

STUDI KARAKTERISTIK LALU LINTAS DARI PENERAPAN “CONTRAFLOW” DI JALAN TOL CAWANG – SEMANGGI (STUDI KASUS : ZONA AKHIR)

Moh. Fikri Makarim
Mahasiswa Teknik Sipil
Universitas Indonesia
Kampus Baru UI Depok, Depok 16424
Telp. (021-7862222)
mohammad.fikri.makarim@gmail.com

Jachrizal Sumabrata
Dosen Teknik Sipil
Universitas Indonesia
Kampus Baru UI Depok,
Depok 16424 Telp. (021-
7862222)
rjs@eng.ui.ac.id

Alan Marino
Dosen Teknik Sipil
Universitas Indonesia
Kampus Baru UI Depok, Depok
16424 Telp. (021-7862222)
Alanmarino2001@yahoo.com

Abstrak

Implementation of the contraflow special lane is expected to provide a solution to the lack of road capacity at the inner city highway (Cawang – Semanggi) during peak hour time. This research was conducted to find out and compare the performance of the characteristics of the traffic flow between two points of observation (middle point and the exit after the contraflow special lane) in order to know the effectiveness of the contraflow lane. This research uses traffic survey by means of recording traffic condition in both points of observation to obtain more accurate traffic characteristic data. The analysis of traffic characteristic performance is conducted by comparing the results of the survey to the traffic parameters of standards from the Indonesian Highway Capacity Manual and regulations from Bina Marga and Jasa Marga as well as the analysis through the relationship of traffic characteristics from Greenshields Theory to assess the traffic performance from both points of observation. The results show that the implementation of the special contraflow lane may decrease the degree of saturation from greater than 0.75 to less than 0.75 by giving the road additional capacity. This shows that the contraflow lane can be considered as an effective and worthy measure to ease the burden of the ever increasing number of cars passing through the toll road during peak hours.

Kata kunci: *Contraflow, traffic characteristics, performance, Greenshields Theory*

PENDAHULUAN

Tingginya jumlah kendaraan telah melebihi kapasitas jalan. Prasarana transportasi berupa jalan dan fasilitasnya tidak dapat lagi menampung beban kendaraan yang semakin meningkat. Penyebabnya adalah adanya homogenitas tujuan perjalanan dan lokasi dari beragam aktivitas. Melihat fenomena ini, dari sudut pandang ilmu transportasi kita dapat memanfaatkan sementara jalur yang lebih kosong untuk menambah kapasitas jalan dari jalur yang mengalami kerapatan atau lebih sering disebut sebagai “Metode *Contraflow*”.

Topik *contraflow* diangkat karena sekarang banyak metode yang sudah dilakukan untuk mengurai atau bahkan mengurangi kemacetan seperti menambah lajur, jalan baru, jalan layang, underpass, jalan tol, dan lain-lain. Berbagai metode ini banyak mengeluarkan biaya pembangunan akan tetapi tidak terlihat perubahan signifikan terhadap kondisi kemacetan. Metode pengaturan lalu lintas yang dapat menambah kapasitas jalan tanpa menambah jumlah jalan yang diterapkan di kota Jakarta yaitu metode *contraflow* ini menarik. Metode ini dapat menekan biaya infrastruktur transportasi di kota Jakarta dengan memanfaatkan jalan pada lokasi dan waktu tertentu untuk dimanfaatkan sebagai pengoptimal arus lalu lintas.

Penerapan jalur *contraflow* pada kota Jakarta berada pada ruas jalan Tol Dalam Kota. Penelitian ini akan dilakukan pada lokasi penerapan jalur *contraflow* yaitu pada ruas Tol Dalam Kota Cawang – Semanggi. Lokasi ini menarik untuk dibahas karena kebijakan yang

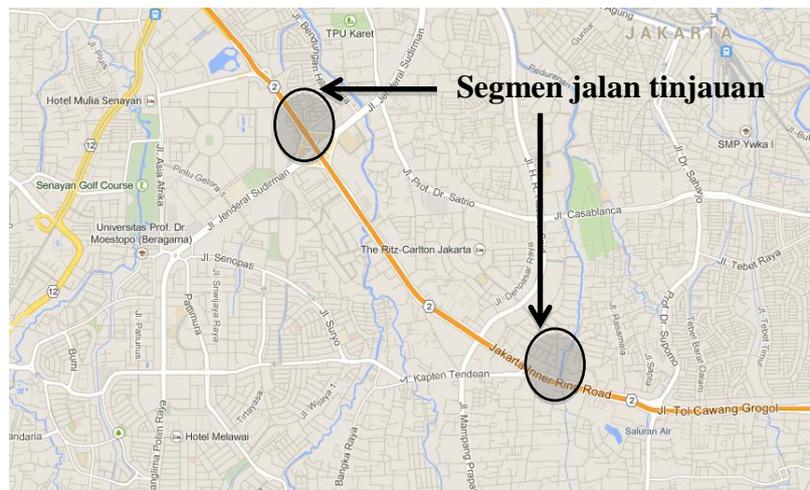
telah dikeluarkan oleh pengelola jalan tol yaitu PT. Jasa Marga adalah berdasarkan $v/cratio$ yang sudah melebihi nilai 1 yang menandakan volume kendaraan yang melebihi kapasitas.

Fenomena ini menarik untuk diteliti lebih lanjut. Untuk itu diperlukan fokus pembahasan komponen dari sistem *contraflow* sehingga dibuat tujuan penelitian antara lain:

1. Menganalisa perbandingan karakteristik lalu lintas antara titik tengah dan titik setelah keluar untuk mengetahui kinerja lalu lintas berdasarkan perbandingan antara grafik hubungan karakter lalu lintas dari titik tengah dan titik setelah keluar dari *Teori Greenshields*.
2. Menganalisa karakteristik lalu lintas (kapasitas, kecepatan, volume dan kerapatan) pada jalur *contraflow* dan jalur searahnya di titik tengah dan titik setelah keluar jalur *contraflow* untuk dapat mengetahui kinerja lalu lintas setiap titik berdasarkan parameter acuan MKJI serta Peraturan Bina Marga, dan Jasa Marga.
3. Menganalisa perbandingan karakteristik lalu lintas antara titik tengah dan titik setelah keluar untuk mengetahui kinerja lalu lintas berdasarkan parameter acuan MKJI serta Peraturan Bina Marga, dan Jasa Marga.
4. Menganalisa efektifitas pemberlakuan jalur *contraflow* melalui perbandingan $v/c ratio$ pada titik tengah jalur *contraflow* dengan asumsi jalan tanpa *contraflow* dan jalan dengan tambahan kapasitas melalui pemberlakuan *contraflow*.

Jalur *contraflow* diberlakukan pada hari senin – jumat pukul 06.00 – 10.00 WIB. Waktu survey dilaksanakan selama 90 menit diantara selang waktu pelaksanaan pemberlakuan jalur *contraflow*.

Penelitian dilakukan pada segmen jalan zona dalam *contraflow* (titik tengah km 04+100) dan segmen transisi keluar jalur *contraflow* (titik setelah keluar km 08+080). Lokasi jalan tinjauan adalah Tol Dalam Kota Ruas Cawang – Semanggi. Objek penelitian adalah kendaraan pada jalan tol. Sehubungan dengan lokasi jalan tinjauan adalah tol dalam kota yang mayoritas dilalui oleh kendaraan ringan (LV), diasumsikan dalam penelitian ini bahwa semua kendaraan adalah kendaraan ringan.



Gambar 1. Titik Pengamatan (Lokasi Survey)

LANDASAN TEORI

Metode *contraflow* ini juga dapat diasumsikan sebagai pengembangan jalan yang merubah jalan yang ada untuk diadaptasikan untuk penggunaan yang berbeda pada waktu tertentu sebagai metode solusi permasalahan transportasi yang efektif dari segi biaya untuk mengakomodir kebutuhan rutin dari perjalanan di atas jalan raya (NCHRP, 2004).

Metode ini memiliki konsep dasar yang sama apabila diterapkan diberbagai tempat (NCHRP, 2004). Akan tetapi, ada beberapa variabel yang dapat berubah dan bergantung kepada tujuan penerapan sistem contraflow, topografi dan karakter lalu lintas dari daerah yang akan menerapkan sistem ini. Ada 2 hal yang menjadi perhatian utama sebagai acuan desain dan karakter operasional contraflow yaitu:

1. Perencanaan penetapan panjang dan jumlah segmen jalur berlawanan yang akan digunakan sebagai jalur tambahan.

2. Waktu penggunaan jalur tambahan tersebut

Menurut Lathrop (1972), konfigurasi dari segmen jalur contraflow dibagi menjadi 5 zona yaitu :

1. Zona 1

2. Zona ini merupakan zona pendekatan kendaraan sebelum masuk kedalam jalur contraflow.

3. Zona 2

4. Zona ini merupakan zona keputusan kendaraan untuk masuk dan keluar dari jalur contraflow.

5. Zona 3

6. Pada zona ini, kendaraan sudah berada di dalam jalur contraflow. Pada lajur ini. Pada zona ini akan terdapat kendaraan dengan arah berlawanan dari jalur yang bersebalahan langsung dengan jalur contraflow.

7. Zona 4

8. Zona ini merupakan zona terjadinya transisi dari jalur contraflow ke jalur normal.

9. Zona 5

10. Pada zona ini, kendaraan kembali ke jalur normal setelah keluar dari jalur contraflow.

Menurut *Greenshields*(Wohl & Martin, 1967) hubungan dari kecepatan dan kerapatan adalah berbanding terbalik. Apabila kerapatan meningkat maka kecepatan akan menurun. Pada saat nilai kerapatan sama dengan nol ($k = 0$) maka kecepatan mencapai nilai maksimal μ_f (*free flow speed*). Pada kondisi kerapatan tinggi, kecepatan kendaraan akan menurun hingga mendekati nol. Kondisi ini dapat dikatakan sebagai *jam density*(K_j).

Menurut *Greenshields*(Wohl & Martin, 1967) pada kecepatan yang sangat rendah maka keadaan volume kendaraan juga rendah. Hubungan dari kedua parameter ini memiliki keunikan. Apabila kecepatan naik, maka volume juga akan naik sampai pada batas tertentu dan kecepatan akan turun akibat turunnya headway. Akan tetapi jika kecepatan terus meningkat dan meningkatkan spasi antar kendaraan, maka volume akan menurun. Pada hubungan ini akan tercapai nilai optimal kecepatan (μ_m) pada saat volume mencapai nilai maksimal (q_m).

Menurut *Greenshields*(Wohl & Martin, 1967) jika angka kerapatan meningkat dari nol (tidak ada kendaraan), maka akan terjadi nilai kerapatan optimal dimana volume akan meningkat sampai pada titik kerapatan kritis (k_m) dan kerapatan akan merespon dengan tercapainya volume maksimal (q_m). Setelah itu volume akan menurun seiring meningkatnya kerapatan mencapai nilai maksimalnya sampai semua kendaraan berhenti atau dapat disebut sebagai *jam density*(K_j).

Berdasarkan hubungan antar karakteristik, dapat dituliskan persamaan untuk mendapatkan nilai karakteristik lalu lintas yaitu :

Persamaan dasar,

$$q = \mu_s k$$

Perhitungan kecepatan dapat dilakukan dengan metode *space mean speed*. Metode ini dapat dilakukan dengan menggunakan media kamera. Perhitungan ini dilakukan dengan membuat waktu menjadi variabel tetap sehingga nilai kecepatan terukur berdasarkan spasi kendaraan selama selang waktu yang telah ditentukan (May, 1990). Perhitungan *space mean speed* pada kondisi seperti ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah.

$$\mu_{sms} = \frac{\sum \mu}{N}$$

METODE PENELITIAN

Ditetapkan penggunaan metode survey menggunakan kamera untuk mendapatkan *space mean speed* (sms) dan volume lalu lintas pada penelitian ini. Kamera digunakan untuk merekam kondisi lalu lintas dari lokasi yang strategis yaitu dari jembatan penyeberangan orang yang berada diatas jalan dari titik pengamatan. Kegiatan merekam dilakukan selama 90 menit selama perberlakuan jalur *contraflow*. Fokus rekaman adalah pada jalur *contraflow* dan jalur normal yang searah.

Data volume kendaraan diperoleh dengan menghitung jumlah kendaraan yang melalui satu titik dengan menggunakan counter. Perhitungan volume dilakukan pada masing masing lajur pengamatan dengan partisi satu menit sehingga didapatkan 90 data volume kendaraan per menit per lajur. Perhitungan volume ditujukan untuk mendapatkan distribusi data arus kendaraan per jam.

Data kecepatan diperoleh dengan menggunakan metode perhitungan *space mean speed* menggunakan persamaan dibawah

$$\text{Jarak (km)} = \text{Kecepatan (km/jam)} \times \text{Waktu (jam)} \quad (1)$$

Lalu persamaan ini diubah menjadi

$$\text{Kecepatan (km/jam)} = \text{Jarak (km)} / \text{Waktu (jam)} \quad (2)$$

Metode perhitungan kecepatan kendaraan dengan *space mean speed* dilakukan dengan menghitung kecepatan rata-rata kendaraan per menit per lajur selama 90 menit. Kecepatan rata-rata per menit diasumsikan terwakili oleh lima kendaraan setiap menitnya. Perhitungan kecepatan memerlukan data jarak dan waktu. Kedua data ini bisa didapatkan langsung dari survey.

Jarak dari $t = 0$ detik ke $t = 2$ detik diketahui dengan mengamati posisi kendaraan pada marka jalan pada Gambar 2. Pada jalan tol dalam kota ketentuan untuk panjang marka jalan adalah lima meter dan jarak spasi antar marka jalan adalah delapan meter. Penulis membuat ketentuan jarak dengan menentukan setiap panjang satu marka ditambah dengan satu spasi (13 meter) adalah 1 satuan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan jarak menjadi koefisien jarak. Koefisien jarak ini lalu dikalikan dengan 13 meter sehingga didapatkan jarak tempuh kendaraan dari $t = 0$ detik ke $t = 2$ detik.

Untuk mengetahui besar kecepatan kendaraan penulis menentukan dua detik sebagai waktu tetap pengamatan setiap kendaraan. Selama dua detik penulis menentukan jarak perpindahan dengan menentukan titik awal kendaraan yaitu pada saat $t = 0$ detik dan titik

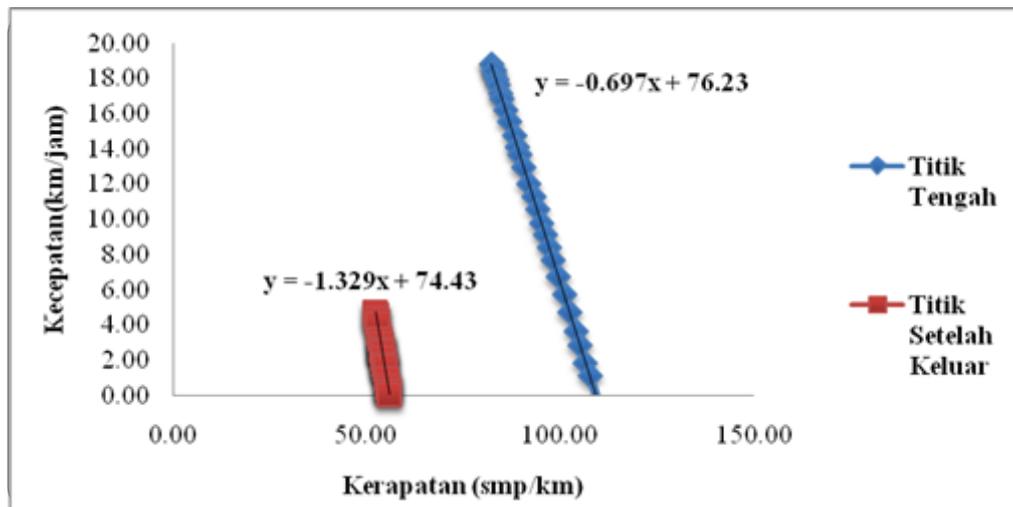
akhir saat $t = 2$ detik. Nilai kecepatan didapatkan dengan menggunakan persamaan 2. Setelah nilai kecepatan kendaraan dihitung, perhitungan *space mean speed* per menit dapat dihitung.

Setelah survey, dilakukan pengolahan data survey untuk mendapatkan data karakteristik lalu lintas dari setiap titik dan setiap lajur. Setelah itu dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan tiga karakteristik utama lalu lintas yaitu volume per jam, kecepatan rata-rata per jam, dan kerapatan kendaraan per jam. Setelah itu dilakukan pembuatan grafik hubungan antar karakteristik lalu lintas yaitu volume vs kecepatan, kerapatan vs kecepatan dan kerapatan vs volume berdasarkan hasil pengolahan data survey.

Pengolahan data juga dilakukan menggunakan data sekunder. Data sekunder ini mengacu kepada MKJI, peraturan pengelola (Jasa Marga dan Bina Marga) dan Teori Greenshields. Dari ketiga sumber ini didapatkan nilai karakteristik lain seperti v/c ratio, kecepatan arus bebas (u_f), kecepatan maksimal (u_{maks}), kecepatan optimal (u_o) dan kecepatan minimal (u_{min}), kapasitas jalan (C), volume maksimal (q_{maks}), volume optimal (q_o), kerapatan macet (k_j) dan kerapatan optimal (k_o).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data dengan *Teori Greenshields* dilakukan dengan menghubungkan karakter lalu lintas yaitu volume, kecepatan, dan kerapatan.



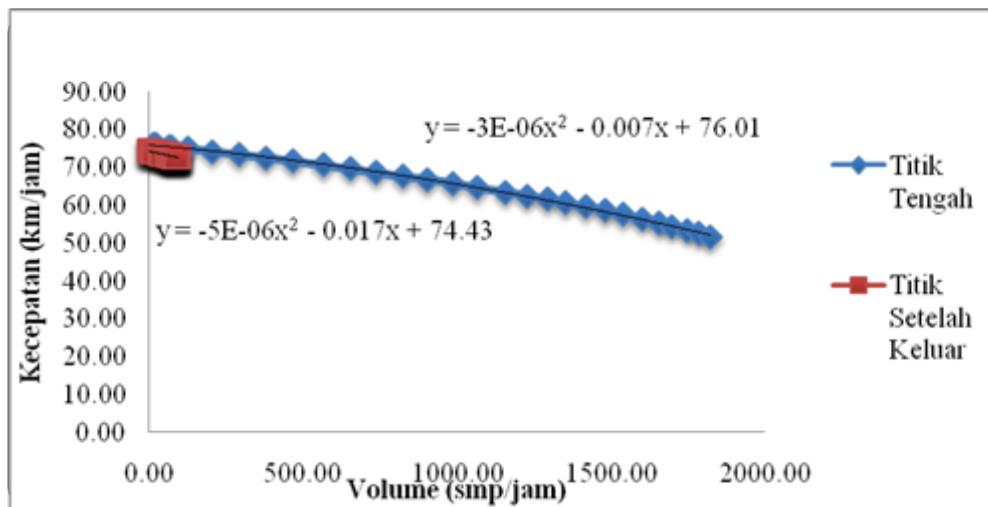
Gambar 2. Grafik Perbandingan Kecepatan vs kerapatan

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara kerapatan vs kecepatan dari kedua titik pengamatan. Plot data dilakukan dari nilai kerapatan kendaraan per jam dari masing masing titik sebagai nilai sumbu x. Nilai ini lalu dimasukan kedalam persamaan dibawah untuk mendapatkan nilai kecepatan.

$$u = u_f - \left(\frac{u_f}{k_j} \right)$$

Dari data survey ditetapkan nilai kecepatan arus bebas (u_f) dari kecepatan tertinggi dan *jam density* (k_j) dari kerapatan tertinggi dari data pengamatan.

Dari Gambar diatas dapat terlihat bahwa sebaran data dari titik tengah lebih beragam. Grafik diatas menunjukkan bahwa terjadi variasi pergerakan kendaraan pada titik tengah yang lebih banyak (rentang data lebih besar) dari titik setelah keluar. Sebaran data juga menunjukkan bahwa tingkat kerapatan kendaraan pada titik tengah lebih besar dibandingkan dengan titik setelah keluar. Selain itu, kemiringan data titik setelah keluar pada grafik juga menunjukkan bahwa pergerakan kendaraan pada titik setelah keluar jauh lebih stabil dibanding dengan pergerakan kendaraan dari titik tengah. Perbedaan besar nilai kerapatan ini menunjukkan bahwa jarak antar kendaraan pada titik tengah lebih rapat dibandingkan dengan titik setelah keluar yang menggambarkan bahwa titik tengah mengalami kondisi lebih padat kendaraan.



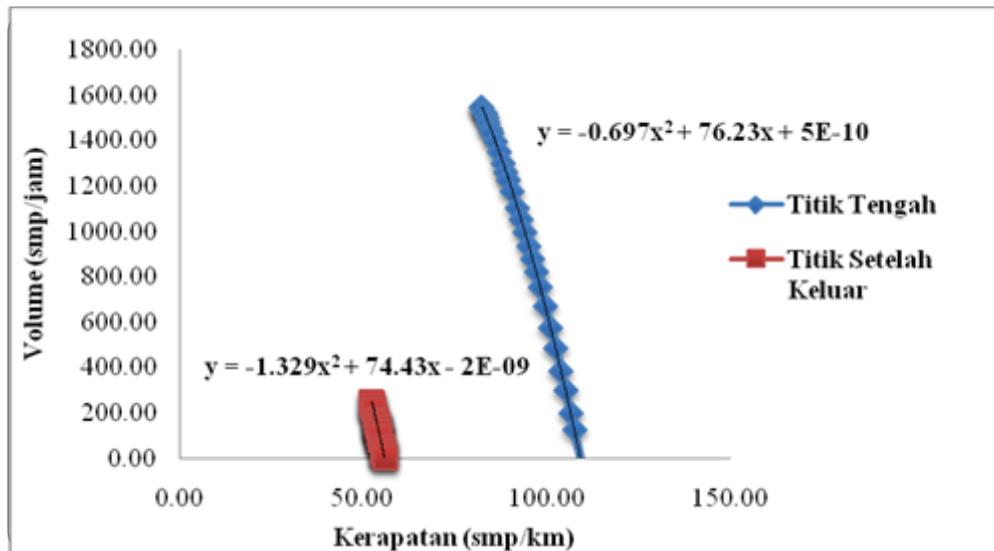
Gambar 3. Grafik Perbandingan Kecepatan vs Volume

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara kecepatan vs volume. Plot data dilakukan dengan cara memasukkan nilai kecepatan hasil survey kedalam persamaan dibawah untuk mendapatkan nilai pada sumbu x.

$$q = u_f k - \left(\frac{u_f}{k_j} \right) k^2$$

Nilai kecepatan arus bebas (u_f) ditetapkan dari kecepatan tertinggi dan *jam density* (k_j) dari kerapatan tertinggi dari data pengamatan.

Pada gambar diatas, dapat terlihat kecenderungan yang sama dengan Grafik hubungan kerapatan vs kecepatan yang menunjukkan bahwa nilai kecepatan dan volume dari titik setelah keluar jauh lebih stabil dibandingkan dengan titik tengah. Grafik diatas juga menunjukkan bahwa mayoritas kendaraan pada titik setelah keluar berada dalam zona kecepatan tinggi akan tetapi dalam kondisi arus lalu lintas yang lebih rendah. Titik tengah menunjukkan bahwa kecepatan kendaraan menurun karena kendaraan mulai menumpuk sehingga terjadi peningkatan volume seiring dengan turunnya kecepatan pada titik tengah. Hal ini juga menunjukkan bahwa performa jalan yang baik terdapat pada titik setelah keluar karena dapat mendistribusikan kendaraan dengan kecepatan tinggi.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kerapatan vs Volume

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara kerapatan vs volume. Pada grafik dilakukan plot data dengan cara memasukan nilai kerapatan hasil survey pada persamaan dibawah untuk mendapatkan nilai volume pada sumbu y.

$$q = \frac{k_j}{u_f} (u_f u - u^2)$$

Nilai kecepatan arus bebas (u_f) ditetapkan dari kecepatan tertinggi dan *jam density* (k_j) dari kerapatan tertinggi dari data pengamatan.

Pada gambar diatas pun terlihat kecenderungan yang sama dengan dua grafik sebelumnya. Titik setelah keluar memiliki nilai kerapatan yang lebih rendah dibandingkan dengan titik tengah. Akan tetapi, kecenderungan grafik pada kedua titik memiliki kesamaan. Hal yang berbeda adalah sebaran data titik tengah lebih bervariasi yang dapat berarti kondisi lalu lintas yang tidak stabil jika dibandingkan dengan sebaran data titik setelah keluar. Grafik juga menunjukkan bahwa titik tengah cenderung lebih rentan terhadap kemacetan karena nilai kerapatan yang tinggi dan sebaran data yang lebih variatif dibandingkan dengan titik setelah keluar.

Setelah analisa itu, dilakukan analisa terhadap karakter lalu lintas yang mengacu pada sumber sekunder penelitian untuk mendapatkan parameter acuan lalu lintas. Parameter acuan ini didapatkan dari perhitungan MKJI untuk kecepatan arus bebas (u_f), kapasitas jalan (C), *v/c ratio*, dan nilai kerapatan macet (*jam density*). Selain MKJI, parameter acuan juga diambil dari sumber lain yaitu pengelola jalan tol antara lain Bina Marga dan Jasa Marga yang mengatur batas kecepatan operasi (kecepatan minimal dan maksimal), parameter tingkat layanan berdasarkan korelasi arus kendaraan dan kapasitas jalan dan *v/c ratio*.

Tabel 1. Parameter Acuan Karakteristik Lalu Lintas

MKJI	Bina Marga dan Jasa Marga
Kecepatan Arus Bebas	Kecepatan Minimal
Jalur normal : 90 km/jam	Jalur normal (Jasa Marga) : 60 km/jam (kecepatan operasi)
Jalur <i>contraflow</i> : 82 km/jam	Kecepatan Maksimal
Kapasitas jalan	Kecepatan rencana minimal (Bina Marga) : 80 - 100 km/jam
Jalur normal : 2400 kend/jam/lajur	Kecepatan maksimal jalur <i>contraflow</i> (Jasa Marga) : 40 km/jam (kecepatan operasi)
Jalur <i>Contraflow</i> : 1700 kend/jam	Kapasitas Jalur <i>Contraflow</i> (Menurut tingkat pelayanan A-C)
V/C ratio	700 - 1275 kend/jam (range perencanaan menurut perhitungan 2/2 UD MKJI)
Ideal dibawah 0.75	V/C ratio
Kerapatan Macet	Ideal dibawah 0.75
170 kend/km	

Tabel dibawah merupakan hasil pengolahan data dari hasil survey lalu lintas pada titik tengah yang menunjukkan kecenderungan pergerakan kendaraan yang diperoleh dari hasil pengolahan data survey. Data ini selanjutnya digunakan sebagai perbandingan dengan data parameter acuan untuk dianalisa lebih lanjut.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Perhitungan Karakteristik Lalu Lintas Titik Tengah

No	Karakteristik Lalu Lintas	Keterangan	Lajur 1	Lajur 2	Lajur 3	Jalur <i>Contraflow</i>
1	Kecepatan					
	u_m	Kecepatan tertinggi	92.13 km/jam	101.39 km/jam	75.51 km/jam	36.37 km/jam
	u_{min}	Kecepatan terendah	59.74 km/jam	65.18 km/jam	48.10 km/jam	33.29 km/jam
	$u_{rata - rata}$	Rerata kecepatan	78.12 km/jam	86.09 km/jam	63.39 km/jam	34.95 km/jam
2	Volume					
	q_m	Volume tertinggi	1868 smp/jam/lajur	1601 smp/jam/lajur	1539 smp/jam/lajur	1337 smp/jam/lajur
	q_{min}	Volume terendah	1624 smp/jam/lajur	1335 smp/jam/lajur	1419 smp/jam/lajur	1252 smp/jam/lajur
	V/C ratio 6/2 D	6 lajur 2 arah terbagi	0.78	0.67	0.64	0.56
	V/C ratio 2/2 UD	2 lajur 2 arah terbagi	-	-	-	0.79
3	Kerapatan					
	k_m	Kerapatan tertinggi	27.18 smp/km	20.60 smp/km	29.49 smp/km	37.61 smp/km
	k_{min}	Kerapatan terendah	19.69 smp/km	15.62 smp/km	20.26 smp/km	36.60 smp/km

Kecepatan pada jalur normal menunjukkan kisaran angka kecepatan 48 – 101 km/jam. Melihat pada tabel 2, kinerja kecepatan rata – rata lajur 1, 2 dan 3 masuk didalam jangkauan batas kecepatan karena berada diatas 60 km/jam. Diantara ketiga lajur, lajur 3 memiliki kinerja rata – rata kecepatan terendah. Hal ini dapat dilihat pada hasil rekaman survey. Hasil rekaman menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan arus kendaraan secara

mayoritas menuju lajur 1 dari lajur 2 dan 3. Keadaan ini membuat arus kendaraan pada lajur 3 menurunkan kecepatan.

Sedangkan untuk jalur *contraflow*, rerata kecepatan pada jalur *contraflow* menunjukkan jangkauan nilai yang stabil antara 33-36 km/jam. Hal ini pun menunjukkan bahwa pergerakan kendaraan pada jalur *contraflow* masih didalam kisaran kecepatan yang wajar melihat batas atas kecepatan izin pada jalur ini adalah 40 km/jam. Kestabilan kecepatan yang dimiliki jalur *contraflow* cocok dengan hasil pengamatan dan mengindikasikan bahwa jalur ini tidak mengalami kemacetan yang menyebabkan berkurangnya efektifitas jalur *contraflow*. Efektifitas dari pemberlakuan jalur *contraflow* dapat dinilai melalui kinerja kapasitas pada penjelasan paragraf selanjutnya.

V/c ratio pada lajur 2 dan lajur 3 memiliki nilai 0.67 dan 0.64 yang menunjukkan bahwa arus lalu lintas pada lajur ini berada pada kondisi kinerja pelayanan yang baik karena masih berada dibawah nilai 0.75. Sedangkan lajur 1 memiliki nilai v/c ratio sebesar 0.78. Nilai ini berada dalam batas kritis dan menunjukkan bahwa bahwa lajur ini bermasalah dengan kapasitas. Akan tetapi, nilai kecepatan pada lajur ini berada dalam kondisi jangkauan batas kecepatan perencanaan. Hubungan antara volume dan kecepatan pada lajur 1 menunjukkan bahwa nilai kapasitas lajur lebih besar dibandingkan hasil perhitungan. Hal ini menunjukkan kesesuaian dengan hasil pengamatan yang menunjukkan bahwa lebar lajur 1 melebihi lebar jalan rencana tertinggi sehingga lajur 1 dapat menampung kendaraan dalam jumlah besar dengan kinerja kecepatan yang tinggi.

Sedangkan jalur *contraflow* menunjukkan arus kendaraan yang berada diantara nilai 1250 – 1340 smp/jam. Volume ini senilai dengan v/c ratio jalan 2/2 UD sebesar 0.79. Nilai v/c ratio 0.79 menunjukkan bahwa jalur *contraflow* berada dalam kondisi hampir jenuh. Akan tetapi, hasil pengamatan menunjukkan pergerakan arus kendaraan yang stabil. Hal ini dapat dilihat dari nilai kecepatan dan volume yang lebih stabil dibandingkan dengan jalur normal. Selain itu, kestabilan nilai karakteristik lalu lintas menunjukkan bahwa jalur ini memiliki kontribusi besar pada kapasitas jalan tol di titik tengah. Kedua hubungan antara v/c ratio dan kestabilan nilai karakteristik lalu lintas menunjukkan bahwa efektifitas pemberlakuan jalur ini masih dalam kinerja yang baik.

Untuk nilai kerapatan, hasil pengolahan data survey menunjukkan kisaran angka kerapatan pada jalur normal menunjukkan pergerakan kendaraan yang tidak stabil karena memiliki jangkauan nilai yang besar. Akan tetapi diantara ketiga lajur, lajur 2 memiliki jangkauan nilai yang paling rendah dan menunjukkan bahwa lajur 2 memiliki nilai jangkauan kerapatan yang paling baik dari jalur normal.

Sedangkan jalur *contraflow* menunjukkan nilai kerapatan antara 37 – 38 smp/km. yang menyatakan bahwa jalur ini berada dalam kondisi arus yang mendekati kapasitas. Hal ini sesuai dengan survey yang menunjukkan bahwa jalur ini padat dan tidak terjadi kondisi macet. Pada akhirnya, keseluruhan nilai kerapatan kendaraan pada titik tengah menunjukkan bahwa kondisi lalu lintas berada dalam kondisi arus yang tinggi akan tetapi masih diluar kondisi macet.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Perhitungan Karakteristik Lalu Lintas Titik Setelah Keluar

No	Karakteristik Lalu Lintas	Keterangan	Lajur Kiri	Lajur Kanan	Jalur <i>Contraflow</i>
1	Kecepatan				
	u_m	Kecepatan tertinggi	69.96 km/jam	93.57 km/jam	59.81 km/jam
	u_{min}	Kecepatan terendah	68.85 km/jam	89.94 km/jam	59.11 km/jam
	$u_{rata - rata}$	Rerata kecepatan	69.32 km/jam	91.26 km/jam	59.39 km/jam
2	Volume				
	q_m	Volume tertinggi	1330 smp/jam/lajur	1408 smp/jam/lajur	1349 smp/jam/lajur
	q_{min}	Volume terendah	1245 smp/jam/lajur	1317 smp/jam/lajur	1332 smp/jam/lajur
	<i>V/C ratio</i> 6/2 D	6 lajur 2 arah terbagi	0.55	0.59	0.56
	<i>V/C ratio</i> 2/2 UD	2 lajur 2 arah terbagi	-	-	0.79
3	Kerapatan				
	k_m	Kerapatan tertinggi	19.18 smp/km	15.64 smp/km	22.81 smp/km
	k_{min}	Kerapatan terendah	17.81 smp/km	14.10 smp/km	22.33 smp/km

Tabel diatas menunjukkan bahwa lalu lintas jalur normal pada titik ini berada dalam kondisi yang baik. Terlihat dari kerapatan kendaraan yang rendah, *v/c ratio* dibawah 0.75, kecepatan yang tinggi pada setiap lajur, kecepatan pada lajur kanan lebih tinggi daripada lajur kiri, dan kecepatan pada jalur *contraflow* cenderung berada diatas 40 km/jam.

Kecepatan jalur normal pada titik ini berada pada kisaran 60 – 94 km/jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa pergerakan kendaraan berada dalam jangkauan batas kecepatan sehingga dapat dikatakan bahwa kinerja kecepatan pada jalur normal adalah baik. Nilai kecepatan yang tinggi dari jalur normal pada titik ini memberikan indikasi bahwa zona keluar dari jalur *contraflow* tidak mengganggu kinerja kecepatan pada jalur normal. Sedangkan pada jalur *contraflow*, terlihat rerata kecepatan stabil pada kisaran 60 km/jam. Kecepatan ini berada diatas batas kecepatan izin jalur *contraflow* yaitu 40 km/jam. Nilai kecepatan kendaraan pada jalur *contraflow* mengindikasikan bahwa tidak terdapat gangguan pada pergerakan kendaraan yang diakibatkan oleh pergerakan kendaraan di jalur normal.

Menurut hasil perhitungan pada tabel 4.24, kinerja arus kendaraan pada titik ini berada pada kisaran 1200 – 1400 kend/jam. Nilai *v/c ratio* pada jalur normal juga menunjukan tingkat layanan yang baik karena berada dibawah nilai 0.75. Selain itu pada tabel 4.24, menurut perhitungan tipe jalan 6/2 D, di titik ini terlihat bahwa arus kendaraan pada jalur *contraflow* relatif lebih tinggi dibandingkan dengan lajur 1 dan hampir memiliki nilai yang sama dengan lajur 2. Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat penggunaan jalur *contraflow* berada dalam titik yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa jalur ini efektif karena dapat mengalirkan arus kendaraan dalam jumlah yang relatif besar.

Hasil pengolahan data untuk nilai kerapatan (k) di titik ini pada lajur normal menunjukan nilai kerapatan berada dalam kondisi arus kendaraan yang lancar dan stabil. Hal ini menunjukkan bahwa lalu lintas pada titik ini berada dalam kondisi lancar. Sedangkan pada jalur *contraflow*, sekalipun nilai kerapatan pada jalur *contraflow* memiliki nilai yang lebih

tinggi dari jalur normal, rentang data menunjukkan bahwa lalu lintas pada jalur *contraflow* juga berada pada kondisi yang stabil.

Tabel 4. Perbandingan Karakter Lalu Lintas Titik Tengah dan Titik Setelah Keluar Jalur *Contraflow*

No	Karakteristik Lalu Lintas	Keterangan	Titik Tengah	Titik Setelah Keluar
1	Kecepatan			
	u_m	Kecepatan tertinggi	76.23 km/jam	74.43 km/jam
	u_{min}	Kecepatan terendah	51.58 km/jam	72.69 km/jam
	$u_{rata - rata}$	Rerata kecepatan	65.64 km/jam	73.33 km/jam
2	Volume			
	q_m	Volume tertinggi	6310 smp/jam/lajur	4077 smp/jam/lajur
	q_{min}	Volume terendah	5638 smp/jam/lajur	3901 smp/jam/lajur
	<i>V/C ratio</i>	Satu Jalur 3 Lajur	0.78 - 0.88	0.57
	<i>V/C ratio</i>	Satu Jalur 3 Lajur + 1 Jalur <i>Contraflow</i>	0.63 - 0.71	-
3	Kerapatan			
	k_m	Kerapatan tertinggi	109.31 smp/km	55.99 smp/km
	k_{min}	Kerapatan terendah	82.33 smp/km	52.41 smp/km

Dari nilai yang telah didapatkan dari masing – masing titik pengamatan pada tabel 4, dapat terlihat bahwa titik tengah memiliki nilai karakteristik lalu lintas yang lebih rendah dibandingkan dengan titik setelah keluar (perbandingan tabel karakteristik lalu lintas kedua titik).Selain itu, kinerja arus kendaraan titik setelah keluar menunjukkan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan kinerja arus kendaraan titik tengah.Hal ini dapat terlihat dari jangkauan data masing – masing karakter lalu lintas dari titik setelah keluar yang lebih stabil dibandingkan dengan titik tengah.

Rentang nilai kecepatan menunjukkan bahwa pergerakan kendaraan pada titik setelah keluar jauh lebih stabil dibandingkan dengan titik tengah. Hal ini menunjukkan bahwa lalu lintas pada titik tengah mengalami masalah sehingga nilai kecepatan kendaraan pada titik tengah cenderung mendekati kecepatan minimal kendaraan pada jalan tol (60 km/jam). Lain hal dengan titik tengah, kecepatan kendaraan pada titik setelah keluar menunjukkan bahwa lalu lintas berada dalam kondisi lancar.Hal ini dapat terlihat dari rentang kecepatan yang stabil dan rerata kecepatan yang tinggi.Nilai volume dan kerapatan juga menunjukkan bahwa pada titik tengah berada dalam kondisi tidak stabil.Hal ini pun dapat terlihat dari tingginya rentang data volume dan kerapatan dari titik tengah dibandingkan dengan titik setelah keluar.

Dari hasil perbandingan terlihat bahwa titik keluar jalur *contraflow* cenderung memiliki kondisi lalu lintas stabil.Tidak terlihat bahwa titik setelah keluar mengalami gangguan lalu lintas akibat pemberlakuan jalur *contraflow*.Hal ini menunjukkan bahwa tidak perlu adanya kekhawatiran dari pengelola jalan tol untuk mengkhawatirkan terganggunya lalu lintas disekitar lokasi keluar jalur *contraflow*.

Pada analisa volume, dapat terlihat efek dari pemberlakuan jalur *contraflow*. Pada titik setelah keluar, tidak terlihat adanya masalah kapasitas jalan yang dapat terlihat dari nilai *v/c ratio* dibawah 0.75 yang menunjukkan bahwa lalu lintas berada dalam kondisi pelayanan yang baik. Sedangkan pada titik tengah, dapat terjadi dua kondisi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, dapat diambil kesimpulan yang berkaitan dengan tujuan penelitian sebagai berikut :

Perbandingan grafik hubungan karakter lalu lintas antara dua titik dengan menggunakan *Teori Greenshields* menunjukkan bahwa pada setiap hubungan karakter lalu lintas di titik tengah terjadi variasi yang lebih banyak pada sebaran data dan pada titik setelah keluar terjadi sebaran data yang relatif lebih stabil.

Perbandingan grafik menunjukkan bahwa kinerja lalu lintas pada titik setelah keluar lebih baik karena pada grafik hubungan kerapatan vs kecepatan dan kerapatan vs volume memiliki nilai kerapatan yang cenderung lebih rendah dan stabil dibandingkan dengan nilai kerapatan titik tengah

Perbandingan grafik menunjukkan bahwa kinerja lalu lintas pada titik setelah keluar lebih baik karena pada grafik hubungan volume vs kecepatan memiliki sebaran data yang stabil mendekati kondisi arus bebas.

Berdasarkan hasil analisa kinerja lalu lintas per titik, karakter lalu lintas kendaraan jalur normal pada titik tengah berada pada kondisi tidak stabil karena memiliki rentang data yang besar.

Berdasarkan hasil analisa kinerja lalu lintas per titik, nilai jangkauan karakter lalu lintas kendaraan pada jalur *contraflow* titik tengah berada pada kondisi pada batas stabil dengan nilai kerapatan tinggi (37 - 38 smp/km/lajur) dan kecepatan rendah (33 – 36 km/jam).

Berdasarkan hasil analisa kinerja lalu lintas per titik, karakter lalu lintas kendaraan pada titik setelah keluar berada pada kondisi stabil mendekati arus bebas dengan nilai kecepatan berada pada rentang batas kecepatan, *v/c ratio* dibawah 0.75, dan nilai kerapatan dibawah 20 smp/km/lajur.

Berdasarkan hasil analisa kinerja lalu lintas per titik, nilai jangkauan karakter lalu lintas kendaraan pada jalur *contraflow* titik setelah keluar berada pada kondisi stabil dengan nilai kerapatan 22 - 23 smp/km/lajur dan kecepatan tinggi 59 – 60 km/jam.

Berdasarkan hasil perbandingan karakter lalu lintas antara titik tengah dan titik setelah keluar jalur *contraflow*, nilai karakteristik lalu lintas pada titik setelah keluar lebih stabil dan lebih baik dalam pelayanan kapasitas (*v/c ratio* dibawah 0.6) dibandingkan dengan nilai karakteristik lalu lintas titik tengah karena tidak stabil dan pelayanan kapasitas yang lebih buruk dibandingkan titik setelah keluar (*v/c ratio* diatas 0.6).

Berdasarkan hasil perbandingan *v/c ratio* pada titik tengah antara asumsi kondisi jalan tanpa tambahan kapasitas dengan tambahan kapasitas melalui *contraflow* dan terbukti bahwa pemberlakuan jalur *contraflow* memberikan efek pada kapasitas jalan dengan mengurangi nilai *v/c ratio* sebesar 0.15 – 0.17.

Berdasarkan hasil perbandingan *v/c ratio* pada titik tengah antara asumsi kondisi jalan tanpa tambahan kapasitas dengan tambahan kapasitas melalui *contraflow*, pemberlakuan

jalur *contraflow* merupakan solusi yang memberikan efek yang baik pada kinerja lalu lintas Jalan Tol Lingkar Dalam Kota Ruas Cawang – Semanggi.

Penelitian ini memiliki beberapa kekurangan sehingga dibutuhkan peningkatan pada beberapa hal untuk meningkatkan akurasi data. Hal tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

Melakukan pengamatan dari titik yang memiliki sudut pandang luas dan tidak terganggu oleh benda asing.

Menggunakan kamera dengan pixel lebih tinggi.

Melakukan pengamatan lebih lama untuk setiap titik sehingga data lebih banyak sehingga akurasi semakin tinggi

Menggunakan titik pengamatan yang lebih banyak sehingga terlihat distribusi data yang lebih baik.

DAFTAR REFERENSI

Direktorat Bina Jalan Kota.1997.*Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.

Direktorat Bina Sistem Transportasi Perkotaan. 2009.*Pedoman Teknis Panduan Penempatan Fasilitas Perlengkapan Jalan*.Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. *Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.

Mathew, Tom V. dan K. V. Krishna Rao. 2006. *Traffic Stream Models : Introduction to Transportation Engineering*. Bombay: NPTEL.

May, Adolf D. 1990.*Traffic Flow Fundamentals*. New Jersey: Printice Hall, Inc.

Menteri Perhubungan. 2006. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: Km 14 Tahun 2006 Tentang Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas Di Jalan*. Jakarta: Kementrian Perhubungan.

NCHRP. 2004. *Convertible Roadways and Lanes*. WASHINGTON, D.C.: Transportation Research Board.

Wohl, Martin dan Brian V. Martin. 1967. *Traffic System Analysis : For Engineers and Planners*. New York: McGraw-Hill, Inc.