda yaitu waktu tempuh, biaya kemacetan, dan frekuensi. Didapatkan persamaan utilitas mobil pribadi terhadap BRT Trans Semarang dengan nilai $U = -11.3774 - 0.2639(X1) - 0.0120(X2) - 1.5403(X3)$. Nilai *congestion charge* diperoleh Rp.10.000 dengan persentase pengguna mobil pribadi yang akan berpindah menggunakan BRT Trans Semarang sebesar 79,8%. Sehingga adanya skenario penerapan *congestion charge* dinilai cukup efektif untuk menurunkan tingkat kemacetan di jalan tersebut.

PENERBIT

UNITRI PRESS

Jl. Telagawarna, Tlogomas-
Malang, 65144, Telp/Fax:
0341-565500



This is an open access article under the **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License**. Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. CC-BY-SA

ABSTRACT

Semarang, part of the Kedungsepur area, has a population of 1,656,564 with an average annual growth of 1.57%. The increase in population can increase the intensity of trips, so good transportation infrastructure is needed. The presence of the Central Business District (CBD) area in Semarang, precisely on Jalan Pemuda-Pandanaran-Ahmad Yani, often results in congestion. The purpose of this research was to provide recommendations for solutions in the form of a study on applying congestion charges to private vehicles to overcome congestion on the road. This research uses traffic analysis to determine the performance of existing roads using the PKJI 2014 method. After knowing the traffic performance, modeling the mode selection of private cars for BRT Trans Semarang was carried out using the logit binomial difference method. In this study, three travel attributes were considered influential in the choice of mode: travel time, congestion costs, and frequency. The private car utility equation for BRT Trans Semarang is obtained with a value of $U = -11.3774 - 0.2639(X1) - 0.0120(X2) - 1.5403(X3)$. Based on the research results, a congestion charge of IDR 10,000 was obtained, with the percentage of private car users switching to BRT Trans Semarang at 79.8%. So implementing a congestion charge is considered adequate to reduce the congestion on the road.

Cara Mengutip : Qumara, N. A., Utami, A., Nurhidayat, A. Y. (2023). Congestion Charge Analysis for Private Vehicle Users in the Central Business District (Case Study: Jalan Pemuda-Pandanaran-Ahmad Yani, Semarang City).

Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia, 8(1), 65-78.

doi:<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.4188>

1. PENDAHULUAN

Kota Semarang merupakan bagian dari Kawasan Kedungsepur, yang terdiri dari Kawasan Perkotaan Kendal, Demak, Ungaran, Salatiga, Semarang, dan Purwodadi [1]. Kawasan Kedungsepur merupakan kawasan strategis yang membentuk kawasan perkotaan dengan jalur strategis koridor utama, yang terhubung langsung Kota Semarang. Menurut Semarang dalam Angka Tahun 2022 Kawasan Kedungsepur pada akhir tahun 2027 diperkirakan memiliki jumlah penduduk 6.812.557 jiwa dan 2.356.251 jiwa bermukim di Kota Semarang [2]. Peningkatan jumlah penduduk yang cukup tinggi berpotensi untuk meningkatkan potensi perjalanan yang berdampak pada kemacetan [3][4]. Adapun Kemacetan Kota Semarang dipengaruhi oleh kecenderungan masyarakat dalam menggunakan kendaraan mobil pribadi dibanding transportasi umum [5]. Hal ini dibuktikan dengan pengguna kendaraan mobil pribadi dari tahun 2019 hingga 2021 mengalami peningkatan sebesar 10,17 % [6]. Dengan adanya kemacetan berdampak pada peningkatan biaya operasional kendaraan (BOK), bertambahnya waktu tempuh perjalanan, meningkatnya emisi gas, dan konsumsi bahan bakar kendaraan. Hal ini dibuktikan adanya konsumsi energi per sektor terbanyak pada sektor transportasi sebesar 42%, dan konsumsi energi per jenis terbesar yaitu BBM sebesar 42% dengan total konsumsi 989,9 juta SBM (Setara Barel Minyak).

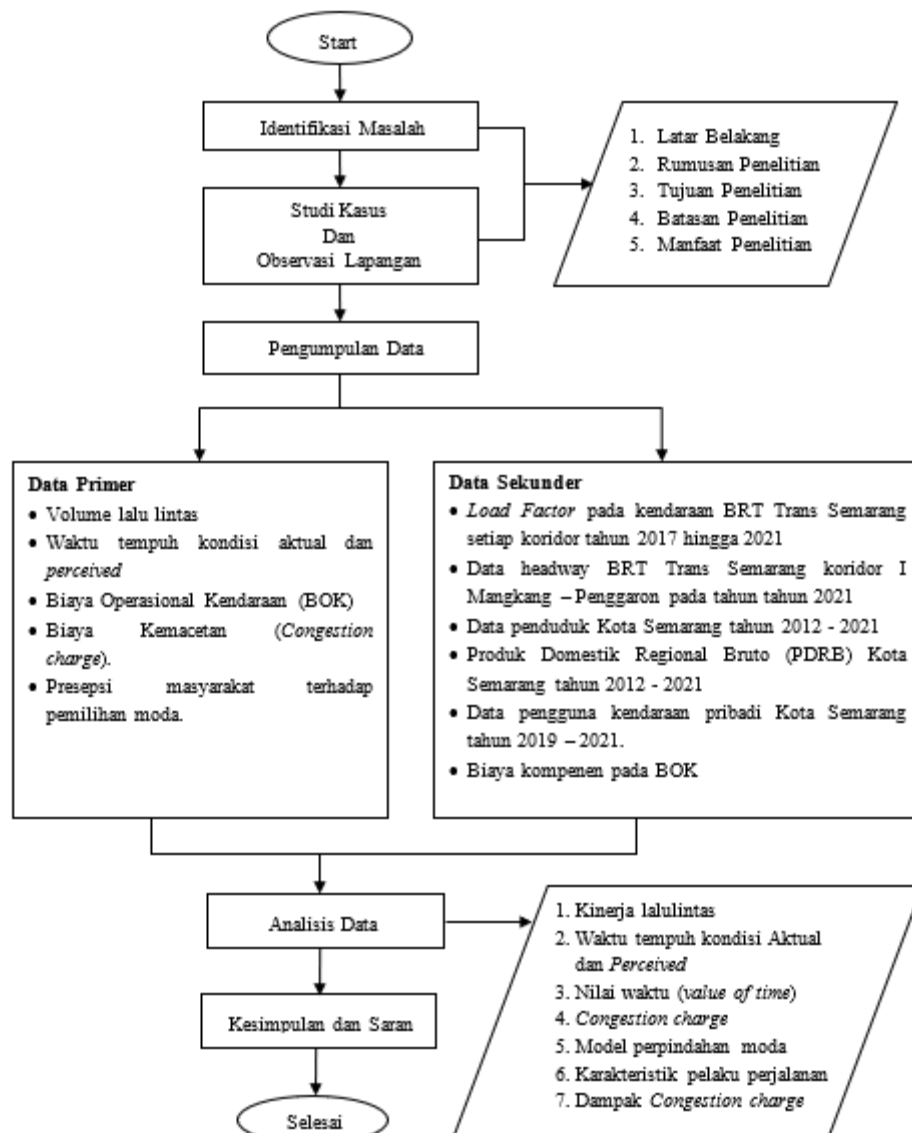
Pada ruas Jalan Pemuda, Jalan Pandanaran, dan Jalan Ahmad Yani dilalui oleh Bus Rapid Transit (BRT) Trans Semarang Koridor I Mangkang – Penggaron. Saat ini kondisi kinerja BRT Trans Semarang Koridor I berdasarkan *load factor* mencapai 43,46 %, maka diperlukan upaya untuk peningkatan kinerja BRT tersebut. Sehingga diperlukan sistem transportasi umum yang lebih terencana dan terkoordinasi, serta dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi sistem transportasi perkotaan [7]. Salah satu kebijakan untuk meningkatkan pengguna BRT Trans Semarang dan menurunkan jumlah kendaraan pribadi yaitu dengan adanya sistem biaya kemacetan (*congestion charge*). Sistem ini menetapkan kebijakan biaya tarif yang bervariasi terutama perbedaan saat jam sibuk dan jam biasa. Pada penelitian yang dilakukan Lubis (2016) [8] diperoleh biaya kemacetan di Jalan Setia Budi Kota Medan sebesar Rp 1.530 /km/kendaraan. Adanya biaya kemacetan tersebut mempengaruhi kecepatan kendaraan yang menempuh jalan tersebut berkurang dari 22.92 km/jam sampai 5.24 km/jam. Selain itu, terdapat beberapa penelitian terdahulu dalam menganalisis biaya kemacetan, dengan menggunakan *Metode Pasific Internasional* dalam menghitung Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dan *Metode Income Approach* dalam menghitung nilai waktu perjalanan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Gitasari (2021) [9] menganalisis biaya kemacetan berdasarkan biaya perjalanan dan selisih waktu perjalanan. moda mobil pribadi ke Suroboyo Bus (BRT) dengan skenario penerapan *congestion charge* di Jalan Raya Darmo-Urip Sumoharjo-Basuki Rahmat. Penelitian ini menggunakan metode analisis binomial logit selisih dengan teknik kuisioner *stated preference* dengan variabel selisih biaya dan waktu perjalanan. Selain itu, terdapat penelitian yang dilakukan Nurhayati (2014) [10] mengenai BOK dengan menggunakan metode perhitungan *Pacific Consultants International* dengan menjumlahkan nilai *standing* dan *Variable Cost*. Dalam perhitungannya metode ini dipengaruhi oleh kecepatan

dan jenis kendaraan yang di gunakan. Komponen biaya tetap yang digunakan pada penelitian ini yaitu biaya depresiasi, bunga modal, dan asuransi, serta komponen biaya tidak tetap yaitu biaya konsumsi bahan bakar, konsumsi, konsumsi ban, dan biaya pemeliharaan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka penerapan *congestion charge* diharapkan menjadi alternatif masyarakat yang menggunakan kendaraan pribadi, serta bersedia berpindah ke moda transportasi publik. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah menganalisis penerapan biaya kemacetan di ruas Jalan Pemuda, Jalan Pandaraan, dan Jalan Ahmad Yani ditinjau dari nilai waktu perjalanan (*value of time*) dan BOK. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja jalan setelah adanya penerapan biaya kemacetan. Sehingga mampu mengurangi penggunaan mobil pribadi dan meningkatkan penggunaan *Bus Rapid Transit* (BRT) trans Semarang.

2. METODE PENELITIAN

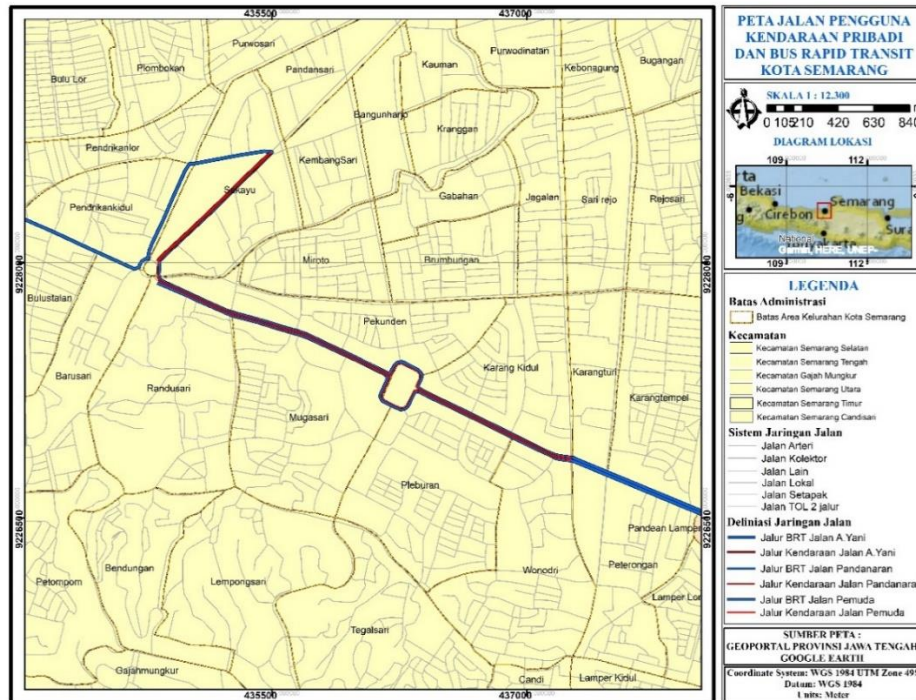
Adapun bagan alir metode penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Semarang khususnya di ruas Jalan Pemuda, Jalan Pandanaran, dan Jalan Ahmad Yani. Jalan tersebut merupakan ruas jalan yang dilalui oleh *Bus Rapid Transit* Trans Semarang Koridor I Mangkang – Penggaron, serta dilalui oleh mobil Pribadi.



Gambar 2. Ruas Jalan Penelitian
(Sumber: BPS Jawa Tengah, 2021)

2.2. Pengumpulan Data

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini didapatkan dari studi literatur dan lembaga lain yang berkaitan dengan penelitian dan instansi terkait [11]. Data instansi yang dibutuhkan dalam menunjang penelitian yaitu *load factor*, volume arus lalu lintas, jumlah penduduk, PDRB, volume arus lalu lintas, *headway*, dan komponen BOK. Data primer diperoleh dari hasil wawancara menggunakan kuisisioner teknik *stated preference*. Data ini digunakan untuk mengetahui bagaimana preferensi pengguna mobil pribadi terhadap rencana penerapan biaya kemacetan. Data yang telah dikumpulkan dilakukan validasi data dengan kriteria utama yaitu konsistensi jawaban dan jawaban tidak memihak pada satu moda. Data dianalisis untuk mengetahui BOK, nilai waktu (*value of time*), biaya kemacetan (*congestion charge*), serta menentukan probabilitas dalam perpindahan moda transportasi.

2.3. Kinerja jalan

Analisis kinerja jalan dinilai menggunakan paramater derajat kejenuhan (DS) dan kecepatan tempuh. Apabila jumlah kendaraan semakin banyak maka kecepatan rata-rata perjalanan semakin rendah sehingga derajat kejenuhan semakin tinggi.

Kapasitas Jalan

Untuk mengetahui nilai DS, terlebih dahulu dicari nilai kapasitas jalan. Menurut PKJI 2014 [12] kapasitas jalan dipengaruhi beberapa faktor, adapun faktor tersebut sesuai dengan rumus yang bersumber dari PKJI yaitu Kapasitas Dasar (CO), Faktor penyesuaian kapasitas terkait lebar jalur atau jalur lalu lintas (FCLJ), Faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisah arah hanya pada jalan tak terbagi (FCPA), Faktor penyesuaian kapasitas terkait KHS pada jalan berbahu atau berkerb (FCHS) dan Faktor Penyesuaian terkait ukuran kota (FCUK) seperti pada persamaan 1.

$$C = Co \text{ (Kapasitas Dasar)} \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK} \quad (1)$$

Volume Arus Lalu Lintas (Q)

Menurut PKJI 2014, nilai volume arus lalu lintas didapatkan dengan mengalikan volume masing-masing jenis kendaraan dengan nilai ekivalensi kendaraan seperti pada persamaan 2 berikut :

$$Q = ((\text{ekr KR} \times \text{KR}) + (\text{ekr KB} \times \text{KB}) + (\text{ekr SM} \times \text{SM})) \quad (2)$$

Dengan:

Ekr KR = Nilai ekivalensi mobil pribadi (nilainya 1)

Ekr KB = Nilai ekivalensi mobil pribadi pada kendaraan berat (nilainya 1,3)

Ekr SM = Nilai ekivalensi mobil pribadi untuk sepeda motor (nilainya 0,4)

Derajat Kejenuhan

Setelah didapatkan kapasitas jalan dan volume lalu lintas dalam satuan (skr/jam) maka nilai derajat kejenuhan (DJ) dapat dicari. DJ merupakan rasio antara volume lalu lintas (Q) dengan kapasitas jalan (C). Derajat kejenuhan (DJ) dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$DJ = \frac{Q}{C} \quad (3)$$

Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas (V_B) merupakan kecepatan yang digunakan oleh pengemudi ketika arus nol dalam satuan (km/jam). V_B dipengaruhi Kecepatan arus bebas dasar untuk Kendaraan Ringan (V_{BD}), Nilai penyesuaian kecepatan akibat lebar jalan (V_{BL}), Faktor penyesuaian kecepatan bebas akibat hambatan samping (FV_{BHS}), Faktor penyesuaian kecepatan bebas untuk ukuran kota (dan FV_{BUK}). Seperti pada persamaan 4.

$$V_B = (V_{BD} + V_{BL}) \times FV_{BHS} \times FV_{BUK} \quad (4)$$

Kecepatan Tempuh

Kecepatan tempuh (V_T) merupakan waktu rata-rata pada kendaraan dalam jam sepanjang jalan yang digunakan. Persamaan kecepatan tempuh dapat dilihat pada persamaan 5.

$$V_T = \frac{L \text{ (Panjang segmen Jalan)}}{W_T \text{ (waktu Tempuh rata – rata sepanjang segmen jalan)}} \quad (5)$$

Tingkat Pelayanan Jalan /Level Of Service (LOS)

Berdasarkan PKJI 2014 tingkat pelayanan jalan dibagi berdasarkan pada karakteristik operasi terkait dan batas lingkup V/C.

Tabel 2. Tingkat Pelayanan Jalan

LOS	Klasifikasi Tingkat Pelayanan	(Q/C)
A	Kondisi arus lalu lintas dengan kecepatan tinggi, volume lalu lintas rendah.	0,00 – 0,20
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas.	0,20 – 0,44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan.	0,45 – 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan. V/C masih dapat ditolerir.	0,75 – 0,84
E	Arus tidak stabil kecepatan terkadang terhenti, permintaan sudah mendekati kapasitas.	0,85 – 1,00
F	Arus yang dipaksakan, kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, antrian panjang (macet).	>1,00

2.4. Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

Metode yang digunakan dalam menghitung BOK menggunakan Metode *Pacific Consultant Internasional* (PCI). Metode PCI menghitung total dari biaya tidak tetap dan biaya tidak tetap dengan variabel paling berpengaruh adalah VT (Waktu Tempuh). Komponen biaya yang digunakan dapat dilihat pada persamaan berikut:

1. Biaya penyusutan kendaraan per 1000 km dikalikan harga kendaraan terdepresiasi

$$\text{Golongan I : } Y = \frac{1}{2,5 (VT)+100} \quad (6)$$

2. Biaya Suku Bunga kendaraan per 1000 km dikalikan harga kendaraan terdepresiasi

$$\text{Golongan I : } Y = \frac{150}{500 (VT)} \quad (7)$$

3. Biaya Asuransi kendaraan per 1000 km dikalikan harga kendaraan

$$\text{Golongan I : } Y = \frac{38}{500 (VT)} \quad (8)$$

4. Biaya Konsumsi Bahan Bakar (liter/1000 km)

$$\text{Golongan I : } Y = 0,04376 (VT^2) - 4,94078 (VT) + 207,04 \quad (9)$$

5. Biaya Konsumsi Oli Mesin (liter/1000 km)

$$\text{Golongan I : } Y = 0,00029 (VT^2) - 0,03134 (VT) + 1,69613 \quad (10)$$

6. Biaya Suku Cadang per 1000 km dikalikan harga kendaraan

$$\text{Golongan I : } Y = (0,0000064 (VT) + 0,0005567) \quad (11)$$

7. Biaya Mekanik/Montir jam kerja per 1000 km

$$\text{Golongan I : } Y = (0,00362 (VT) + 0,36267) \quad (12)$$

8. Biaya Ban Kendaraan per 1000 km dikalikan jumlah ban kendaraan

$$\text{Golongan I : } Y = (0,0008848 VT - 0,0045333) \quad (13)$$

2.5. Nilai Waktu Perjalanan

Nilai waktu adalah besarnya uang yang dibayarkan setiap orang baik pribadi atau pengemudi, untuk menghemat satuan waktu perjalanan. Perhitungan nilai waktu perjalanan

dengan memanfaatkan faktor *Produk Domestik Regional Bruto* (PDRB), jumlah penduduk, serta jam kerja tahunan.

$$\text{Nilai waktu } (\lambda) = \frac{\frac{\text{PDRB}}{\text{Jumlah Penduduk}}}{\text{Jam kerja tahunan}} \quad (\text{orang/jam}) \quad (14)$$

2.6. Biaya Kemacetan

Besarnya biaya kemacetan adalah *generalized charge* pada kondisi sebenarnya (aktual) dan *generalized charge* pada kondisi yang diperkirakan (*perceived charge*) [13]. Estimasi biaya kemacetan ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$\text{CC (Biaya Kemacetan)} = (\text{BOK}_{\text{aktual}} - \text{BOK}_{\text{perceived}}) + (\lambda_{\text{aktual}} - \lambda_{\text{perceived}}) \quad (15)$$

2.7. Model Pemilihan Moda

Metode logit binomial selisih dapat digunakan apabila adanya waktu tempuh yang tidak terlalu bervariasi antar pasangan zona [14] [15]. Perhitungan model binomial selisih dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$P_{MP} = \frac{\exp^{U_{MP}}}{\exp^{U_{MP}} + \exp^{U_{BRT}}} \quad (16)$$

$$P_{MP} = \frac{\exp^{(U_{MP} - U_{BRT})}}{1 + \exp^{(U_{MP} - U_{BRT})}} \quad (17)$$

Dengan,

$$P_{BRT} = 1 - P_{MP} \quad (18)$$

$$P_{BRT} = \frac{1}{1 + \exp^{(U_{PMP} - U_{BRT})}} \quad (19)$$

Pada penelitian ini menggunakan dua atribut dalam menentukan pemilihan model utilitas alternatif, yaitu probabilitas individu yang menggunakan mobil pribadi (P_{MP}) dan BRT Trans Semarang (P_{BRT}) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$U_{MP} - U_{BRT} = \beta_0 + \beta_1(X_{1MP} - X_{1BRT}) + \dots + \beta_n(X_{nMP} - X_{nBRT}) \quad (20)$$

Dengan:

P_{MP} = Probabilitas Kendaraan Pribadi

P_{BRT} = Probabilitas BRT Trans Semarang

β_0 = Konstanta

$\beta_1, \beta_2, \beta_n$ = Koefisien atribut yang ditentukan melalui multiple linear regression

$U_{MP} - U_{BRT}$ = Respon individu terhadap pernyataan pilihan

$X_{1MP} - X_{1BRT}$ = Selisih biaya perjalanan antara Mobil Pribadi dengan BRT (rupiah)

$X_{2MP} - X_{2BRT}$ = Selisih waktu perjalanan antara Mobil Pribadi dengan BRT (menit)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kinerja Jalan

Berdasarkan hasil survei volume arus lalu lintas yang telah dilakukan, didapatkan jumlah kendaraan pada jam puncak dan kapasitas jalan pada ruas Jalan Pemuda-Pandanaran-Ahmad Yani. Kinerja ruas jalan diperoleh berdasarkan tingkat pelayanan jalan. Jalan Pemuda memiliki jam puncak pukul 07.00 – 08.00 dengan kategori E. Jalan Pandanaran memiliki jam puncak pukul 18.00 -19.00 arah timur serta 17.00 – 18.00 pada arah barat dengan kategori E dengan kondisi Arus sudah tidak stabil. Jalan Ahmad Yani memiliki tingkat pelayanan jalan terburuk dengan kategori F pada pukul 17.00 – 18.00 dengan kondisi arus sudah tidak stabil dan volume diatas kapasitas.

Pada Jalan Pemuda memiliki tingkat pelayanan jalan dengan arus tidak stabil akibat adanya hambatan jalan yang tinggi. Hambatan pada Jalan Pemuda diakibatkan banyak pengguna kendaraan yang keluar masuk pada suatu area serta adanya *on street parking*, sehingga memperkecil ukuran jalan, serta berdampak pada tingkat pelayanan jalan. Jalan Pandanaran berada dikawasan bisnis seperti pusat oleh oleh dan banyak hotel yang berada pada area tersebut. Hal ini mempengaruhi tingkat pelayanan Jalan Pandanaran, akibat wisatawan yang parkir sembarangan serta keluar masuk pada pusat oleh oleh, sehingga mengakibatkan kemacetan pada jalan tersebut. Pada Jalan Ahmad Yani berada pada tingkat pelayanan jalan terburuk dengan sering terjadinya kemacetan. Hal ini dapat diakibatkan banyak jumlah kendaraan yang melewati jalan tersebut, namun kapasitas jalan yang diberikan terlalu kecil.

3.2 Kecepatan Tempuh

Penentuan kecepatan tempuh didapatkan berdasarkan jarak jalan yang ditinjau dengan waktu tempuh. Waktu tempuh yang dibutuhkan untuk melewati Jalan Pemuda-Pandanaran-Ahmad Yani yaitu waktu minimum 10 menit dan maksimum 15 menit, dengan kecepatan tempuh untuk mobil pribadi yang didapatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi waktu tempuh dan kecepatan tempuh

Jalan	Periode	Actual			Perceived		
		Waktu Rata-Rata (Menit)	Waktu (jam)	VT (km/jam)	Waktu Rata-Rata (Menit)	Waktu (jam)	VT (km/jam)
Pemuda	Pagi	00:03:41	0.0614	15	00:02:33	0.0425	21
	Siang	00:03:00	0.0500	18	00:02:00	0.0333	27
	Petang	00:03:49	0.0636	14	00:02:39	0.0442	20
Pandanaran	Pagi	00:05:03	0.0842	18	00:03:57	0.0658	23
	Siang	00:03:54	0.0928	16	00:03:15	0.0542	28
	Petang	00:04:23	0.0731	21	00:03:21	0.0558	27
Ahmad Yani	Pagi	00:04:24	0.0733	17	00:03:12	0.0533	23
	Siang	00:03:27	0.0575	21	00:02:57	0.0492	25
	Petang	00:03:48	0.0633	19	00:03:03	0.0508	24

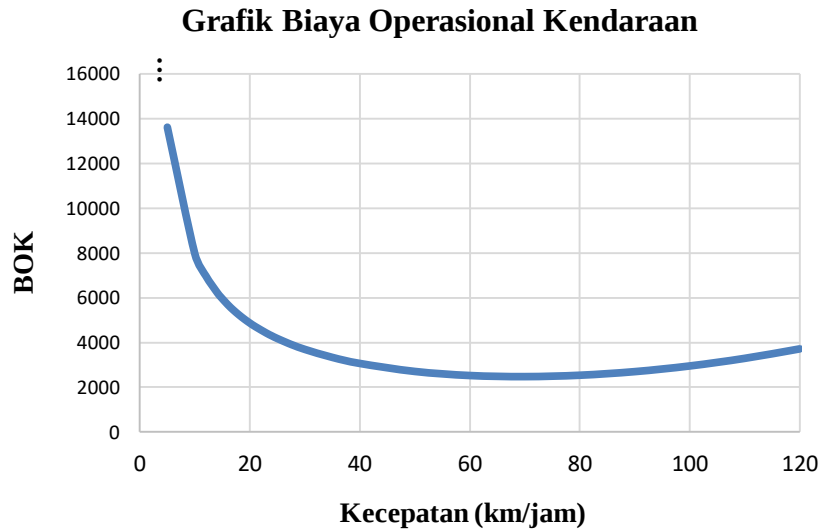
3.3 Biaya Operasional Kendaraan

Dalam menentukan komponen mobil yang digunakan pada perhitungan BOK, digunakan mobil Toyota Avanza. Berdasarkan hasil survei didapatkan jumlah mobil terbanyak dengan merek Toyota Avanza yang melewati jalan pemuda sebanyak 1.314 unit. Berikut rekapitulasi BOK menggunakan metode PCI.

Tabel 4. Komponen BOK

Jalan	Kecepatan aktual (km/jam)	BOK Actual (Rupiah)	Kecepatan <i>perceived</i> (km/jam)	BOK <i>Perceived</i> (Rupiah)
Pemuda	15	6.048	21	4.682
	18	5.239	27	3.964
	14	6.202	20	4.807
Pandanaran	18	5.222	23	4.417
	16	5.589	28	3.859

	21	4.735	27	3.939
	17	5.506	23	4.417
Ahmad Yani	21	4.652	25	4.178
	19	4.973	24	4.274



Gambar 3. Grafik Biaya Operasional Kendaraan

Pada **Gambar 3** dapat dilihat nilai BOK untuk kondisi aktual dengan kecepatan 15 km/jam sebesar Rp.6.048, sedangkan dengan kecepatan 110 km/jam sebesar Rp.3.291. Untuk kecepatan arus bebas dengan kecepatan 60 km/jam diperoleh BOK Rp.2.524. Sedangkan untuk biaya optimum diperoleh pada kecepatan 70 km/jam dengan BOK Rp.2.475. BOK untuk kondisi *perceived* pada kecepatan 20 km/ jam sebesar Rp.4.807, kecepatan 21 km/ jam sebesar Rp.4.682, kecepatan 23 km/ jam sebesar Rp.4.417, kecepatan 24 km/jam sebesar Rp.4.274, kecepatan, hingga kecepatan 28 km/jam memiliki BOK sebesar Rp.3.859. Pada grafik tersebut, kecepatan dibawah 70 km/ jam menjelaskan apabila kecepatan semakin besar maka nilai BOK semakin kecil. Namun pada kecepatan diatas 70 km/jam, nilai BOK mengalami kenaikan apabila kecepatan semakin tinggi. Hal ini juga dipengaruhi oleh faktor biaya tidak tetap, contoh pada faktor bahan bakar minyak dan faktor bahan bakar oli. Apabila kecepatannya rendah maka semakin banyak bahan bakar minyak dan oli yang dikeluarkan oleh suatu kendaraan.

3.4 Nilai Waktu

Nilai waktu perjalanan membutuhkan data jumlah penduduk Kota Semarang dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) tahun 2022, dengan hasil yang didapatkan sebagai berikut.

$$\text{Nilai waktu perjalanan} = \frac{\frac{127.324.000 \times 10^6}{1.769.979}}{2080} = \text{Rp } 34.584 \text{ /jam}$$

Nilai waktu perjalanan yang diperoleh dilakukan analisis ketika kendaraan dengan waktu tempuh secara aktual dan *perceived*. Berikut rekapitulasi hasil nilai waktu secara aktual dan *perceived* sesuai dengan data waktu tempuh.

Tabel 4. Komponen BOK

Jalan	Periode	Waktu Tempuh Aktual (jam)	BWP Actual (rupiah)	Waktu Tempuh Perceived (jam)	BWP Perceived (rupiah)
Pemuda	Pagi	0,0614	2.123	0,0425	1.470
	Siang	0,0500	1.729	0,0333	1.153
	Petang	0,0636	2.200	0,0442	1.527
Pandanaran	Pagi	0,0842	2.911	0,0658	2.277
	Siang	0,0928	3.209	0,0542	1.873
	Petang	0,0731	2.527	0,0558	1.931
Ahmad Yani	Pagi	0,0733	2.536	0,0533	1.844
	Siang	0,0575	1.989	0,0492	1.700
	Petang	0,0633	2.190	0,0508	1.758

3.5 Biaya Kemacetan

Biaya kemacetan digunakan nilai *generalized cost* yang didapatkan merupakan penjumlahan dari selisih BOK terhadap kondisi *actual* dan *perceived* terhadap selisih Biaya Waktu Perjalanan pada kondisi *actual* dan *perceived*. Berdasarkan Tabel 5 didapatkan total biaya kemacetan pada Jalan Pemuda-Pandanaran-Ahmad Yani dengan biaya minimum sebesar Rp.10.000 dan Maksimum Rp.15.000.

Tabel 4. Biaya Kemacetan

Jalan	Panjang Jalan (km)	Biaya Kemacetan (Rupiah)
Pemuda	2,756	5.566
		5.101
		5.696
Pandanaran	1,522	2.205
		4.666
		2.118
Ahmad Yani	1,229	2.188
		936
		1.389

3.6 Model Perpindahan Moda

Berdasarkan hasil wawancara menggunakan kuisioner, terdapat 2 bagian yang harus diisi oleh responden, yaitu Bagian 1: karakteristik penumpang dan Bagian 2: preferensi responden dalam memilih moda.

Berikut hasil survei berdasarkan **karakteristik responden** yang dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. Karakteristik responden

Karakteristik	Jenis	Persentase (%)
Jenis Kelamin	Pria	66,67
	Wanita	33,33
Usia	<25	0,00
	25 - 35	34,57
	35 - 45	37,04
	45 - 55	22,22
	>55	6,17

Pekerjaan	Wiraswasta	38,27
	Pegawai Swasta	43,21
	Ibu Rumah Tangga	4,94
	Profesional	3,70
	Lainnya (Pensiunan)	3,70
	Pegawai Negeri Sipil	6,17
Pendapatan per bulan	<2.500.000	3,70
	2.500.000-5.000.000	20,99
	5.000.000-7.500.000	40,74
	7.500.000-10.000.000	25,93
	>10.000.000	8,64
Pendidikan terakhir	SD/SMP	3,70
	SMA	19,75
	D1 - D3	17,28
	DIV-S1	55,56
	Pasca Sarjana (S2)	2,47
	Pasca Sarjana (S3)	1,23
Kepemilikan mobil pribadi	0	0,00
	1	74,07
	2	18,52
	>2	7,41

Probabilitas Perpindahan Moda

Analisis regresi dilakukan untuk mendapatkan koefisien determinasi variabel bebas dan variabel terikat. Hasil regresi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Regresi

Regression Statistics	
Multiple R	0.796821762
R Square	0.634924921
Adjusted R Square	0.633414266
Standard Error	0.827783604
Observations	729

ANOVA

	Df	SS	MS	F	Significance F
Regression	3	863.9961998	287.9987333	420.2976267	3.961E-158
Residual	725	496.7886287	0.685225695		
Total	728	1360.784829			

	Coefficients	Standard Error	t Stat		
Intercept	-11.3773608	0.356221346	-31.93902044		
WT	-0.26392242	0.007509805	-35.14370964		
CC	-0.01199717	0.130073644	-0.09223366		
FQ	-1.54034537	0.329491373	-4.674918673		
	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	1.9969E-140	-12.0767094	-10.6780123	-12.0767094	-10.6780123
WT	9.8812E-159	-0.27866598	-0.24917886	-0.27866598	-0.24917886
CC	0.926537875	-0.26736314	0.243368803	-0.26736314	0.243368803
FQ	3.50683E-06	-2.1872165	-0.89347425	-2.1872165	-0.89347425

Pada **tabel 6** didapatkan nilai koefisien determinasi R^2 sebesar 0.639, hal ini menunjukkan bahwa pengaruh semua atribut perubahan utilitas pada model ini sebesar 63.9%. Dengan atribut yang digunakan yaitu waktu tempuh, biaya kemacetan, dan frekuensi. Dari tabel tersebut, dihasilkan t test $> t$ tabel, yang artinya variabel yang digunakan mempunyai pengaruh yang signifikan dalam penelitian ini. Selain itu, didapatkan t stat $< t$ tabel menunjukkan hubungan tidak kuat berdasarkan analisis statistik pada Uji Tstat. Pemodelan pemilihan moda dihasilkan dengan membentuk fungsi utilitas dari metode logit biner selisih yang menghasilkan persamaan regresi, yang dapat dilihat pada persamaan 21. WT merupakan Waktu Tempuh, CC: biaya kemacetan dan FQ: Frekuensi.

$$U (P_{mp} - P_{brt}) = -11.3774 - 0.2639 (WT) - 0.0120 (CC) - 1.5403 (FQ) \quad (21)$$

Didapatkan probabilitas perpindahan moda mobil pribadi dengan BRT Trans Semarang dengan beberapa skenario, yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Probabilitas Perpindahan Moda

Skenario	Waktu tempuh	Biaya kemacetan	Frekuensi	Probabilitas Mobil Pribadi	Probabilitas BRT
1	-15	15	-6	0.838	0.162
2	-20	12	-5	0.811	0.188
3	-25	10	-4	0.779	0.220
4	-10	15	-6	0.580	0.419
5	-15	12	-5	0.535	0.465
6	-20	10	-4	0.485	0.514
7	-5	15	-6	0.270	0.730
8	-10	12	-5	0.235	0.765
9	-15	10	-4	0.201	0.798

Berdasarkan **Tabel 6** didapatkan probabilitas dalam mobil pribadi dan BRT apabila adanya variabel WT, CC, dan FQ. Persentase probabilitas pengguna mobil pribadi berpindah ke BRT Trans Semarang terbesar yaitu 79,86% dengan adanya penerapan biaya kemacetan sebesar Rp.10.000. Selain berdampak pada perpindahan moda transportasi publik, biaya kemacetan berpengaruh pada kinerja jalan yang ditinjau dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Derajat Kejenuhan dan Tingkat Pelayanan Jalan

Jalan	Arah	Jam Puncak	Sebelum Adanya Biaya Kemacetan		Setelah Adanya Biaya Kemacetan	
			DJ	Tingkat Pelayanan	DJ	Tingkat Pelayanan
Pemuda	Timur	07.00 - 08.00	0,93	E	0,72	C
		12.00 - 13.00	0,59	C	0,46	C
		16.00 - 17.00	0,74	C	0,58	C
Pandanaran	Timur	07.00 - 08.00	0.32	B	0,24	B
		12.00 - 13.00	0.41	B	0,27	B
		18.00 - 19.00	0.99	E	0,68	C

Ahmad Yani	Barat	07.00 - 08.00	0.76	D	0,60	C
		11.00 - 12.00	0.61	C	0,42	B
		17.00 - 18.00	0.91	E	0,66	C
	Timur	07.00 - 08.00	0.31	B	0,23	B
		12.00 - 13.00	0.42	B	0,30	B
		18.00 - 19.00	0.68	C	0,49	C
	Barat	07.00 - 08.00	0.83	D	0,68	C
		12.00 - 13.00	0.78	D	0,53	C
		17.00 - 18.00	1.04	F	0,77	D

Pada **Tabel 7** menunjukkan adanya tingkat pelayanan jalan yang berubah, dapat diartikan banyak pengguna mobil pribadi yang tidak melewati jalan tersebut diakibatkan adanya biaya kemacetan. Sehingga memungkinkan untuk pengguna kendaraan pribadi memiliki jalur lainnya atau berpindah ke transportasi publik. Adanya skenario penerapan *congestion charge*, maka cukup efektif guna mengurangi kemacetan di *Central Business District (CBD)* Kota Semarang.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kinerja jalan pada ruas Jalan Pemuda, Jalan Ahmad Yani memiliki arus yang tidak stabil dengan tingkat pelayanan terburuk kategori F, yang artinya sering terjadi kemacetan. Solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah kemacetan adalah dengan menerapkan perpindahan moda dari mobil pribadi ke BRT Trans Semarang. Hal ini dapat dilakukan dengan menerapkan biaya kemacetan pada ruas jalan tersebut. Didapatkan probabilitas responden yang akan berpindah dari mobil pribadi terhadap BRT Trans Semarang dengan atribut waktu tempuh, biaya kemacetan, dan frekuensi sebanyak 79, 8 %. Hal ini menunjukkan pengaruh perpindahan apabila adanya selisih waktu tempuh sebesar 15 menit, frekuensi sebesar 4 bus/ jam, dan adanya penerapan biaya kemacetan sebesar Rp.10.000. Selain itu, apabila adanya penerapan biaya kemacetan berdampak pada kinerja jalan, salah satunya adalah Jalan Ahmad Yani dengan jam puncak pukul 17.00 – 18.00 dengan kategori arus lalu lintas sering terjadi kemacetan berubah menjadi arus mendekati tidak stabil namun V/C dapat ditoleransi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 78, “Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 78 tentang Tata Ruang Kawasan Perkotaan Kedungsepur.” 2017.
- [2] Badan Pusat Statistik Kota Semarang, “Kota Semarang Dalam Angka 2022,” 2022. Accessed: Jul. 03, 2023. [Online]. Available: <https://semarangkota.bps.go.id/publication/2022/02/25/b4fc35189dd9d76b896dcbf3/kota-semarang-dalam-angka-2022.html>
- [3] A. Utami and H. Widyastuti, “Model Panjang Antrian Kendaraan pada Perlintasan Sebidang Tanpa Palang Pintu (Studi Kasus: Perlintasan Sebidang Jl. Gayung Kebonsari Surabaya),” *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 17, no. 1, p. 27, 2019, doi: 10.12962/j2579-891x.v17i1.4693.

- [4] M. I. Ali and M. R. Abidin, *Prosiding Seminar Nasional Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar "Diseminasi Hasil Penelitian melalui Optimalisasi Sinta dan Hak Kekayaan Intelektual"* Pengaruh kepadatan penduduk terhadap intensitas kemacetan lalu lintas di Kecamatan Rappocini Makassar.
- [5] M. Lestira Hariani *et al.*, "sIKLU_s: Jurnal Teknik Sipil Evaluasi Kinerja Operasional dan Pelayanan BRT Trans Semarang Rute Penggaron-Mangkang," vol. 9, no. 1, pp. 28–42, 2023, doi: 10.31849/siklus.v9i1.12489.
- [6] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, "Jumlah Kendaraan Pribadi Kota Semarang tahun 2019 - 2021," 2022.
- [7] A. Y. Nurhidayat, H. Widyastuti, S. Sucipto, and D. P. Utomo, "Model of Transportation Mode Selection Between Private Vehicle and Serpong-Tanahabang Commuter Line," vol. 147, no. Grost, pp. 238–249, 2018, doi: 10.2991/grost-17.2018.21.
- [8] Y. A. Lubis, "Analisis Biaya Kemacetan Kendaraan Di Jalan Setiabudi (Studi Kasus Depan Sekolah Yayasan Pendidikan Shafiiyyatul Amaliyyah) (YPSA)," *Jurnal warta*, no. 224, pp. 1–16, 2016.
- [9] I. D. A. A. Gitasari and K. D. M. E. Handayeni, "Pengaruh Skenario Congestion Pricing terhadap Peluang Pengalihan Moda di Kota Surabaya," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i2.74040.
- [10] S. Nuryati and S. Haq, "Analisis Biaya Kendaraan di Wilayah Tanggerang Dengan Metode Pacific Consultant International," *Jurnal Teknik*, vol. 3, no. 2, pp. 61–66, 2014.
- [11] A. Soimun and H. Widyastuti, "Analisis Probabilitas Perpindahan Moda Pengguna Sepeda Motor ke Kereta Commuter Surabaya Porong," *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, vol. 22, no. 1, pp. 47–56, 2020, doi: 10.25104/jptd.v22i1.1599.
- [12] Direktorat Jendral Bina Marga, *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Jakarta, 2014.
- [13] G. Sugiyanto, S. Malkhamah, A. Munawar, H. Sutomo, and M. Program Doktor, "Congestion Cost Model Of Private Passenger Car Users In Malioboro District, Yogyakarta Model Biaya Kemacetan Bagi Pengguna Mobil Pribadi di Kawasan Malioboro, Yogyakarta," 2011.
- [14] S. N. Rahmatunnisa, A. Utami, and A. Y. Nurhidayat, "Probabilitas Perpindahan Penumpang Transportasi Massal Berbasis Rel (Studi Kasus Kereta Api Argo Parahyangan Terhadap Kereta Cepat Jakarta – Bandung)," vol. 04, no. September, pp. 91–96, 2021.
- [15] R. S. S. Tuhepaly and H. Widyastuti, "Analisis Probabilitas Pemilihan Moda Pesawat Terbang dan Kapal Laut pada Rute Fakfak – Sorong dengan Metode Revealed Preference," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 17, no. 1, p. 13, 2019, doi: 10.12962/j2579-891x.v17i1.4694.