

Pengaruh Operasional Bus Sarana Angkutan Umum Massal (SAUM) Penurunan Kemacetan di Kota Balikpapan

Muhammad Hadid^{1,*}, Dwiana Novianti Tufail², Hera Widyastuti³

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan¹

Program Studi Perencanaan Wilayah Kota, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan²

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya³

Koresponden*, Email: hadid@lecturer.itk.ac.id

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	17 Mei 2023	<i>Implementing buses as a public transport system could reduce traffic congestion on urban roads. This study aims to identify the effectiveness of the Sarana Angkutan Umum Massal (SAUM) bus in congestion reduction in Balikpapan. This study uses a macroscopic approach to analyze the changes in traffic characteristics when SAUM buses operate. Modal shift percentage is gained from the previous study. The focus of traffic characteristics is the degree of saturation, operational speed, and travel time. The result shows that decreasing the degree of saturation, increasing operating speed, and shorter travel time occurred in the range 34,8%, 37,1% - 52,9%, dan 2,7% - 30,2%, respectively. However, the result also found that operating buses do not contribute significantly to increasing operational speed on low-traffic corridors.</i>
Diperbaiki	26 Juli 2023	
Disetujui	30 November 2023	

Keywords: bus, degree of saturation, macroscopic, speed, travel time

Abstrak

Penerapan bus sebagai angkutan publik perkotaan berpotensi mampu menurunkan kemacetan yang terjadi di jalan perkotaan. Studi ini bertujuan untuk menganalisa sejauh mana kontribusi penerapan Bus Sarana Angkutan Umum Massal (SAUM) terhadap penurunan kemacetan di Kota Balikpapan. Studi ini menggunakan pendekatan makroskopik untuk menguji perubahan karakteristik lalu lintas akibat operasional Bus SAUM. Persentase perpindahan dari kendaraan pribadi ke bus menggunakan hasil dari studi sebelumnya. Karakteristik lalu lintas yang ditinjau adalah derajat kejenuhan, kecepatan operasional, dan waktu tempuh. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kemacetan yang ditandai dengan penurunan nilai derajat kejenuhan, peningkatan kecepatan operasional, dan waktu tempuh secara berurutan adalah 32,8% - 34,8%, 37,1% - 52,9%, dan 2,7% - 30,2%. Namun, hasil studi ini menunjukkan pula bahwa bus tidak berdampak secara signifikan terhadap penambahan kecepatan pada koridor yang memiliki lalu lintas yang rendah.

Kata kunci: bus, derajat kejenuhan, makroskopik, kecepatan, waktu tempuh

1. Pendahuluan

Pemerintah Kota Balikpapan berencana untuk melanjutkan penerapan Bus kota yang dikenal sebagai Sarana Angkutan Umum Masal (SAUM) [1]. Saat ini, berdasarkan pengamatan langsung, dari enam koridor yang direncanakan dilayani oleh BRT Balikpapan hanya satu koridor yang telah beroperasi, yakni koridor yang menghubungkan antara Terminal Bus Tipe A Batu Ampar dengan Pelabuhan Ferry Kariangau atau Koridor D.

Transportasi publik memainkan peran penting dalam pencapaian kehidupan perkotaan efisien, berkualitas, dan berkelanjutan [2]. Penggunaan bus sebagai sarana transportasi publik perkotaan berpotensi mampu menurunkan kemacetan, meningkatkan kecepatan operasional di jalan raya [3],[4]. Peningkatan kecepatan akibat beroperasinya bus dapat menekan biaya perjalanan di perkotaan [5]. Penggabungan konsep *Transit Oriented Development* (TOD) sebagai instrumen untuk pengelolaan sistem angkutan umum di kota

dengan kepadatan tinggi dan terpisah agar keseimbangan antara pekerjaan masyarakat dan kawasan perumahan dapat tercapai [6]. Operasional layanan bus pada wilayah perkotaan dapat merubah pola perjalanan masyarakat lebih jauh dan bervariasi dari sebelumnya [7]. Lebih jauh, pada aspek lingkungan dan finansial penerapan bus dengan tingkat gas pembuangan yang rendah (*low carbon bus*) seperti bus *hybrid* tidak hanya mampu menurunkan gas emisi, tapi juga menghasilkan keuntungan dari sisi finansial [8]. Dari beberapa pernyataan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan transportasi publik berbasis bus memberikan manfaat terhadap kota khususnya pada penurunan kemacetan, maka penerapan Bus SAUM di Kota Balikpapan diharapkan memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan kota.

Tujuan dari makalah ini adalah untuk mendapatkan pengaruh operasional Bus SAUM Balikpapan terhadap penurunan kemacetan di jalan perkotaan dengan membandingkan karakteristik lalu lintas eksisting yakni saat Bus SAUM

belum diimplementasikan dengan kondisi saat Bus SAUM diimplementasikan. Dampak lalu lintas dapat digunakan sebagai pertimbangan penentuan kebijakan mengenai penanganan lalu lintas pada koridor-koridor jalan yang dilayani oleh Bus SAUM Balikpapan.

2. Metode

Metode yang digunakan pada studi ini secara umum adalah memproyeksikan pengguna motor dan mobil pribadi yang beralih menggunakan bus dan melakukan analisis perubahan karakteristik lalu lintas akibat peralihan kendaraan pribadi ke Bus SAUM. Peralihan moda akan merubah komposisi arus lalu lintas dan karakteristik lalu lintas pada tiap koridor [9], [10]. Karakteristik lalu lintas yang ditinjau pada studi ini adalah derajat kejenuhan (DS), kecepatan (FV_{LV}), waktu tempuh, dan tingkat pelayanan pada jalan perkotaan. Pendekatan yang digunakan untuk menganalisis karakteristik lalu lintas adalah dengan pendekatan makroskopik.

Tabel 1. Skenario Perpindahan [11]

Skenario	Tarif	Headway	Persentase perpindahan (%)	
			Motor	Mobil
1	4.500	5	79,58	79,49
2	4.500	10	65,72	63,92
3	4.500	15	48,54	44,75
4	4.500	20	31,69	27,02
5	4.500	25	18,58	14,47
6	5.500	5	72,86	74,35
7	5.500	10	56,91	56,99
8	5.500	15	39,38	37,72
9	5.500	20	24,22	21,68
10	5.500	25	13,58	11,23
11	6.500	5	64,90	68,44
12	6.500	10	47,63	49,78
13	6.500	15	30,91	31,18
14	6.500	20	18,04	17,16
15	6.500	25	9,77	8,65
16	7.500	5	56,02	61,86
17	7.500	10	38,52	42,58
18	7.500	15	23,56	25,31
19	7.500	20	13,17	13,41
20	7.500	25	6,94	6,61
21	8.500	5	46,73	54,82
22	8.500	10	30,15	35,67
23	8.500	15	17,51	20,22
24	8.500	20	9,46	10,38
25	8.500	25	4,89	5,03

Operasional BRT bertujuan untuk mengurangi jumlah kendaraan pribadi di jalan khususnya motor dan mobil pribadi. Pada studi sebelumnya telah dilakukan potensi penurunan kendaraan mobil dan motor yang beralih menggunakan Bus SAUM [11]. Proporsi peralihan moda mengacu pada studi sebelumnya tentang potensi penurunan kendaraan akibat beroperasinya Bus SAUM (**Tabel 1**). Terdapat 25 skenario

yang menghasilkan hasil perpindahan yang bervariasi dari penurunan kendaraan pribadi [11].

Studi ini memerlukan data tipe jalan dan fungsi jalan (**Tabel 2**) yang akan digunakan sebagai koridor Bus SAUM Balikpapan untuk mendapatkan tingkat pelayanan minimal, kecepatan arus bebas (FV), dan kapasitas jalan (C). Selain tipe jalan dan fungsi jalan, perhitungan karakteristik lalu lintas memerlukan data lalu lintas eksisting pada tiap ruas jalan yang akan digunakan sebagai Jalur Bus SAUM. Data komposisi kendaraan berdasarkan pengumpulan data langsung di lapangan ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 2. Tipe dan Fungsi Jalan untuk Bus SAUM

Koridor	Jalan	Tipe Jalan	Fungsi Jalan
A	Soekarno-Hatta	4/2D	Arteri Primer
B	Ahmad Yani	4/2D	Arteri Primer
C	Ahmad Yani	4/2D	Arteri Primer
D	Sultan Hasanuddin	2/2UD	Arteri Primer
E	Syarifuddin Yoes	2/2UD	Arteri Primer
F	Mulawarman	2/2UD	Arteri Primer

Tabel 3. Komposisi Kendaraan tiap Koridor

Jumlah kendaraan (kendaraan/jam)	Koridor					
	A	B	C	D	E	F
Motor (MC)	3.067	4.479	968	1.189	2.084	3.195
Mobil (LV)	1.661	2.981	921	374	1.098	1.827

Analisis makroskopik pada studi ini diawali dengan melakukan analisis terhadap kecepatan arus bebas. Kecepatan arus bebas (FV) merupakan kecepatan yang digunakan oleh pengemudi pada kondisi arus yang rendah dan tidak mempengaruhi terhadap penggunaan kecepatan. FV dipengaruhi oleh kecepatan arus bebas dasar (FV_0), lebar jalan (Fw), hambatan samping dan lebar bahu atau kerb (FFV_{sf}), dan ukuran kota (FFV_{cs}) [12]. Secara umum penentuan kecepatan arus bebas sesuai dengan MKJI menggunakan **Persamaan 1**.

$$FV = (FV_0 + FV_w) \times FFV_{sf} \times FFV_{cs} \quad (1)$$

Bus SAUM direncanakan melalui koridor jalan perkotaan sehingga perhitungan kapasitas jalan merujuk pada analisis kapasitas jalan perkotaan (C_0) berdasarkan MKJI. Kapasitas dasar (C_0) jalan dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni lebar jalan (FC_w), pemisah arah (FC_{sp}), aktifitas tepi jalan atau hambatan samping (FC_{sf}), dan ukuran kota (FC_{cs}) [12]. **Persamaan 2** menunjukkan persamaan dalam menghitung kapasitas untuk jalan perkotaan sesuai dengan MKJI 1997.

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \quad (2)$$

Derajat Kejenuhan (DS) didapatkan dengan membandingkan arus lalu lintas dengan kapasitas yang telah terko-reksi (C). DS memiliki hubungan dengan kecepatan arus bebas sesuai dengan tipe jalan. Kecepatan rerata kendaraan ringan (FV_{LV}) didapatkan menggunakan hubungan antara DS dengan FV. FV_{LV} merupakan kecepatan operasional lalu lintas, sehingga dapat dianalisis waktu tempuh (TT) yang dibutuhkan untuk melalui suatu koridor jalan.

Parameter-parameter dari karakteristik lalu lintas yang didapatkan baik pada kondisi sebelum Bus SAUM beroperasi dan saat beroperasi kemudian dibandingkan untuk mendapatkan perubahan karakteristik lalu lintas.

3. Hasil dan Pembahasan

Secara umum, studi ini menggunakan perbandingan antara karakteristik lalu lintas pada kondisi eksisting dengan kondisi rencana. Kondisi eksisting adalah kondisi dimana ruas jalan belum terbebani oleh bus, sedangkan pada kondisi rencana adalah kondisi saat Bus SAUM beroperasi di Kota Balikpapan. Studi ini berfokus pada pendekatan makroskopik menggunakan manual yang berlaku di Indonesia yakni MKJI 1997.

3.1. Karakteristik Lalu Lintas tanpa Bus SAUM

Karakteristik lalu lintas yang ditinjau pada studi ini antara lain adalah Kecepatan Arus Bebas (FV), Kapasitas (C), Derajat Kejenuhan (DS), Kecepatan Tempuh (V), dan Waktu Tempuh (TT).

Parameter pada karakteristik lalu lintas yang tidak berubah pada baik pada kondisi belum beroperasinya Bus SAUM dan saat beroperasinya Bus SAUM adalah FV dan C. FV dihitung berdasarkan tipe jalan dan faktor penyesuaian kecepatan arus bebas. Persamaan 1 digunakan dalam menghitung FV untuk setiap koridor jalan yang akan digunakan sebagai jalur Bus SAUM Balikpapan. Seperti halnya kecepatan arus bebas, C dipengaruhi oleh jumlah tipe jalan. Kapasitas jalan dengan tipe jalur terbagi dihitung berdasarkan kapasitas dasar (C_0) tiap lajur, sedangkan untuk jalan yang tidak terbagi kapasitas merupakan kapasitas untuk semua jalur.

Tabel 4 menunjukkan hasil kecepatan arus bebas dan kapasitas tiap koridor sebelum beroperasinya Bus SAUM Balikpapan. Secara umum kecepatan arus bebas dasar (FV_0) dipengaruhi oleh tipe jalur. Pada jalur rencana Bus SAUM terdapat dua tipe jalur antara lain jalan dengan 2 jalur dan 2 lajur terbagi (2/2UD) dan dua jalur dengan empat lajur terbagi (4/2D). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jalan dengan tipe 4/2D memiliki kecepatan dasar yang lebih tinggi dibandingkan dengan jalan dengan tipe 2/2UD. Kecepatan

arus bebas tertinggi dari enam koridor adalah pada koridor C dengan kecepatan arus bebas sebesar 57,17 km/jam, dan kondisi kecepatan arus bebas terkecil adalah 39,34 km/jam pada koridor D.

Kecepatan arus bebas dan kapasitas tiap koridor ini akan digunakan dalam menentukan kecepatan sesuai dengan tingkat kejenuhan dari lalu lintas pada kondisi sebelum Bus SAUM beroperasi dan saat beroperasi.

Tabel 4. Kecepatan Arus Bebas dan Kapasitas tiap Koridor

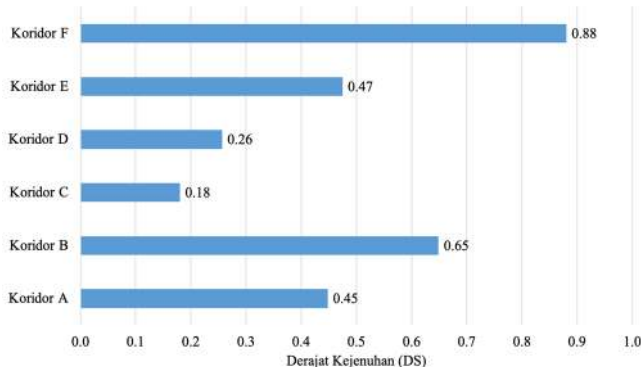
Parameter	Koridor					
	A	B	C	D	E	F
Tipe Jalan	4/2D	4/2D	4/2D	2/2UD	2/2UD	2/2UD
FV_0 (km/jam)	57	57	57	44	44	44
FVw	-4	2	2	-3	6	3
FFVsf	0,97	1	1,02	1,01	0,99	1,01
FFVcs	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
FV (km/jam)	48,84	56,05	57,17	39,34	47,03	45,10
C_0 (smp/jam)	6.600	6.600	6.600	2.900	2.900	2.900
FCw	0,92	1,04	1,04	1	1,29	1,14
FCsp	1	1	1	1	1	1
FCsf	0,95	0,98	1	0,96	0,97	0,96
FCcs	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95
C (smp/jam)	5.422	6.323	6.452	2.616	3.411	2.983

DS didapatkan dengan membandingkan volume lalu lintas pada koridor jalan (**Tabel 3**) dengan kapasitas (**Tabel 4**). MKJI menggunakan pendekatan makroskopis yang menganalogikan aliran lalu lintas sebagai aliran seragam dengan mengonversi semua jenis kendaraan kedalam jenis kendaraan yang sama yakni kendaraan ringan (LV) dengan menggunakan nilai ekivalensi mobil penumpang (emp), sehingga volume kendaraan (V) menjadi satuan mobil penumpang per jam (smp/jam). Setelah didapatkan volume (V) hasil konversi tiap jenis kendaraan kedalam satuan mobil penumpang, derajat kejenuhan (DS) didapatkan dari rasio antara V dan C tiap koridor yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

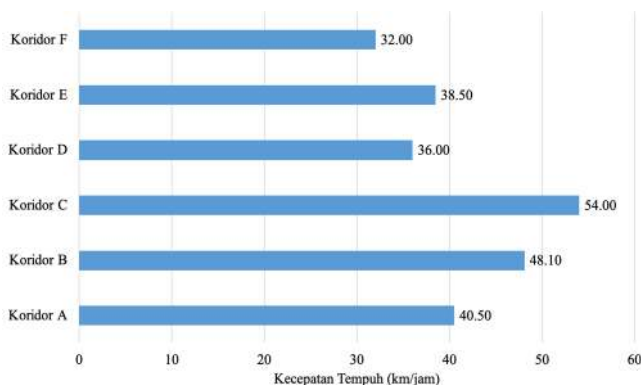
Gambar 1 secara umum mengilustrasikan kondisi lalu lintas yang diwakili oleh nilai DS untuk setiap rencana koridor BRT. Kondisi eksisting menunjukkan terdapat variasi nilai DS pada setiap koridor. Koridor F atau Jalan Mulawarman merupakan koridor dengan kondisi lalu lintas yang paling rendah ditunjukkan dengan nilai DS hampir mendekati 1,0 (0,88). Sebaliknya, nilai DS koridor C (Jalan Ahmad Yani) dari hasil analisis adalah 0,18 yang mengilustrasikan bahwa arus lalu lintas hanya mengisi 18% dari kapasitas jalan.

MKJI menyatakan bahwa dengan menggunakan DS dan FV, kecepatan tempuh (V) dapat ditentukan berdasarkan tipe jalan. Berdasarkan nilai DS kondisi eksisting (**Gambar 1**)

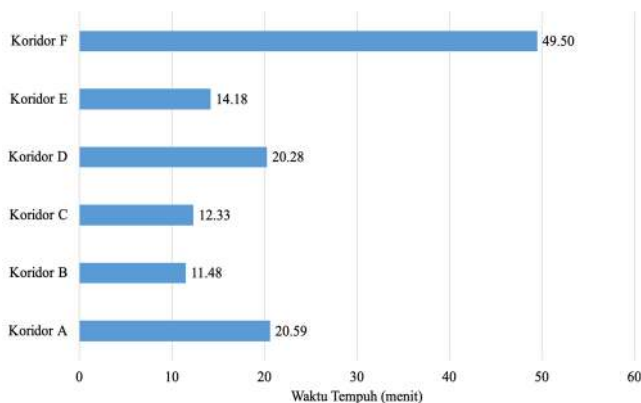
dan kecepatan arus bebas (**Tabel 4**) kecepatan tempuh pada tiap koridor ditunjukkan pada **Gambar 2**. Penentuan kecepatan berdasarkan tipe jalan, kecepatan arus bebas (FV), dan derajat kejenuhan (DS). Berdasarkan **Gambar 2** Kecepatan tertinggi pada koridor yang akan digunakan sebagai koridor BRT adalah pada Koridor C yakni 54,00 km/jam, sedangkan kecepatan terendah pada Koridor D dengan kecepatan 32,00 km/jam. Dengan kecepatan yang telah didapatkan maka waktu tempuh berdasarkan panjang koridor (**Tabel 5**) dan kecepatan tempuh (**Gambar 1**) ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 1. Nilai DS Kondisi Eksisting



Gambar 2. Kecepatan (FV_{LV}) Tempuh Eksisting (km/jam)



Gambar 3. Waktu Tempuh (TT) Kondisi Eksisting

Tabel 5. Panjang Koridor

Koridor	A	B	C	D	E	F
Panjang koridor (km)	13,9	9,2	11,1	12,2	9,1	26,4

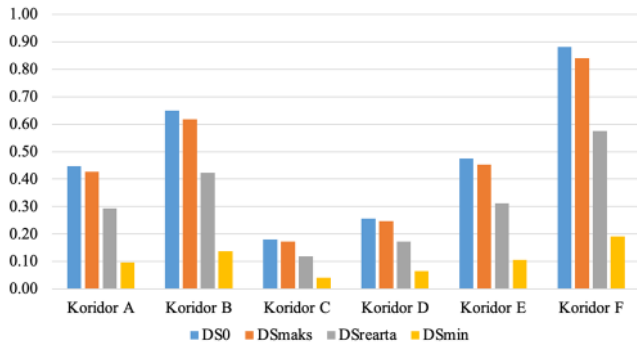
3.2. Karakteristik Lalu Lintas saat Bus SAUM Beroperasi

Operasional Bus SAUM diharapkan akan berdampak pada perubahan karakteristik lalu lintas pada koridor jalan yang dijadikan jalur Bus SAUM. Perubahan terjadi karena terdapat peralihan penggunaan kendaraan dari kendaraan pribadi baik motor dan mobil beralih menggunakan Bus SAUM. Perubahan dipengaruhi pula oleh penambahan kendaraan berat (Bus) pada koridor-koridor yang dijadikan rute Bus SAUM.

Pada studi ini perhitungan karakteristik lalu lintas saat Bus SAUM beroperasi tidak mengubah kondisi faktor penyesuaian pada penentuan kapasitas jalan. Parameter nilai DS menggunakan perbandingan data lalu lintas dan kapasitas tiap koridor, nilai DS yang didapat bervariasi dari 25 skenario yang digunakan. **Gambar 4** merupakan ilustrasi perubahan nilai DS akibat operasional Bus SAUM Balikpapan ditinjau dari nilai DS eksisting (DS_0), DS rerata (DS_{rerata}) untuk rata-rata nilai DS akibat operasional bus dari 25 skenario, DS_{min} merupakan nilai DS minimum yang dihasilkan dari skenario keseluruhan, dan DS_{maks} menggambarkan nilai DS yang tertinggi dari operasional Bus.

Gambar 4 mengilustrasikan bahwa operasional Bus SAUM Balikpapan dapat menurunkan nilai DS yang berimplikasi terhadap penurunan jumlah kendaraan pribadi yang beroperasi di jalan perkotaan Kota Balikpapan di semua koridor Bus SAUM. **Gambar 4** menginformasikan pula bahwa nilai DS minimum memiliki rentan yang signifikan terhadap DS eksisting. Nilai DS minimum didapatkan dari prosentase perpindahan tertinggi dari skenario yang digunakan. Selanjutnya, analisis kecepatan operasional (FV_{LV}) dilakukan dengan menggunakan hubungan antara nilai DS dan FV tiap koridor. Selain nilai DS dan FV , FV_{LV} dipengaruhi pula oleh tipe jalan pada koridor Bus SAUM. **Gambar 5** menunjukkan pola nilai FV_{LV} untuk tipe jalan 4/2D dan 2/2UD. Sesuai **Tabel 2** bahwa Koridor A, B, dan C merupakan koridor dengan tipe jalan 4/2D, sedangkan koridor D, E, dan F adalah jalan dengan tipe 2/2UD. **Gambar 5** mengilustrasikan daerah layak dari kecepatan operasional kendaraan ringan dampak dari operasional Bus SAUM. Dari keseluruhan koridor Bus SAUM, Koridor A dan F memiliki rentan FV_{LV} yang lebih besar. Di sisi lain, koridor C dan D memiliki rentan FV_{LV} yang kecil. FV_{LV} berdampak pada

waktu tempuh (*TT*) yang dicapai. Rekapitulasi perubahan karakteristik lalu lintas tiap koridor ditunjukkan pada **Tabel 6**.



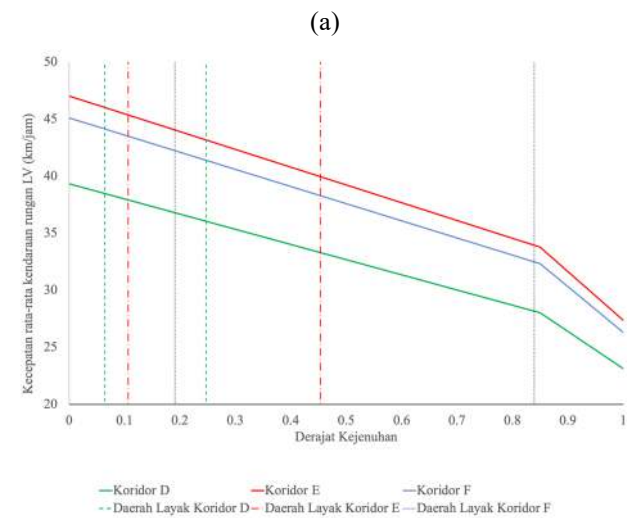
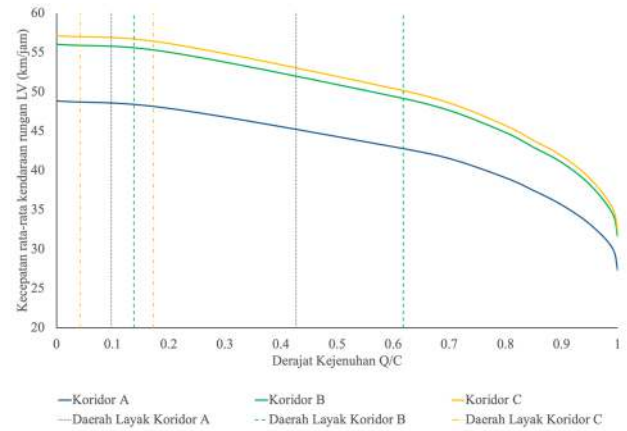
Gambar 4. Perbandingan Nilai *DS*

Tabel 6. Perubahan Karakteristik Lalu Lintas tiap Koridor

Parameter	Koridor					
	A	B	C	D	E	F
DS_0	0,45	0,65	0,18	0,26	0,47	0,88
DS_{min}	0,10	0,14	0,04	0,06	0,11	0,19
DS_{maks}	0,43	0,62	0,17	0,25	0,45	0,84
DS_{rerata}	0,29	0,42	0,12	0,17	0,31	0,58
$\Delta DS_{min}, \%$	-78.2	-78.7	-76.8	-74.8	-77.5	-78.3
$\Delta DS_{maks}, \%$	-4.6	-4.7	-4.2	-3.6	-4.4	-4.6
$\Delta DS_{rerata}, \%$	-34.5	-34.7	-33.8	-32.8	-34.2	-34.5
$FV_{LV0}, \text{km/jam}$	40,5	48,1	54,0	36,0	38,5	32,0
$FV_{LVmin}, \text{km/jam}$	45,7	49,0	56,8	36,1	39,0	40,5
$FV_{LVmaks}, \text{km/jam}$	48,5	56,3	57,0	38,8	45,0	51,8
$FV_{LVrerata}, \text{km/jam}$	46,9	52,9	56,8	37,1	41,6	46,0
$\Delta FV_{LVmin}, \%$	12.8	1.9	5.1	0.3	1.3	26.6
$\Delta FV_{LVmaks}, \%$	19.7	17.1	5.6	7.8	16.9	61.9
$\Delta FV_{LVrerata}, \%$	15.8	10.1	5.3	3.1	8.3	43.9
TT_0, menit	20,6	11,5	12,3	20,3	14,2	49,5
TT_{min}, menit	17,2	9,80	11,7	18,9	12,1	30,6
TT_{maks}, menit	18,3	11,3	11,8	20,3	14,0	39,1
$TT_{rerata}, \text{menit}$	17,8	10,4	11,7	19,7	13,1	34,5
$\Delta TT_{min}, \%$	-16.5	-14.6	-5.3	-7.0	-14.4	-38.2
$\Delta TT_{maks}, \%$	-11.4	-1.8	-4.9	0.3	-1.3	-21.0
$\Delta TT_{rerata}, \%$	-13.6	-9.0	-5.0	-2.7	-7.5	-30.2

Secara umum, informasi yang ditunjukkan pada **Tabel 5** adalah terjadi peningkatan karakteristik lalu lintas dampak dari operasional Bus SAUM. Sebagai contoh, nilai *DS* pada setiap koridor mengalami penurunan. Penurunan nilai *DS*

berdampak pada peningkatan kecepatan operasional (FV_{LV}) dan waktu tempuh (*TT*) yang lebih singkat.



Gambar 5. Grafik Karakteristik Kecepatan Tiap Koridor dan Daerah Layak Kecepatan. (a)Koridor dengan tipe jalan 4/2D; (b) Koridor dengan tipe jalan 2/2UD

3.3. Pembahasan

Studi ini membuktikan terjadi peningkatan karakteristik lalu lintas akibat operasional Bus SAUM pada koridor jalan yang digunakan sebagai jalur Bus di Kota Balikpapan. peningkatan karakteristik lalu lintas terjadi pada nilai *DS*, FV_{LV} , dan *TT*.

Penurunan nilai *DS* akibat beroperasinya bus terjadi pada seluruh koridor Bus SAUM. Jika dibandingkan dengan nilai DS_{min} , maka penurunan *DS* berkisar antara 74,8% hingga 78,3%. Kondisi ini mengindikasikan terjadi penurunan mobilitas kendaraan yang signifikan di setiap koridor. Di sisi lain, peningkatan FV_{LV} terjadi pada setiap koridor. Peningkatan kecepatan di koridor Bus SAUM berkisar antara 0,3% hingga

61,9%. Peningkatan kecepatan terendah terjadi pada Koridor D, karena terjadi penurunan DS yang tidak signifikan.

Lebih jauh, dari enam koridor, peningkatan kecepatan untuk kondisi FV_{LVmaks} pada koridor C dan D secara berurutan adalah 5,6% dan 7,8%. Kondisi ini lebih rendah dibandingkan dengan koridor lain yang mengalami peningkatan di atas 10% untuk nilai FV_{LVmaks} . Rendahnya peningkatan kecepatan pada koridor C dan D dipengaruhi oleh daerah layak pada grafik hubungan antara DS dan FV (**Gambar 5**). Koridor C dengan tipe jalan 4/2D memiliki bentuk kurva hubungan DS dan FV berbentuk parabola. Daerah layak perubahan FV_{LV} pada koridor C berapada pada DS 0,12 hingga 0,17. Berdasarkan **Gambar 5 (a)** daerah layak FV_{LV} untuk Koridor C berada pada area kurva dengan kemiringan yang rendah, sehingga berdampak pada peningkatan kecepatan yang rendah. Dengan demikian, pada jalan dengan tingkat pelayanan yang sudah baik, dampak perpindahan moda tidak terlalu signifikan mempengaruhi karakteristik lalu lintas eksisting. Hal ini berlaku pula pada koridor D dimana rentan perubahan nilai DS adalah 0,17 hingga 0,25. Namun, karena koridor D memiliki tipe jalan 4/2D grafik hubungan DS dan FV merupakan garis lurus. Rentan perubahan DS yang rendah berdampak pada rentan peningkatan FV.

Studi ini berupaya memberikan gambaran dampak operasional Bus SAUM Kota Balikpapan terhadap penurunan kendaraan pribadi secara umum. Studi ini sejalan dengan studi yang telah dilakukan yang memiliki hasil yang serupa, yakni operasional bus mampu menurunkan mobilitas kendaraan pribadi di ruas jalan. Studi yang dilakukan di Great Beirut dan Great Kairo menunjukkan hasil yang serupa, yakni operasional BRT mampu meningkatkan kecepatan antara 24%, menurunkan waktu perjalanan hingga 18%, dan menurunkan kemacetan sekitar 9%[13][4], sementara pada studi ini terjadi peningkatan kecepatan mencapai 61,9% dan menurunkan kemacetan mencapai 78,7% dengan pemberlakuan skenario 1 (**Tabel 1**). Pemerintah Kota Balikpapan dapat melakukan prioritas jalur khusus bus yang terpisah dengan jalur untuk kendaraan bermotor untuk meningkatkan pelayanan Bus SAUM. Penerapan jalur bus khusus mampu mengurangi waktu tempuh sebesar 18% dan waktu tunggu penumpang sebesar 12%, tapi konsekuensi yang didapatkan adalah pengurangan kapasitas jalan[14].

Pengembangan studi ke depan akan dilakukan analisis dampak operasional bus terhadap penurunan gas emisi yang dihasilkan oleh kendaraan, sehingga penerapan bus mampu menekan perubahan iklim yang sedang menjadi isu global.

4. Simpulan

Dari analisis dapat disimpulkan bahwa penerapan Bus SAUM mampu memberikan dampak positif terhadap kondisi lalu lintas pada jalan perkotaan Kota Balikpapan. Bus SAUM Balikpapan mampu menurunkan nilai DS, meningkatkan kecepatan operasional, dan mempersingkat waktu tempuh pada setiap koridor. Hal ini dibuktikan dengan penurunan nilai DS rata-rata untuk semua koridor pada rentan 32,8% hingga 34,8%, peningkatan kecepatan rerata pada rentan 37,1% hingga 52,9%, dan waktu tempuh yang lebih singkat dengan rentan penghematan waktu 2,7% sampai 30,2%. Namun, pada koridor dengan lalu lintas yang rendah, penerapan Bus SAUM tidak memberikan dampak yang signifikan dari sisi kecepatan dan waktu tempuh karena kondisi kendaraan dapat dengan bebas menentukan kecepatan yang digunakan tanpa terganggu oleh pergerakan lain. Penerapan Bus SAUM yang dilakukan pada koridor dengan lalu lintas yang rendah lebih bertujuan untuk menyediakan akses transportasi publik kepada masyarakat dibandingkan penurunan kemacetan pada ruas jalan.

Pemerintah Kota Balikpapan perlu mempertimbangkan skenario yang sesuai dengan kebutuhan kota, beban operasional, dan penentuan kebijakan subsidi untuk pengembangan sistem transportasi publik yang berkelanjutan di Kota Balikpapan dengan bus sebagai angkutan utamanya.

Daftar Pustaka

- [1] Pemerintah Kota Balikpapan, *Peraturan Daerah Kota Balikpapan Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Rencana Wilayah Tata Ruang Kota Balikpapan Tahun 2012-2032*. 2012.
- [2] R. Matubatuba and C. F. De Meyer-Heydenrych, "Developing an intention to use amongst non-users of the Bus Rapid Transit (BRT) System: An emerging market perspective," *Res. Transp. Bus. Manag.*, p. 100858, Jun. 2022.
- [3] A. Anas, S. De Sarkar, and G. R. Timilsina, "Bus Rapid Transit versus road expansion to alleviate congestion: A general equilibrium comparison," *Econ. Transp.*, vol. 26–27, Jun. 2021.
- [4] M. Mohamed, N. Elmitiny, and H. Talaat, "A simulation-based evaluation of BRT systems in overcrowded travel corridors: a case study of Cairo, Egypt," *J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 69, no. 1, pp. 1–13, Dec. 2022.
- [5] L. J. Basso, F. Feres, and H. E. Silva, "The efficiency of bus rapid transit (BRT) systems: A dynamic congestion approach," *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 127, pp. 47–71, Sep. 2019.
- [6] L. A. Guzman and S. Gomez Cardona, "Density-

- oriented public transport corridors: Decoding their influence on BRT ridership at station-level and time-slot in Bogotá,” *Cities*, vol. 110, p. 103071, Mar. 2021.
- [7] L. Joseph, A. Neven, K. Martens, O. Kweka, G. Wets, and D. Janssens, “Exploring changes in individuals travel behaviour after bus Rapid Transit implementation in Dar es Salaam,” *Travel Behav. Soc.*, vol. 27, pp. 139–147, Apr. 2022.
- [8] R. Imam, S. C. Kang, and D. Quezada, “Exploring Low-Carbon Bus Options for Urban BRT Systems: The Case of Amman,” *J. Public Transp.*, vol. 22, no. 1, pp. 57–75, Jan. 2020.
- [9] G. Ben-Dor, E. Ben-Elia, and I. Benenson, “Assessing the Impacts of Dedicated Bus Lanes on Urban Traffic Congestion and Modal Split with an Agent-Based Model,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 130, pp. 824–829, Jan. 2018.
- [10] A. Urbanek, “Potential of modal shift from private cars to public transport: A survey on the commuters’ attitudes and willingness to switch – A case study of Silesia Province, Poland,” *Res. Transp. Econ.*, vol. 85, p. 101008, Mar. 2021.
- [11] M. Hadid, D. N. Tufail, R. W. Yulianyahya, and J. Prasetya, “Potensi Penurunan Volume Kendaraan Pribadi dan Pendapatan dengan Penerapan Bus Rapid Transit (BRT) Kota Balikpapan,” *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 20, no. 2, pp. 149–156, 2022.
- [12] Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Cetakan Pe. Jakarta, 1997.
- [13] A. Anas, S. De Sarkar, and G. R. Timilsina, “Bus Rapid Transit versus road expansion to alleviate congestion: A general equilibrium comparison,” *Econ. Transp.*, vol. 26–27, p. 100220, Jun. 2021.
- [14] A. Russo, M. W. Adler, and J. N. van Ommeren, “Dedicated bus lanes, bus speed and traffic congestion in Rome,” *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 160, pp. 298–310, Jun. 2022.

Halaman ini sengaja dikosongkan