



Original Article

The Impact of Urban Traffic Density on The Service Quality and Performance of Public Bus Transport

Kesan Kepadatan Trafik Bandar Terhadap Kualiti Perkhidmatan Dan Prestasi Perkhidmatan Pengangkutan Bas Awam



Ery Sugito¹, Diana Binti Mohamad^{1,2} , Ruhizal Roosli²

¹ Fakulti Sains & Teknologi, Universiti Ibnu Sina Batam (UIS), Batam - Indonesia

² School of Housing, Building and Planning, Universiti Sains Malaysia, 11800 Penang, Malaysia

* Correspondence email: diana_mohamad@usm.my

Abstract

Population growth and increasing motor vehicles pose significant challenges to urban areas, particularly regarding rising traffic congestion, service quality, and transportation performance. This study aims to analyze the impact of traffic density on the quality of service and public bus transportation performance in urban areas from the perspectives of both passengers and non-passengers. The One-Way ANOVA method examined significant differences between these two groups. The findings indicate that passengers perceive traffic congestion as a cause of travel delays, reduced schedule accuracy, and diminished comfort and satisfaction with bus services. Meanwhile, for non-passengers, traffic congestion remains a major issue affecting urban mobility, as they view the inefficiency of the bus system as a key factor deterring them from using public transportation. Therefore, to enhance the efficiency and attractiveness of public transport, authorities should implement measures such as dedicated bus lanes, real-time arrival monitoring systems, and improvements in infrastructure and route integration with other transportation systems.

Copyright © 2025 KARYA ILMU PUBLISHING - All rights reserved

Article Info

Received 19 December 2024

Received in revised form 20 March 2025

Accepted 1 May 2025

Available online 22 May 2025

Keywords

Urban Transportation

Urban Traffic Density

Service Quality

Public Transport Performance

Pengangkutan Bandar

Kepadatan Trafik Bandar

Kualiti Perkhidmatan

Prestasi Pengangkutan Awam

Abstrak

Pertumbuhan penduduk dan bilangan kenderaan bermotor menimbulkan cabaran besar bagi kawasan bandar, terutamanya dari segi meningkatkan trafik, kualiti perkhidmatan dan prestasi pengangkutan. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis kesan kepadatan trafik terhadap kualiti perkhidmatan dan prestasi pengangkutan bas awam di bandar berdasarkan pada mata penumpang dan bukan penumpang. Kaedah One Way Anova digunakan untuk menguji perbezaan ketara antara kedua-dua golongan. Hasil kajian menunjukkan bahawa penumpang merasakan bahawa kesesakan lalu lintas menyebabkan kelewatan perjalanan, mengurangkan ketepatan jadual, serta

menjejaskan keselesaan dan kepuasan mereka terhadap perkhidmatan bas. Sementara itu, bagi bukan penumpang, kesesakan lalu lintas tetap menjadi isu utama yang mempengaruhi mobiliti bandar, di mana mereka melihat ketidakcekapan sistem bas sebagai salah satu faktor yang menghalang mereka daripada menggunakan pengangkutan awam. Oleh itu, bagi meningkatkan kecekapan dan daya tarikan pengangkutan awam, pihak berkuasa perlu mengambil langkah seperti menyediakan laluan khas bas, memperkenalkan sistem pemantauan waktu ketibaan secara real-time, serta memperbaiki infrastruktur dan integrasi laluan bas dengan sistem pengangkutan yang lain.

Copyright © 2025 KARYA ILMU PUBLISHING - All rights reserved

1. Pengenalan

Pertumbuhan penduduk dan bilangan kenderaan bermotor yang tidak terkawal di bandar-bandar besar menyebabkan masalah lalu lintas yang semakin rumit. Salah satu kesan utama ialah peningkatan kepadatan trafik pada waktu puncak, yang mengurangkan kecekapan pengangkutan awam, terutamanya bas, sebagai mod pengangkutan utama di bandar [1,2]. Sebagai salah satu cara pengangkutan awam yang paling banyak digunakan, bas memainkan peranan penting dalam mobiliti komuniti bandar. Walau bagaimanapun, kesesakan lalu lintas sering menghalang prestasi operasi bas, yang dicirikan oleh masa perjalanan yang lebih lama dan penurunan ketepatan masa ketibaan. Kesesakan lalu lintas adalah fenomena yang tidak dapat dielakkan di bandar-bandar besar, terutamanya di kawasan tengah bandar yang menjadi pusat aktiviti ekonomi, sosial dan politik [3,4]. Dalam kebanyakan kes, bas yang sepatutnya menjadi pilihan pertama orang ramai sebenarnya ditangguhkan kerana kelajuan perjalanan yang semakin berkurangan. Akibatnya, kelewatan ini memberi kesan kepada ketepatan masa ketibaan serta keselesaan penumpang [5]. Di samping itu, kepadatan trafik yang tinggi juga meningkatkan penggunaan bahan api, yang menyumbang kepada pembaziran sumber serta kesan alam sekitar yang lebih besar.

Data daripada pejabat pengangkutan di beberapa bandar utama di Indonesia, seperti Jakarta, Surabaya dan Batam, menunjukkan bahawa pada waktu puncak, masa perjalanan bas boleh meningkat dengan ketara. Di Batam, sebagai contoh, kesesakan boleh menyebabkan penurunan kelajuan purata bas sehingga 40%, yang bukan sahaja mengurangkan keberkesanan pengangkutan awam tetapi juga meningkatkan beban operasinya [6,7]. Ini menunjukkan bahawa kepadatan trafik mempunyai kesan yang besar terhadap kualiti perkhidmatan bas sebagai mod pengangkutan awam [8]. Penurunan kualiti perkhidmatan ini boleh menyebabkan penurunan minat orang ramai dalam menggunakan bas, yang akhirnya menggalakkan peningkatan penggunaan kenderaan persendirian dan memburukkan lagi kesesakan lalu lintas di kawasan bandar [9]. Pengaruh kepadatan trafik terhadap prestasi bas bukan sahaja ditentukan oleh jumlah kenderaan di jalan raya, tetapi juga dipengaruhi oleh pelbagai faktor lain seperti pengurusan laluan, reka bentuk infrastruktur jalan raya, dan dasar pengangkutan yang dilaksanakan oleh pihak Kerajaan [7,10].

Walaupun kesesakan lalu lintas merupakan cabaran utama, penyelidikan penambahbaikan infrastruktur dan pengurusan pengangkutan yang berkesan boleh mengurangkan kesan negatifnya [11]. Mereka mendapati bahawa pelaksanaan lorong bas sahaja serta keutamaan lalu lintas di persimpangan boleh mempercepatkan perjalanan dan mengurangkan masa perjalanan walaupun keadaan lalu lintas sesak. Kajian itu menekankan kepentingan dasar pengangkutan yang menyokong kelancaran operasi bas, seperti pembangunan lorong bas berasingan untuk mengurangkan interaksi dengan kenderaan persendirian. Selain itu, kesesakan yang memanjangkan masa perjalanan juga boleh menjejaskan tahap penggunaan pengangkutan awam [12]. Hasil kajian lain menunjukkan bahawa semakin pendek masa perjalanan bas, semakin tinggi minat orang ramai untuk menggunakan pengangkutan awam, yang

akhirnya membantu mengurangi kepadatan lalu lintas di jalan raya. Oleh itu, mengoptimumkan sistem pengangkutan yang lebih cekap dan responsif kepada keadaan lalu lintas merupakan langkah penting dalam meningkatkan kualiti perkhidmatan bas [13]. Serta teknologi pengurusan trafik yang lebih maju ini membolehkan bas mengekalkan kelajuan purata pada tahap yang lebih optimum. Kelajuan bas yang rendah akibat kesesakan sering mengurangkan keyakinan orang ramai terhadap pengangkutan awam. Oleh itu, untuk mengekalkan kemampanan penggunaan bas, diperlukan sistem yang dapat mengekalkan kelajuan operasinya walaupun trafik sesak. Sebagai satu penyelesaian, beberapa bandar utama telah menggunakan sistem BRT untuk menyediakan lorong eksklusif untuk bas, mengelakkan kesesakan dan meningkatkan kecekapan perjalanan [14]. Kajian oleh menunjukkan bahawa sistem BRT mampu meningkatkan kelajuan bas sehingga 30% berbanding bas yang beroperasi di laluan biasa dengan kenderaan persendirian. Selain itu, sistem ini juga berkesan dalam mengurangkan masa perjalanan keseluruhan dan meningkatkan kepuasan penumpang. Di samping itu, kajian oleh Oliveira et al. [15] mendapati bahawa pengalaman pengguna pengangkutan awam sangat bergantung kepada masa perjalanan. Kelajuan bas yang dikurangkan dan masa perjalanan yang lebih lama mempunyai kesan negatif terhadap keselesaan penumpang [15]. Walaupun pelbagai usaha telah dilakukan untuk menambah baik kemudahan dan keselamatan bas, kesesakan lalu lintas kekal sebagai cabaran utama dalam mengekalkan tahap kepuasan pengguna. Menurut penyelidikan oleh Amsori et al. [16], pengurusan trafik yang berkesan boleh meningkatkan kepuasan pengguna pengangkutan awam. Sebagai contoh, mengutamakan trafik untuk bas boleh mempercepatkan masa perjalanan dan meningkatkan pengalaman pengguna [16].

Untuk memastikan keberkesanan dasar ini, kerjasama antara pelbagai pihak berkepentingan, termasuk pihak berkuasa pengangkutan, pengurus trafik dan perancang bandar diperlukan. Tambahan pula, Sang Yum Lee et al. [17] juga menekankan kepentingan pendekatan bersepadu dalam perancangan pengangkutan, di mana dasar pengangkutan awam mesti sejajar dengan strategi pengurusan trafik untuk mewujudkan sistem pengangkutan yang lebih cekap. Selain itu, perancangan jangka panjang yang memberi tumpuan kepada pembangunan infrastruktur pengangkutan mampan juga merupakan faktor utama dalam mengurangkan kesesakan [17]. Langkah-langkah seperti pembangunan terminal bas yang disepadukan dengan mod pengangkutan yang lain, pembinaan lorong bas khas, dan perancangan bandar yang lebih mesra pengangkutan awam dapat meningkatkan kelancaran operasi bas dan mengurangkan kesan negatif kesesakan lalu lintas. Penyelidikan ini dijangka dapat menyumbang kepada perancangan pengangkutan awam khususnya dalam mengoptimumkan sistem pengangkutan bas di tengah-tengah kepadatan trafik yang semakin meningkat. Hasil kajian ini juga dijangka menjadi asas kepada kerajaan dan pengurus pengangkutan dalam merangka dasar yang lebih baik bagi meningkatkan prestasi pengangkutan awam. Oleh itu, penyelidikan ini bukan sahaja berguna dalam pembangunan sains, tetapi juga dalam meningkatkan kualiti hidup penduduk di bandar-bandar besar [18,19].

2. Metodologi

Metodologi ini menggunakan kaedah kuantitatif dengan menggunakan teknik ANOVA (*Analysis of Variance*) yang memberi tumpuan kepada menganalisis perbezaan min antara dua atau lebih kumpulan yang dibandingkan berdasarkan pembolehubah yang boleh diukur (Jadual 1). Ujian dijalankan dengan mengedarkan soal selidik kepada persampelan rawak kepada 100 responden dengan 12 soalan, dalam kes ini responden yang terlibat adalah penumpang bas Trans-Batam dan bukan penumpang di laluan Batam Center – Tanjung Piayu. Teknik ini amat membantu apabila penyelidik ingin mengetahui sama ada perbezaan antara kumpulan yang disebabkan oleh faktor yang dikaji atau hanya hasil kebetulan. Menggunakan One Way ANOVA, penyelidik boleh menilai sama ada pembolehubah ketumpatan trafik yang diuji (*Independent*) mempunyai kesan yang ketara terhadap pembolehubah prestasi pengangkutan

awam (*Dependent*). ANOVA juga membolehkan penyelidik menguji lebih daripada dua kumpulan dalam satu analisis, yang akan menjadi lebih cekap daripada melakukan berbilang ujian-t berpasangan yang akan meningkatkan risiko ralat jenis satu. Jika variasi antara kumpulan jauh lebih besar daripada variasi dalam kumpulan, maka perbezaan antara kumpulan dianggap ketara. Sebelum menjalankan analisis dengan ANOVA, adalah penting untuk memastikan bahawa data yang digunakan memenuhi andaian asas ANOVA, seperti kenormalan data (data mesti diedarkan secara normal dalam setiap kumpulan), homogeniti varians (variens antara kumpulan mestilah sama), dan kebebasan data (setiap data dalam kumpulan mestilah bebas antara satu sama lain). Jika andaian ini tidak dipenuhi, keputusan ANOVA mungkin menjadi tidak sah.

Sebaik sahaja proses analisis dijalankan, keputusan akan menunjukkan sama ada terdapat perbezaan yang ketara antara kumpulan. Jika perbezaan yang ketara ditemui, langkah seterusnya ialah menjalankan ujian susulan atau *Post-Hoc* untuk mengetahui kumpulan mana yang berbeza dengan ketara antara satu sama lain. Ujian *Post-Hoc*, seperti HSD Tukey atau Bonferroni dapat digunakan untuk mengenal pasti perbezaan khusus antara kumpulan selepas uji ANOVA yang menunjukkan perbezaan yang ketara. Dengan pendekatan ini, penyelidik boleh membuat kesimpulan yang lebih mendalam dan menggunakan penemuan untuk tujuan penyelidikan atau membuat keputusan praktikal. Berikut ialah langkah-langkah dalam penyiapan menggunakan kaedah One Way ANOVA: (1) Tentukan sama ada kajian bertujuan untuk menguji perbezaan ketara antara dua atau lebih kumpulan berdasarkan pembolehubah bersandar yang diukur. (2) Tentukan pembolehubah bebas (faktor) yang membezakan kumpulan dan pembolehubah bersandar yang akan diukur. (3) Perumuan Hipotesis Penyelidikan: Hipotesis nol (H_0) menyatakan bahawa tiada perbezaan yang signifikan antara kumpulan, manakala hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahawa terdapat perbezaan yang ketara antara kumpulan. (4) Reka Bentuk Penyelidikan: Tentukan jenis ANOVA yang akan digunakan (seperti ANOVA Sepala atau ANOVA Dua Hala) dan tentukan bilangan sampel yang diperlukan untuk setiap kumpulan. (5) Pengumpulan Data: Kumpul data daripada setiap kumpulan untuk dianalisis, memastikan data memenuhi andaian normaliti, homogenitas, varians dan kemerdekaan. (6) Analisis data dengan ANOVA: Kira nilai F dan lakukan ujian ANOVA untuk menentukan sama ada perbezaan antara kumpulan adalah ketara. Susun jadual ANOVA untuk memaparkan pengiraan jumlah kuasa dua, darjah kebebasan, *mean square* dan nilai-F. (7) Ujian Kepentingan: Tentukan nilai-p untuk menguji kepentingan keputusan. Jika nilai $p < 0.05$, maka H_0 ditolak, yang bermaksud terdapat perbezaan yang ketara antara kumpulan. (8) Ujian *Post-Hoc*: Jika terdapat perbezaan yang ketara, lakukan ujian *Post-Hoc* untuk mengetahui kumpulan mana yang berbeza dengan ketara. (9) Tafsiran Keputusan: Analisis ANOVA dan keputusan *Post-Hoc* untuk membuat kesimpulan tentang perbezaan antara kumpulan. (10) Berdasarkan hasil penyelidikan, buat kesimpulan tentang perbezaan antara kumpulan dan memberikan cadangan yang relevan untuk penyelidikan lanjut atau aplikasi praktikal.

Jadual 1: Mengukur Pembolehubah dalam Penyelidikan.

No	Kriteria	No	Sub Kriteria
1	Trafik	1	Jumlah kenderaan
		2	Kesesakan jalan raya
		3	Kelajuan purata kenderaan
		4	Ketumpatan jalan masa puncak
2	Kualiti Perkhidmatan	1	Kelewatan Bas
		2	Keselesaian Bas
		3	Kepuasan penumpang
		4	Kekerapan ketibaan

		5	Kebolehcapaian
3	Prestasi Pengangkutan Bas	1	Masa perjalanan
		2	Purata kelajuan bas
		3	Kapasiti pengangkutan
		4	Ketepatan Masa
		5	Bilangan penumpang

3. Keputusan dan Perbincangan

3.1. Demografi Responden

Pengumpulan data kesan kepadatan trafik terhadap kualiti perkhidmatan dan prestasi pengangkutan bas awam Trans-Batam dengan mengagihkan kluster kepada penumpang di laluan Batam Center – Tanjung Piayu, di mana pengagihan kluster dijalankan secara bersemuka di perhentian bas atau terminal. Bagi keputusan soal selidik yang berkaitan dengan ciri-ciri responden ([Jadual 2](#)).

Jadual 2: Ciri-ciri Responden (Penumpang dan Non Penumpang).

Demografi Data	Jumlah	Peratusan
Jantina		
Lelaki	36	36%
Wanita	64	64%
Umur		
18 – 25 Tahun	16	16%
26 - 35 Tahun	35	35%
36 – 44 tahun	38	38%
45 – 50 Tahun	6	6%
51 – 60 Tahun	4	4%
> 60 Tahun	1	1%
Domisili		
Pusat Batam	56	56%
Tanjung Piayu	35	35%
Daerah Lain	9	9%
Status Pekerjaan		
Pelajar	9	9%
Pekerja Persendirian	68	68%
Kakitangan Kerajaan	13	13%
Pesara	2	2%
Tidak Berfungsi	8	8%
Tahap Pendidikan		
Sekolah Menengah Atas	52	62%
Ijazah sarjana muda	48	38%
Sarjana / PhD	0	0%

3.2. Ujian Kenormalan Data

Ujian kenormalan data ialah prosedur statistik yang digunakan untuk menentukan sama ada data dalam kajian mempunyai taburan normal atau tidak. Ujian ini sangat penting, terutamanya dalam analisis statistik seperti ANOVA, yang mengandaikan bahawa data yang digunakan adalah diedarkan secara normal. Jika data tidak memenuhi andaian ini, maka hasil analisis statistik mungkin menjadi tidak sah. Tujuan ujian normaliti adalah untuk menilai sama ada data mengikut taburan normal, yang biasanya dalam bentuk corak loceng simetri. Terdapat beberapa kaedah yang boleh digunakan untuk menguji kenormalan data, termasuk ujian Shapiro-Wilk dan ujian Kolmogorov-Smirnov. Ujian Shapiro-Wilk biasanya digunakan untuk sampel kecil hingga sederhana, manakala ujian Kolmogorov-Smirnov lebih sesuai untuk sampel yang lebih besar. Kedua-dua ujian ini menghasilkan nilai-p yang digunakan untuk menentukan sama ada data diagihkan secara normal. Jika nilai-p lebih besar daripada tahap kepentingan yang ditetapkan (cth, $p > 0,05$), maka hipotesis nol yang menyatakan bahawa data itu diedarkan secara normal tidak boleh ditolak, jadi data dianggap mengikut taburan normal. Sebaliknya, jika nilai-p kurang daripada tahap kepentingan (cth, $p < 0,05$), maka hipotesis nol ditolak, menunjukkan bahawa data tidak diedarkan secara normal. Dalam kajian ini, ujian normaliti telah dijalankan ke atas data penumpang menggunakan ujian Shapiro-Wilk. Keputusan menunjukkan bahawa nilai kepentingan untuk trafik ialah 0,352, kualiti perkhidmatan ialah 0,179, dan prestasi pengangkutan bas ialah 0,099, sedangkan ujian normaliti atas non penumpang menggunakan ujian Shapiro-Wilk. Keputusan menunjukkan bahawa nilai kepentingan untuk trafik ialah 0,223, kualiti perkhidmatan ialah 0,103 dan prestasi pengangkutan bas ialah 0,075. Oleh kerana kesemua nilai ini lebih besar daripada 0,05, berdasarkan kriteria ujian normaliti, boleh disimpulkan bahawa data diedarkan secara normal (Jadual 3). Oleh itu, analisis boleh diteruskan dengan ujian homogenitas dan ANOVA.

Jadual 3: Ujian Kenormalan Data Penumpang & Non Penumpang.

		Shapiro-Wilk Penumpang			Shapiro-Wilk Non Penumpang		
	X	Statistik	Df	Sig.	Statistik	Df	Sig.
Y	Trafik	0,975	50	0,352	0,970	50	0,223
	Kualiti Perkhidmatan	0,967	50	0,179	0,962	50	0,103
	Prestasi Pengangkutan	0,961	50	0,099	0,958	50	0,075

^a Pembetulan Kepentingan Lilliefors

Ujian kenormalan boleh dinilai melalui visualisasi plot, seperti histogram dan plot kebarangkalian normal (P-P Plot). Dengan menggunakan histogram, kita dapat memerhati taburan data dan menentukan sama ada data tersebut menghampiri taburan normal. Sementara itu, P-P Plot memaparkan titik-titik data yang dibandingkan dengan taburan normal teori; jika titik-titik tersebut mengikuti garis diagonal, maka data dianggap berdistribusi normal. Pendekatan visual ini memberikan gambaran intuitif mengenai kenormalan data dan sering digunakan sebagai langkah awal sebelum menjalankan ujian statistik secara formal.

3.3. Homogenitas Varians dan Ujian Anova

Ujian homogeniti data dijalankan untuk menentukan sama ada varians antara kumpulan yang dibandingkan adalah homogen atau tidak. Dalam analisis ANOVA, andaian homogenitas varians mesti dipenuhi, kerana jika varians antara kumpulan tidak homogen, hasil analisis mungkin berat sebelah atau tidak sah. Oleh itu, ujian homogenitas bertujuan untuk memastikan bahawa perbezaan yang

diperhatikan tidak disebabkan oleh varians varians, tetapi oleh perbezaan dalam rawatan atau faktor yang diuji [20-22]. Kaedah yang digunakan dalam ujian homogeniti varians ialah Ujian Levene. Ujian ini lebih tahan terhadap data biasa yang tidak diedarkan berbanding ujian Bartlett. Ujian Levene menghasilkan nilai-p yang digunakan untuk menentukan sama ada varians antara kumpulan adalah homogen. Jika nilai $p > 0.05$, maka hipotesis nol yang menyatakan bahawa varians antara kumpulan homogen diterima. Sebaliknya, jika nilai- $p < 0.05$, maka hipotesis nol ditolak, yang bermaksud bahawa varians antara kumpulan tidak homogen [22]. Berdasarkan keputusan ujian homogeniti untuk penumpang dan non penumpang, diperolehi bahawa semua nilai kepentingan adalah lebih besar daripada 0.05. Oleh itu, boleh disimpulkan bahawa varians antara kumpulan adalah homogen, jadi data memenuhi andaian homogeniti dan boleh digunakan dalam analisis ANOVA (Jadual 4 dan 5).

Jadual 4: Uji Homogeniti Varians Penumpang.

		Statistik Levene	df1	DF2	Sig.
Y	Berdasarkan min	1,326	2	147	0,269
	Berdasarkan median	1,202	2	147	0,303
	Berdasarkan Median dan dengan df diselaraskan	1,202	2	144,305	0,304
	Berdasarkan min yang dipangkas	1,331	2	147	0,268

Jadual 5: Uji Homogeniti Varians Non Penumpang.

		Statistik Levene	df1	DF2	Sig.
Y	Berdasarkan min	1,462	2	147	0,235
	Berdasarkan median	1,472	2	147	0,233
	Berdasarkan Median dan dengan df diselaraskan	1,472	2	145,647	0,233
	Berdasarkan min yang dipangkas	1,331	2	147	0,268

Sementara itu, dalam ujian ANOVA, nilai kepentingan .000 atau nilai $p < 0.05$ telah diperolehi, yang menyatakan bahawa terdapat perbezaan yang ketara dari setiap kumpulan (Jadual 6 dan 7).

Jadual 6: Ujian ANOVA Penumpang.

		Jumlah kuasa dua	Df	Maksud Dataran	F	Sig.
Y	Antara Kumpulan	411,160	2	205,580	12,891	0,000
	Dalam Kumpulan	2344,340	147	15,948		
	Jumlah	2755,500	149			

Jadual 7: Ujian ANOVA Non Penumpang.

		Jumlah kuasa dua	Df	Maksud Dataran	F	Sig.
Y	Antara Kumpulan	140,520	2	70,260	9,264	0,000
	Dalam Kumpulan	1114,840	147	7,584		
	Jumlah	1255,360	149			

Untuk mengetahui perbezaan antara kumpulan, ujian Post-Hoc telah dijalankan pasangan kumpulan mana yang mempunyai perbezaan purata yang ketara. Ujian ini membantu penyelidik mengelakkan kesilapan dalam membandingkan berbilang kumpulan dengan memberikan maklumat yang lebih spesifik tentang kumpulan yang berbeza dengan ketara. Berdasarkan keputusan ujian Post-Hoc menggunakan kaedah Bonferroni (Jadual 8), beberapa kesimpulan telah diperolehi. Di mana terdapat perbezaan yang ketara antara "trafik" dan "kualiti perkhidmatan", serta antara "trafik dan prestasi pengangkutan bas" dengan nilai signifikan 0.000. Di samping itu, perbezaan yang ketara ditemui antara "kualiti perkhidmatan" dan "trafik" (sig. 0.000). Walau bagaimanapun, tidak ada perbezaan yang ketara antara "kualiti perkhidmatan" dan "prestasi pengangkutan" (sig. 1,000). Tambahan pula, mengenai "prestasi pengangkutan", perbezaan yang ketara dengan "trafik" telah ditemui (sig. 0.000), tetapi tidak ada perbezaan yang ketara dengan "kualiti perkhidmatan" (sig. 1.000).

Jadual 8: Ujian Pasca Pengajian Penumpang.

(I) X	(J) X	Perbezaan min (IJ)	Ralat Std.	Sig
Trafik	Kualiti Perkhidmatan	-3.580*	0,799	0,000
	Prestasi Pengangkutan	-3.440*	0,799	0,000
Kualiti Perkhidmatan	Trafik	3.580*	0,799	0,000
	Prestasi Pengangkutan	0,140	0,799	1,000
Prestasi Pengangkutan	Trafik	3.440*	0,799	0,000
	Kualiti Perkhidmatan	-0,140	0,799	1,000

*. Perbezaan min adalah ketara pada tahap 0.05

Lain dari pada itu keputusan ujian Post-Hoc menggunakan kaedah Bonferroni (Jadual 9), beberapa kesimpulan telah diperolehi. Di mana terdapat perbezaan yang ketara antara "trafik" dan "kualiti perkhidmatan", serta antara "trafik dan prestasi pengangkutan bas" dengan nilai signifikan 0,000 dan 0,0022. Di samping itu, perbezaan yang ketara ditemui antara "kualiti perkhidmatan" dan "trafik" (sig. 0,000). Walau bagaimanapun, tidak ada perbezaan yang ketara antara "kualiti perkhidmatan" dan "prestasi pengangkutan" (sig. 0,388). Tambahan pula, mengenai "prestasi pengangkutan", perbezaan yang ketara dengan "trafik" telah ditemui (sig. 0,022), tetapi tidak ada perbezaan yang ketara dengan "kualiti perkhidmatan" (sig. 0,388).

Jadual 9: Ujian Pasca Pengajian Non Penumpang.

(I) X	(J) X	Perbezaan min (IJ)	Ralat Std.	Sig
Trafik	Kualiti Perkhidmatan	-2.340*	0,551	0,000
	Prestasi Pengangkutan	-1.500*	0,551	0,022
Kualiti Perkhidmatan	Trafik	2.340*	0,551	0,000
	Prestasi Pengangkutan	0,840	0,551	0,388
Prestasi Pengangkutan	Trafik	1.500*	0,551	0,022
	Kualiti Perkhidmatan	-0,840	0,551	0,388

*. Perbezaan min adalah ketara pada tahap 0.05

3.4. Perbincangan

Hasil ujian Post-Hoc menggunakan kaedah Bonferroni menunjukkan bahawa terdapat perbezaan yang ketara antara kepadatan trafik dan kualiti perkhidmatan, serta antara kepadatan trafik dan prestasi pengangkutan bas. Ini menunjukkan bahawa keadaan trafik yang sesak memberi impak besar terhadap pengalaman perjalanan, khususnya dari segi keselesaan dan ketepatan masa. Bagi penumpang, kesesakan lalu lintas boleh menyebabkan kelewatan yang berpanjangan, meningkatkan ketidakselesaan serta mengurangkan kepuasan terhadap perkhidmatan bas awam. Sebaliknya, bagi bukan penumpang, walaupun mereka tidak mengalami kesesakan tersebut secara langsung, mereka masih boleh melihat kesannya terhadap keberkesanan sistem pengangkutan awam, yang boleh mempengaruhi persepsi mereka terhadap kecekapan perkhidmatan bas.

Selain itu, keputusan ujian juga menunjukkan bahawa tidak terdapat perbezaan yang ketara antara kualiti perkhidmatan dan prestasi pengangkutan. Ini mencadangkan bahawa walaupun aspek kualiti perkhidmatan seperti keselesaan dan aksesibiliti adalah faktor penting bagi penumpang, ia tidak semestinya berkaitan secara langsung dengan prestasi operasi bas awam. Penumpang mungkin merasakan bahawa perkhidmatan masih kurang memuaskan disebabkan oleh faktor luar seperti kesesakan jalan, walaupun jadual perjalanan dan operasi bas berfungsi dengan baik. Dalam konteks bukan penumpang, mereka mungkin melihat prestasi pengangkutan sebagai sesuatu yang lebih objektif, dengan menilai kecekapan sistem secara keseluruhan tanpa mengalami sendiri cabaran harian yang dihadapi oleh pengguna tetap bas. Tambahan pula, keputusan menunjukkan bahawa prestasi pengangkutan mempunyai perbezaan yang ketara dengan kepadatan trafik, tetapi tidak dengan kualiti perkhidmatan. Ini mengesahkan bahawa faktor utama yang mempengaruhi keberkesanan operasi bas awam adalah tahap kesesakan jalan raya, yang memberi kesan langsung terhadap jadual perjalanan dan ketepatan waktu ketibaan bas. Jika trafik terlalu padat, jadual bas mungkin sukar dipatuhi, mengakibatkan kelewatan yang boleh memberi kesan negatif kepada kecekapan sistem pengangkutan awam. Oleh itu, usaha untuk mengurangkan kesan kesesakan terhadap perkhidmatan bas adalah penting bagi memastikan sistem pengangkutan lebih cekap dan boleh dipercayai.

Dari perspektif penumpang, faktor seperti keselesaan, waktu menunggu, dan kebolehcapaian perkhidmatan turut mempengaruhi persepsi mereka terhadap kualiti pengangkutan bas. Apabila trafik sesak, mereka bukan sahaja mengalami kelewatan, tetapi juga perlu menghadapi keadaan bas yang lebih padat, mengurangkan tahap keselesaan perjalanan. Bagi bukan penumpang pula, walaupun mereka tidak mengalami situasi ini secara langsung, mereka mungkin menyedari kelewatan bas yang kerap atau kesukaran mendapatkan pengangkutan awam yang tepat pada waktunya, yang boleh menghalang mereka daripada memilih bas sebagai mod pengangkutan utama. Secara keseluruhannya, dapatan kajian ini menekankan kepentingan pengurusan trafik yang lebih berkesan dalam usaha meningkatkan kecekapan dan kualiti perkhidmatan bas awam di kawasan bandar. Langkah seperti memperkenalkan lorong khas untuk bas, menambah baik sistem jadual perjalanan yang lebih fleksibel berdasarkan keadaan trafik semasa, serta memperkukuhkan teknologi pemantauan lalulintas boleh membantu mengurangkan impak kesesakan terhadap operasi bas. Dengan langkah-langkah ini, bukan sahaja pengalaman penumpang dapat dipertingkatkan, tetapi keyakinan bukan penumpang terhadap keberkesanan sistem pengangkutan awam juga dapat ditingkatkan, seterusnya menggalakkan penggunaan pengangkutan awam sebagai pilihan utama dalam mobiliti bandar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahawa kepadatan trafik mempunyai kesan yang ketara terhadap kualiti perkhidmatan dan prestasi pengangkutan bas awam di kawasan bandar. Trafik yang sesak menyebabkan peningkatan masa perjalanan, ketidaktepatan jadual, serta penurunan tahap

keselesaan penumpang, yang secara langsung mempengaruhi kepuasan pengguna terhadap perkhidmatan bas. Walaupun terdapat hubungan antara kepadatan trafik dan kualiti perkhidmatan, tidak terdapat perbezaan yang signifikan antara kualiti perkhidmatan dan prestasi pengangkutan, yang menunjukkan bahawa pengalaman penumpang tidak semestinya mencerminkan kecekapan operasi bas secara keseluruhan. Oleh itu, langkah-langkah pengurangan kesesakan lalu lintas menjadi aspek penting dalam usaha meningkatkan mutu pengangkutan awam. Sebagai cadangan kepada pihak kerajaan, langkah-langkah strategik seperti memperluaskan laluan khas untuk bas, memperkenalkan sistem pengawalan trafik yang lebih canggih, serta meningkatkan integrasi antara pelbagai mod pengangkutan awam perlu dilaksanakan bagi mengurangkan kesan kesesakan terhadap operasi bas. Selain itu, insentif bagi pengguna kenderaan persendirian untuk beralih kepada pengangkutan awam, seperti subsidi tambang atau penyediaan kemudahan parkir di kawasan transit, boleh membantu mengurangkan jumlah kenderaan di jalan raya. Dengan strategi yang tepat, kesesakan lalu lintas dapat dikurangkan, sekali gus meningkatkan kecekapan pengangkutan awam dan menarik lebih ramai pengguna untuk beralih kepada sistem ini.

Bagi pengelola perkhidmatan bas, penyesuaian jadual perjalanan yang lebih fleksibel berdasarkan analisis trafik secara real-time dapat membantu mengurangkan impak kesesakan terhadap ketepatan waktu ketibaan bas. Selain itu, peningkatan dalam aspek keselesaan, seperti penyediaan tempat duduk yang lebih ergonomik, sistem pendingin udara yang lebih baik, serta kebersihan yang lebih terjaga, juga dapat meningkatkan pengalaman penumpang. Penggunaan teknologi seperti sistem maklumat penumpang yang lebih interaktif dan aplikasi pemantauan jadual bas secara langsung dapat membantu pengguna merancang perjalanan mereka dengan lebih efisien. Dengan memperbaiki aspek operasi dan kenyamanan, perkhidmatan bas awam dapat menjadi pilihan utama dalam mobiliti bandar yang lebih lestari dan berdaya saing.

Pengenalan ORCID

Diana Binti Mohamad  <https://orcid.org/0000-0002-3851-5945>

Pernyataan Konflik Kepentingan

Para pengarang menyatakan bahawa tiada konflik kepentingan dengan mana-mana pihak lain dalam penerbitan karya ini.

Rujukan

- [1] D.Q. Nguyen-Phuoc, W. Young, G. Currie, and C. De Gruyter, Traffic Congestion Relief Associated with Public Transport: State-of-the-Art, Public Transport 12 (2020) 455–481. <https://doi.org/10.1007/s12469-020-00231-3>.
- [2] A.Y. Nurhidayat, H. Widyastuti, Sutikno, D.P. Upahita, and A. Roschyntawati, Impact of Traffic Volume on the Pollution Cost, Value of Time, and Travel Time Cost in Jakarta City Centre Area, Civil Engineering and Architecture 11 (2023) 3209–3220. <https://doi.org/10.13189/cea.2023.110830>.
- [3] F. Qiao, T. Liu, H. Sun, L. Guo, and Y. Chen, Modelling and Simulation of Urban Traffic Systems: Present and Future, International Journal of Cybernetics and Cyber-Physical Systems 1 (2021) 1. <https://doi.org/10.1504/ijccps.2021.113100>.
- [4] Y. Su, H. Ghaderi, and H. Dia, The Role of Traffic Simulation in Shaping Effective and Sustainable Innovative Urban Delivery Interventions, EURO Journal on Transportation and Logistics 13 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.ejtl.2024.100130>.

- [5] H.B. Faheem, A.M. El Shorbagy, and M.E. Gabr, Impact Of Traffic Congestion on Transportation System: Challenges and Remediations - A Review, *Mansoura Engineering Journal* 49 (2024). <https://doi.org/10.58491/2735-4202.3191>.
- [6] W.H. Chen, M. Carrera Uribe, E.E. Kwon, K.Y.A. Lin, Y.K. Park, L. Ding, and L.H. Saw, A Comprehensive Review of Thermoelectric Generation Optimization by Statistical Approach: Taguchi Method, Analysis of Variance (ANOVA), and Response Surface Methodology (RSM), *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 169 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112917>.
- [7] I.S. Chen, A Combined MCDM Model Based on DEMATEL and ANP for the Selection of Airline Service Quality Improvement Criteria: A Study Based on the Taiwanese Airline Industry, *Journal of Air Transport Management* 57 (2016) 7–18. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.07.004>.
- [8] M. Sekarsari, and H. Dwiatmoko, Impact of Traffic Congestion on Road Users in Tangerang City Impact of Traffic Congestion on Road Users in Tangerang City, *E-Jurnal UIKA Bogor* 11 (2022) 608–615. <https://doi.org/10.32832/astonjadro.v11i13>.
- [9] D. Albalate, M. Borsati, and A. Gragera, Free Rides to Cleaner Air? Examining the Impact of Massive Public Transport Fare Discounts on Air Quality, *Economics of Transportation* 40 (2024) 100380. <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2024.100380>.
- [10] D. Albalate, and G. Bel, Tourism and Urban Public Transport: Holding Demand Pressure under Supply Constraints, *Tourism Management* 31 (2010) 425–433. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.04.011>.
- [11] E. Munch, Social Norms on Working Hours and Peak Times in Public Transport, *Time and Society* 29 (2020) 836–865. <https://doi.org/10.1177/0961463X20905478>.
- [12] V. Lukic Vujadinovic, A. Damjanovic, A. Cakic, D.R. Petkovic, M. Prelevic, V. Pantovic, M. Stojanovic, D. Vidojevic, D. Vranjes, and I. Bodolo, AI-Driven Approach for Enhancing Sustainability in Urban Public Transportation, *Sustainability* 16 (2024) 7763. <https://doi.org/10.3390/su16177763>.
- [13] T. Horiike, K. Yoh, K. Doi, and C.C. Chou, Assessing the Hierarchical Diversity of Public Transportation Considering Connectivity and Its Implication on Regional Sustainability, *Sustainability (Switzerland)* 15 (2023). <https://doi.org/10.3390/su152316494>.
- [14] S. Seriani, R. Fernandez, N. Luangboriboon, T. Fujiyama, and M. Haghani, Exploring the Effect of Boarding and Alighting Ratio on Passengers' Behaviour at Metro Stations by Laboratory Experiments, *Journal of Advanced Transportation* 2019 (2019). <https://doi.org/10.1155/2019/6530897>.
- [15] L. Oliveira, C. Bruen, S. Birrell, and R. Cain, What Passengers Really Want: Assessing the Value of Rail Innovation to Improve Experiences, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 1 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.trip.2019.100014>.
- [16] A.M. Das, A. Setiawan, and P. Rozi, Analisis Satisfaction Pengguna Publik Transport Bus Trans Siginjai Jambi, *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi* 22 (2022) 374. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v22i1.2185>.
- [17] S.Y. Lee, and T.H.M. Le, Evaluating Pavement Performance in Bus Rapid Transit Systems: Lessons from Seoul, South Korea, *Case Studies in Construction Materials* 18 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02065>.
- [18] Prof. Gade S. A, Prof. Pandit R.B, Kalpesh Pawara, Tanveer Pinjari, Girish Patil, and Prakash Datir, Real-Time Tracking System for City Bus Location And Passenger Count, *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology* (2024) 295–302. <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-22155>.
- [19] T. Miwa, J. Wang, and T. Morikawa, Are Seniors in Mountainous Areas Able to Realize Their Desired Trips? A Novel Approach to Estimate Trip Demand, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 175 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103776>.
- [20] David.C. Howell, *Statistical Methods for Psychology*, 7th ed., Wadsworth Cengage Learning, California, 2010.
- [21] P.A. Games, Robust Tests for Homogeneity of Variance, *Educational and Psychological Measurement* 32 (1972) 887–909.

- [22] Levene. H, Robust tests for equality of variances, 1st ed., Contributions to Probability and Statistics; Essays in Honor of Harold Hotelling, Redwood City, CA, Stanford University Press, 1960.