

ANALISIS PENYEMPITAN JALAN TERHADAP KARAKTERISTIK ARUS LALU LINTAS PADA JALAN GAJAH MADA BATAM

Muhammad Febri Muslim¹, Herlina Suciati¹, Edi Indera¹, Akhbar Ilmiah Room¹

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Email: herlinasuciati@univbatam.ac.id

Abstract - Batam City's strategic position between the Strait of Malacca and the Strait of Singapore makes it a center of economic and trade activities that continues to grow rapidly. This rapid economic growth has led to an increase in infrastructure needs, including roads and transportation systems. One of the problems faced by Batam City is the narrowing of roads which causes an increase in traffic density. This study aims to determine the relationship of traffic flow characteristics and identify the maximum flow value and maximum density on normal and narrowed road sections. The research data were collected through field survey for one week. Data analysis was conducted based on the guidelines of the 1997 Indonesian Road Capacity Manual (MKJI). To analyze the relationship between volume, speed, and density, two models were used: the Greenshields model and the Greenberg model. Based on the results of data analysis, the coefficient of determination on normal road segments for the Greenshields model is $r^2 = 1.000$ and for the Greenberg model is $r^2 = 0.941$. While on the narrowed road segment, the coefficient of determination for the Greenshields model is $r^2 = 1.000$ and for the Greenberg model is $r^2 = 0.929$. Thus, the calculation results show that the Greenshields model provides better results because it has a higher coefficient of determination than the Greenberg model.

Keywords: traffic flow characteristics, road narrowing, Greenshields, Greenberg

Abstrak - Posisi strategis Kota Batam yang berada di antara Selat Malaka dan Selat Singapura menjadikan Kota Batam sebagai pusat aktivitas ekonomi dan perdagangan yang terus berkembang pesat. Pertumbuhan ekonomi yang pesat ini mendorong peningkatan kebutuhan infrastruktur, termasuk jalan raya dan sistem transportasi. Salah satu masalah yang dihadapi Kota Batam adalah penyempitan jalan yang menyebabkan peningkatan kepadatan lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk memahami hubungan antara karakteristik arus lalu lintas serta mengidentifikasi nilai arus maksimum dan kepadatan maksimum pada jalan normal dan jalan yang mengalami penyempitan. Data penelitian dikumpulkan melalui survei lapangan selama satu minggu. Analisis data dilakukan berdasarkan pedoman dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Untuk menganalisis hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan, digunakan dua model pendekatan, yaitu model Greenshields dan model Greenberg. Berdasarkan hasil analisis data, diperoleh koefisien determinasi pada segmen jalan normal untuk model Greenshields sebesar $r^2 = 1,000$ dan untuk model Greenberg sebesar $r^2 = 0,941$. Sementara itu, pada segmen jalan menyempit, nilai koefisien determinasi untuk model Greenshields adalah $r^2 = 1,000$ dan untuk model Greenberg sebesar $r^2 = 0,929$. Dengan demikian, hasil perhitungan menunjukkan bahwa model Greenshields memberikan hasil yang lebih baik karena memiliki nilai koefisien determinasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan model Greenberg.

Kata Kunci: karakteristik arus lalu lintas, penyempitan jalan, Greenshields, Greenberg

1. Pendahuluan

Kota Batam merupakan salah satu kotamadya yang berada di Provinsi Kepulauan Riau, dengan letak geografis yang sangat strategis, yaitu di antara Selat Malaka dan Selat Singapura. Posisi ini menjadikan Kota Batam sebagai pusat aktivitas ekonomi dan perdagangan yang terus berkembang pesat. Pertumbuhan ekonomi yang pesat ini mendorong peningkatan kebutuhan infrastruktur, termasuk jalan raya dan sistem transportasi.

Transportasi adalah pemindahan orang dan/atau barang dari satu lokasi ke lokasi lain dengan menggunakan kendaraan yang dijalankan oleh tenaga manusia atau mesin (Indraswati et al., 2014). Dalam

upaya memenuhi kebutuhan tersebut, pemerintah dan sektor swasta gencar membangun infrastruktur jalan dan fasilitas transportasi lainnya.

Namun, seiring dengan percepatan pembangunan, muncul berbagai permasalahan dalam implementasi sistem transportasi di Kota Batam. Salah satu tantangan terbesar adalah manajemen lalu lintas, baik di dalam kota maupun antar kota. Permasalahan transportasi di Kota Batam tidak hanya terkait dengan volume kendaraan yang terus meningkat, tetapi juga dengan kondisi fisik jalan yang sering kali tidak mampu menampung beban lalu lintas yang ada. Salah satu permasalahan yang cukup signifikan adalah terjadinya penyempitan jalan di beberapa titik.

Penyempitan ruas jalan adalah bagian jalan yang bagian hulunya lebih besar daripada bagian hilirnya

(Indrajaya et al., 2003). Penyempitan ini mengakibatkan terjadinya kemacetan, memperlambat arus lalu lintas, dan meningkatkan risiko kecelakaan. Masalah ini menjadi fokus perhatian dalam perencanaan dan pengelolaan transportasi di Kota Batam, mengingat pentingnya peran infrastruktur jalan dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat di Kota Batam.

Jalan Gajah Mada, berdasarkan Peraturan Daerah Kota Batam No. 3 Tahun 2021, diklasifikasikan sebagai jalan arteri primer yang memainkan peran penting dalam sistem transportasi di Kota Batam. Namun, pada ruas jalan ini, khususnya di antara jalur Perumahan Southlink hingga Perumahan Sandonna, terjadi penyempitan jalan dari tiga lajur menjadi dua lajur. Kondisi ini menyebabkan penurunan kapasitas jalan dalam menampung volume kendaraan yang melintas, sehingga memicu permasalahan lalu lintas, seperti kemacetan dan peningkatan waktu tempuh.

Lokasi studi penelitian ini berada pada jalur dengan topografi yang datar, yang cenderung stabil dan tidak memberikan tantangan tambahan bagi pengemudi. Selain itu, sekitar ± 1 km ke depan dari lokasi ini terdapat simpangan bersinyal yang menjadi salah satu titik penting dalam alur lalu lintas. Faktor hambatan samping, seperti aktivitas pejalan kaki atau parkir liar, relatif rendah di daerah ini, sehingga pengaruhnya terhadap arus lalu lintas dapat diabaikan. Oleh karena itu, penyempitan jalan menjadi faktor utama yang mempengaruhi kelancaran arus lalu lintas di lokasi ini. Hal ini menjadikan permasalahan penyempitan jalan sebagai fokus utama dalam penelitian ini, untuk memahami dampaknya terhadap kapasitas dan kinerja lalu lintas di sepanjang Jalan Gajah Mada.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik arus lalu lintas di Jalan Gajah Mada serta menganalisis pengaruh penyempitan jalan terhadap karakteristik tersebut. Secara khusus, penelitian ini berfokus pada identifikasi karakteristik arus lalu lintas yang terjadi, serta bagaimana perubahan kondisi jalan akibat penyempitan memengaruhi kapasitas dan kinerja lalu lintas di ruas jalan tersebut.

Mengingat adanya keterbatasan waktu, tenaga, dan biaya, ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada beberapa aspek. Pertama, lokasi penelitian difokuskan pada Jalan Gajah Mada, khususnya jalur antara Perumahan Southlink dan Universitas Internasional Batam (UIB), yang terletak di Kelurahan Tiban Indah, Kecamatan Sekupang, Kota Batam. Kedua, analisis karakteristik lalu lintas dilakukan secara makroskopik, dengan menggunakan dua model pendekatan, yaitu model *Greenshields* dan model logaritmik *Greenberg*, untuk mengamati hubungan antara volume, kecepatan,

dan kerapatan lalu lintas. Ketiga, perhitungan volume kendaraan dilakukan secara manual dengan bantuan aplikasi Android bernama Traffic Counter dan formulir isian. Keempat, survei dilakukan pada jam-jam sibuk, yaitu pagi hari pada pukul 07.00-09.00 WIB dan sore hari pada pukul 16.00-18.00 WIB, guna menangkap data lalu lintas pada waktu-waktu dengan kepadatan tinggi. Terakhir, untuk efisiensi waktu dan biaya, survei dilaksanakan selama tujuh hari berturut-turut, mulai dari hari Senin hingga Minggu, yang merupakan hari-hari kerja dengan volume lalu lintas yang padat.

2. Tinjauan Pustaka

Dalam buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1997), terdapat aturan konversi untuk berbagai jenis kendaraan yang biasa ditemukan di jalan perkotaan. Setiap jenis kendaraan dikonversikan ke dalam satuan standar yang dikenal sebagai Satuan Mobil Penumpang (SMP), yang digunakan untuk menghitung kapasitas jalan. Konversi ini memungkinkan perbandingan yang seragam antara berbagai jenis kendaraan berdasarkan dampaknya terhadap arus lalu lintas.

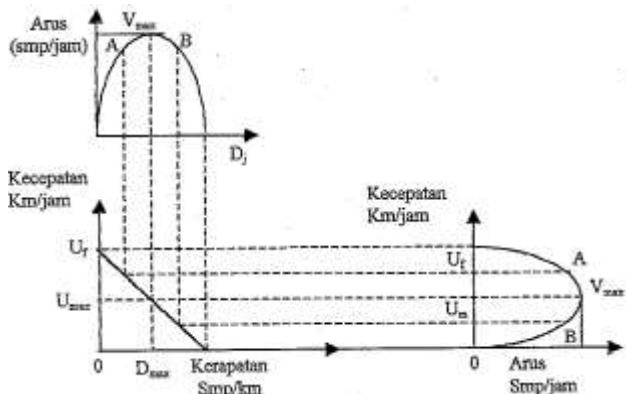
Tabel 1 menunjukkan nilai faktor ekivalen mobil penumpang (emp) untuk kendaraan berat (HV) dan sepeda motor (MC) berdasarkan tipe jalan dan arus lalu lintas per lajur. Tipe jalan yang dibahas meliputi jalan satu arah dan jalan terbagi. Pada konfigurasi dua lajur satu arah (2/1) dan empat lajur terbagi (4/2D), tiga lajur satu arah (3/1), dan enam lajur terbagi (6/2D). Pada arus lalu lintas yang dilayani dengan 0 kendaraan per jam, nilai emp untuk kendaraan berat adalah 1,3 dan untuk sepeda motor adalah 0,40. Pada arus yang mencapai atau melebihi 1050 kendaraan per jam untuk jalan dengan dua-lajur satu-arah dan empat lajur terbagi, dan 1100 kendaraan per jam untuk tiga-lajur satu-arah dan enam-lajur terbagi, nilai emp untuk kendaraan berat turun menjadi 1,2, dan untuk sepeda motor menjadi 0,25. Hal ini menunjukkan bahwa nilai emp menurun seiring dengan peningkatan arus lalu lintas dan kapasitas jalan yang lebih besar.

Tabel 1. Ekivalensi Mobil Penumpang Perkotaan untuk Jalan Terbagi.

Tipe jalan: Jalan satu arah dan jalan terbagi	Arus lalu-lintas per lajur (kend/jam)	emp	
		HV	MC
Dua-lajur satu-arah (2/1) dan Empat- lajur terbagi (4/2D)	1,3	1,3	0,40
Tiga-lajur satu-arah (3/1) dan Enam-lajur terbagi (6/2D)	1,2	1,2	0,25
	0	1,3	0,40
	≥ 1150	1,2	0,25

(sumber: MKJI (Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1997))

(Greenshields, 1935) melakukan studi pada berbagai jalan di luar wilayah Ohio, di mana arus lalu lintas bergerak tanpa hambatan dan berada dalam kondisi *steady state*. Hasil penelitiannya menghasilkan pendekatan yang menunjukkan adanya hubungan linear antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas. Hubungan matematis antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas bersifat monoton menurun, yang berarti bahwa ketika kepadatan lalu lintas meningkat, kecepatan akan menurun. Bentuk kurva yang menggambarkan hubungan antara ketiga variabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan (sumber: Greenshields (1935))

Pada kondisi kepadatan nol, tidak ada kendaraan di ruas jalan sehingga arus lalu lintas juga nol. Selain itu, pada kondisi kepadatan nol, kendaraan dapat memilih kecepatannya sesuai dengan kondisi ruas jalan yang ada, yang dikenal sebagai kecepatan arus bebas.

Greenberg (1959) melakukan penelitian di Terowongan Lincoln dan menganalisis karakteristik lalu lintas dengan mengasumsikan bahwa perilaku arus lalu lintas serupa dengan aliran fluida atau mengikuti persamaan kontinuitas dalam dinamika fluida. Hubungan matematis antara kepadatan dan kecepatan yang ia temukan dapat dijelaskan melalui fungsi logaritma natural. Namun, model Greenberg memiliki keterbatasan pada kepadatan rendah, karena ketika kepadatan mendekati nol, model ini memprediksi kecepatan yang sangat tinggi atau bahkan tak terbatas, sehingga tidak dapat diterapkan secara efektif dalam kondisi tersebut.

3. Metode Penelitian

Lokasi penelitian yang dijadikan objek penelitian ditunjukkan pada Gambar 2, yaitu Ruas Jalan Gajah Mada yang terletak di Kelurahan Tiban Indah. Jalan Gajah Mada merupakan jalan yang sering dilewati oleh kendaraan roda dua, empat, dan kendaraan berat

seperti truk. Jalan ini menghubungkan daerah Tiban dengan daerah Nagoya dan Batam Center. Menurut Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Batam tahun 2021-2041 (Walikota Batam Provinsi Kepulauan Riau, 2021), Jalan Gajah Mada termasuk jalan arteri primer.



Gambar 2. Lokasi Penelitian (sumber: Google Map)

Secara keseluruhan, kegiatan penelitian ini dapat dijelaskan dalam bagan alir yang ditunjukkan pada Gambar 3. Penelitian dimulai dengan menentukan topik yang akan diteliti, diikuti dengan identifikasi latar belakang yang menjelaskan permasalahan atau kondisi yang mendorong penelitian dan relevansi topik. Langkah selanjutnya adalah merumuskan masalah utama yang ingin dijawab melalui penelitian dan melakukan survei pendahuluan untuk mendapatkan gambaran umum di lapangan. Pada tahap pengumpulan data, peneliti mengumpulkan data primer, seperti volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, dan geometrik jalan, serta data sekunder, seperti jumlah penduduk dan peta lokasi. Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis untuk menemukan pola atau hubungan yang menjawab rumusan masalah. Berdasarkan hasil analisis, peneliti menyusun kesimpulan dan memberikan saran yang relevan sebelum penelitian diakhiri.



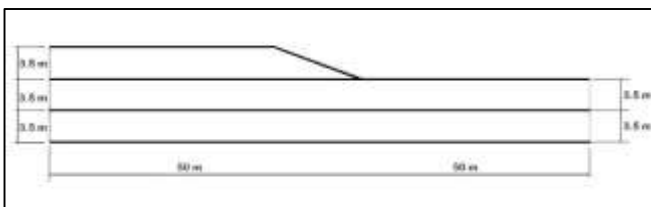


Gambar 3. Diagram Alur Penelitian
 (sumber: olahan peneliti)

Adapun pelaksanaan survei dan perhitungan juga mengacu pada Panduan Survei dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990).

4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, peninjauan dilakukan pada satu arah, yaitu Jalan Gajah Mada yang mengarah ke daerah Nagoya dan Batam Center. Dalam kondisi normal, jalan ini terdiri dari tiga lajur satu arah dengan lebar jalur 3,5 meter, arah berlawanan dibatasi oleh median, dan pemisah antar lajur berupa garis marka putus-putus, serta kondisi perkerasan yang baik. Namun, pada kondisi jalan menyempit, jumlah lajur berkurang menjadi dua dengan tetap mempertahankan lebar jalur 3,5 meter, batas arah menggunakan median, dan pemisah lajur dengan garis marka putus-putus, serta kondisi perkerasan yang masih baik.



Gambar 4. Denah Lokasi Penelitian
 (sumber: olahan peneliti)

Hasil survei lapangan tersebut kemudian dikonversi menjadi satuan mobil penumpang per jam (smp/jam). Nilai konversi yang digunakan sesuai dengan buku

MKJI (Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1997), yaitu untuk kendaraan berat (Heavy Vehicle/HV) dikalikan 1,3, kendaraan ringan (Light Vehicle/LV) dikalikan 1, sedangkan sepeda motor (Motorcycle/MC) dikalikan 0,4.

Tabel 2. Rekapitulasi data volume kendaraan

Periode Pengamatan	Volume Lalu Lintas Harian (smp/jam)						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu
07.00 - 08.00	4791.30	4787.80	4772.60	4624.80	4531.90	3190.00	2523.30
08.00 - 09.00	3545.80	3562.70	3536.80	3647.90	3602.50	2796.20	2690.10
16.00 - 17.00	2984.50	2938.80	3099.70	3097.10	3017.70	2866.50	2866.50
17.00 - 18.00	3255.40	3229.10	3418.90	3313.70	3217.80	2987.40	2969.10
Vol. Rata-rata (smp/jam)	3644.25	3624.60	3707.00	3670.88	3592.48	2960.03	2762.25
Vol. Jam Puncak (smp/jam)	4791.30	4787.80	4772.60	4624.80	4531.90	3190.00	2969.10
Vol. Jam Puncak Rata-rata dalam seminggu (smp/jam)	4238.21						
Vol. Rata-rata dalam seminggu (smp/jam)	3423.07						

(sumber: olahan peneliti)

Dari Tabel 2 di atas terlihat bahwa volume puncak terjadi pada hari Senin, yaitu sebesar 4.791,30 smp/jam pada pukul 07.00–08.00. Sementara itu, perbedaan volume arus lalu lintas pada hari-hari lainnya tidak terlalu signifikan, kecuali pada hari Sabtu dan Minggu.

Untuk mencari kecepatan ruang kendaraan, digunakan rumus: panjang penggal jalan (L) dibagi dengan waktu rata-rata (tn). Catatannya, jarak 50 meter adalah jarak tempuh kendaraan yang disurvei sesuai dengan rekomendasi panjang penggal jalan pengamatan. Nilai tn adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan kendaraan untuk melintasi jarak 50 meter dalam satuan detik.

Tabel 3 menunjukkan data kecepatan kendaraan pada jalan normal selama 1 minggu dari pukul 07.00 hingga 18.00 dan Tabel 4 menunjukkan data kecepatan kendaraan pada jalan menyempit selama 1 minggu dari pukul 07.00 hingga 18.00.

Tabel 3. Data Kecepatan pada Jalan Normal

Periode Pengamatan	Kecepatan (km/jam)						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu
07.00 - 08.00	8.48	12.15	11.68	10.92	12.65	41.55	59.21
08.00 - 09.00	27.77	31.83	47.26	38.79	27.43	48.04	59.60
16.00 - 17.00	50.03	45.69	45.12	52.19	45.82	46.01	59.60
17.00 - 18.00	47.19	43.26	42.30	42.30	42.64	47.99	52.65

(sumber: olahan peneliti)

Tabel 4. Data Kecepatan pada Jalan Menyempit

Periode Pengamatan	Kecepatan (km/jam)						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu
07.00 - 08.00	7.48	8.54	9.03	8.19	11.04	32.09	56.21
08.00 - 09.00	19.84	25.82	31.74	26.96	20.46	41.12	56.09
16.00 - 17.00	41.68	41.72	34.78	42.70	36.06	39.40	49.90
17.00 - 18.00	41.00	40.73	33.96	35.99	33.53	40.21	51.21

(sumber: olahan peneliti)

Untuk analisa pada jalan menyempit dapat dibuatkan persamaan Greenshield seperti ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hubungan V , U_s , D pada Jalan Menyempit dengan Persamaan *Greenshield*

Hubungan	Persamaan <i>Greenshield</i>
Hubungan Kecepatan – Kepadatan	$U_s = 44.647 - 0.069 D$
Hubungan Volume – Kepadatan	$V = 44.647 D - 0.069 D^2$
Hubungan Volume – Kecepatan	$V = 644.352 U_s - 14.436 U_s^2$

(sumber: olahan peneliti)

Model *Greenberg*

Dari hasil analisa pada jalan normal dapat dibuatkan persamaan *Greenberg* hubungan antara ketiga karakteristik volume (V), kecepatan (U_s), dan kepadatan (D) yang ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hubungan V , U_s , D pada Jalan Normal dengan Persamaan *Greenberg*

Hubungan	Persamaan <i>Greenberg</i>
Hubungan Kecepatan – Kepadatan	$U_s = 131.60 - 20.18 \ln D$
Hubungan Volume – Kepadatan	$V = 131.60 D - 20.18 D \ln D$
Hubungan Volume – Kecepatan	$V = 679.47 U_s e^{-(U_s/20.18)}$

(sumber: olahan peneliti)

Sementara untuk analisa pada jalan menyempit dapat dibuatkan persamaan *Greenberg* seperti ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hubungan V , U_s , D pada Jalan Menyempit dengan Persamaan *Greenberg*

Hubungan	Persamaan <i>Greenberg</i>
Hubungan Kecepatan – Kepadatan	$U_s = 116.89 - 17.62 \ln D$
Hubungan Volume – Kepadatan	$V = 116.89 D - 17.62 D \ln D$
Hubungan Volume – Kecepatan	$V = 760.47 U_s e^{-(U_s/17.62)}$

Pembahasan

Dari tabel diatas, diketahui jumlah data sebanyak 28 untuk masing-masing model pendekatan. Untuk model *Greenshields* didapat Volume maksimum (V_{maks}) = 7084,03 smp/jam untuk jalan normal dan

7194,048 smp/jam untuk jalan menyempit, sedangkan untuk kepadatan jenuh (D_j) = 537,232 smp/km untuk jalan normal dan 644,532 smp/km untuk jalan menyempit, untuk kepadatan maksimum (D_{maks}) = 268,616 untuk jalan normal dan 322,266 untuk jalan menyempit dengan determinasi (r^2) masing2 bernilai 1,000. Untuk model *Greenberg* didapat Volume maksimum (V_{maks}) = 5044,254 smp/jam untuk jalan normal dan 4929,394 smp/jam untuk jalan menyempit, sedangkan untuk kepadatan jenuh (D_j) = 679,47 smp/km untuk jalan normal dan 760,47 smp/km untuk jalan menyempit, untuk kepadatan maksimum (D_{maks}) = 249,963 untuk jalan normal dan 279,761 untuk jalan menyempit dengan determinasi (r^2) masing2 bernilai 0,941 dan 0,929.

Berdasarkan 2 (dua) model analisa hubungan karakteristik arus lalu lintas, model *Greenshields* lebih mendekati gambaran realita yang terjadi di lapangan berdasarkan hubungan kecepatan dan kepadatan. Sedangkan model *Greenberg* lebih mendekati gambaran realita yang terjadi di lapangan berdasarkan hubungan kecepatan dan volume. Sehingga dapat disimpulkan untuk mencapai volume maksimum 5044,254 smp/jam dan kepadatan 268,616 smp/km diperlukan kecepatan kendaraan yaitu 26,37 km/jam untuk jalan normal, sedangkan untuk mencapai volume maksimum 4929,394 smp/jam dan kepadatan 322,266 smp/km diperlukan kecepatan kendaraan yaitu 22,32 km/jam untuk jalan menyempit.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dalam penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode model *Greenshields* dan model *Greenberg* pada Jalan Gajah Mada Kota Batam menuju Batam Center dan Nagoya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik arus lalu lintas dengan menggunakan pendekatan model *Greenshield* atau *Greenberg* dengan hasil pengamatan pada Jalan Gajah Mada, hari Senin hingga Jumat pukul 07.00–08.00, menunjukkan kepadatan maksimum sebesar 268,616 smp/km, sehingga dapat disimpulkan bahwa arus lalu lintas pada jam tersebut tidak stabil.
2. Penyempitan jalan memengaruhi karakteristik arus lalu lintas di Jalan Gajah Mada, yang ditandai dengan peningkatan kepadatan kendaraan rata-rata sebesar 34,46 smp/km atau 22,80% dari kondisi jalan normal. Selain itu, kecepatan kendaraan juga menurun sebesar 6,52 km/jam dibandingkan dengan kondisi jalan normal.

Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan, saran dan rekomendasi yang dapat disampaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian lebih lanjut mengenai pengoptimalan pengaturan lalu lintas perlu dilakukan, termasuk pengaturan lampu lalu lintas, penggunaan jalur prioritas, dan koordinasi lalu lintas yang diharapkan dapat mengurangi kemacetan dan meningkatkan kelancaran arus lalu lintas.
2. Penelitian berikutnya mengenai penambahan lajur atau akses jalan baru menuju Batam Center dan Nagoya dari arah Tiban/Sekupang agar dapat diketahui pengaruhnya terhadap pendistribusi kendaraan dan kepadatan lalu lintas.

Daftar Pustaka

Direktorat Pembinaan Jalan Kota. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Direktorat Jenderal Bina Marga.

Greenberg, J. (1959). An Analysis of Traffic Flow pada tahun 1959. *Operations Research*.

Greenshields, B. D. (1935). A Study of Traffic Capacity. *Highway Research Board, Vol. 14*, 448–477.

Indrajaya, Y., Riyanto, B., & Widodo, D. (2003). Pengaruh Penyempitan Jalan terhadap Karakteristik Lalu Lintas (Studi Kasus pada Ruas Jalan Kota Demak-Kudus Road, Km. 5). *Pilar, 12*(2), 64–72.

Indraswati, A. S., Sumasono, A., & Djumari. (2014). Pengaruh Penyempitan Jalan terhadap Karakteristik Lalu Lintas (Studi Kasus: Pembangunan Fly Over di Jalan Raya Palur KM 7,5). *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 7*(2), 727–731.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (1990). Panduan Survei dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas. In *Direktorat Jenderal Bina Marga*.

Walikota Batam Provinsi Kepulauan Riau. (2021). Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Batam Tahun 2021 - 2041. In *Peraturan Daerah Kota Batam Nomor 3 Tahun 2021*.