

ANALISA PERBANDINGAN PANJANG ANTRIAN MENGGUNAKAN TEORI ANTRIAN DAN ANALISA GELOMBANG KEJUT DI LOKET KELUAR KENDARAAN KAWASAN MEGAMAS MANADO

Fanto Pardomuan Pane,

Semuel Y. R. Rompis, James A Timboeleng

Program Studi S2 Teknik Sipil Pasca Sarjana Universitas Sam Ratulangi Manado

e-mail : fanto.pane@yahoo.co.id

ABSTRACT

In the science of traffic engineering, there are many methods of measuring queues and delays. Some of these methods are queuing theory and shockwave analysis. From these two methods will be compared the most ideal characteristics to analyze the queue and delay. The Methods in this research used primary data collected from Megamas Area through by manual survey method to analyze shockwave and queuing theory. The results obtained the following conclusions: (1) The shockwave analysis at the exit gateway counter are formed by Greenshields's basic chart and present the queue length, total duration of the counter opening for the last vehicle entering the queue, and total duration from opening of the counter to the normal condition will increase linearly with increasing incidence duration, while the delay will increase exponentially. (2) In queue theory analysis, existing counters are still capable for serving the vehicles, this is obtained from the average value $\rho < 1$ (eligible) only at certain periods that have value $\rho > 1$. Based on analysis, the service level on all counters are strongly influenced by the speed and accuracy of service door operators, readiness of reserve money for returns, readiness of drivers who will be out of the area, such as preparing money to pay retribution and admission ticket. (3) The queue theory analysis is easier to use to analyze the queue at the counter than the shock wave analysis. Shockwave analysis is more macro when using traffic parameters such as volume, speed of density and capacity of the road wherein the change of traffic flow due to the obstacle becomes a reference to analyze the shock waves. In the case of the exit gateway of the vehicle counter Megamas, the length of the road for queuing is very limited, and if the number of vehicle queue is too long until the intersection between segment A and segment B then speed in both segments will be affected due to queue. Eventually, queuing theory in analyzing the queue at vehicle counter in Megamas area is more effective and efficient to use.

Keywords : *shockwave, queue theory, queue length*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tundaan dan antrian di pintu loket keluar sering terjadi pada saat lalulintas sibuk seperti pada pagi hari dan sore hari. Antrian juga terjadi pada periode tertentu dimana arus yang masuk tidak bisa dilayani dengan baik oleh loket-loket kendaraan yang ada. Antrian juga terjadi apabila arus yang masuk pada loket lebih besar dari kapasitasnya. Maka dengan menggunakan teori antrian dan analisa gelombang kejut (*shockwave*), akan dibandingkan karakteristik yang paling ideal untuk menganalisa antrian dan tundaan.

Penerapan metode yang ideal untuk menganalisa antrian dapat mengoptimalkan sistem pelayanan pada loket antrian sehingga

kerugian yang timbul bisa dihindari atau diminimalisasi.

Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan masalah dalam pencapaian tujuan maka ditentukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Karakteristik teori antrian dan gelombang kejut yang dibahas hanyalah pada pintu loket keluar utama Kawasan Megamas Manado.
2. Penelitian ini hanya dilakukan pada jam sibuk dimana biasanya terjadi antrian kendaraan di pintu loket keluar yang lebih banyak.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk

memberikan:

1. Pemilihan model lalu lintas yang sesuai untuk ruas-ruas jalan yang dilalui kendaraan menuju loket keluar untuk digunakan dalam analisa gelombang kejut.
2. Penggunaan metode yang lebih mudah dan efisien sesuai kebutuhan untuk menganalisa antrian pada loket keluar kendaraan.
3. Perbandingan mengenai dua metode yaitu teori antrian dan analisa gelombang kejut, sehingga di peroleh karakteristik yang paling sesuai dari kedua metode tersebut untuk menganalisa panjang antrian di pintu loket keluar Kawasan Megamas Manado.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diambil dari penelitian ini adalah :

1. Dapat memberikan analisa yang paling ideal dari dua metode yang digunakan dalam penelitian ini, sehingga diperoleh metode yang memiliki karakteristik paling sesuai untuk menganalisa panjang antrian di suatu pintu loket keluar.
2. Dapat memberikan kontribusi dalam perkembangan ilmu teknik sipil khususnya di bidang transportasi dan bisa menjadi salah satu bahan untuk mencari solusi pemecahan panjang antrian di pintu loket keluar Kawasan Megamass Manado.

LANDASAN TEORI

Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Hubungan matematis antara kecepatan, volume, dan kepadatan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$V = D \cdot S \dots\dots\dots (1)$$

Memperlihatkan bentuk umum hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan (S-D), Volume-Kepadatan (V-D), dan Arus-Kecepatan (V-S)

Model Greenshields

Greenshields merumuskan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan diasumsikan linear (Ofyar Tamin, 2000), seperti yang dinyatakan dalam persamaan (2).

$$S = sff - \frac{sff}{D_j} \cdot D \dots\dots\dots (2)$$

Model Greenberg

Greenberg mengasumsikan bahwa

hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi logaritmik (Ofyar Tamin, 2000).

$$D = C \cdot e^{bs} \dots\dots\dots (3)$$

Model Underwood

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial (Ofyar Tamin, 2000). Persamaan dasar model Underwood dapat dinyatakan melalui persamaan (4).

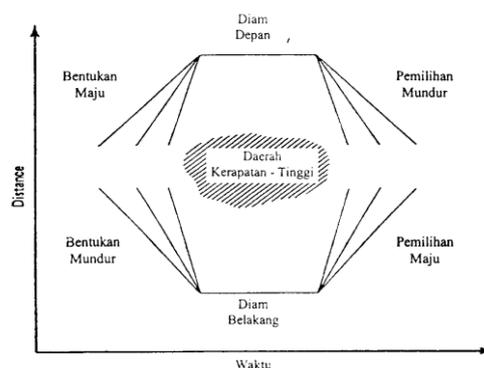
$$S = Sff \cdot e^{-\frac{D}{D_M}} \dots\dots\dots (4)$$

Gelombang Kejut (Shockewave)

Gelombang kejut dapat digambarkan sebagai gerakan pada arus lalu lintas akibat adanya perubahan nilai kepadatan dan arus lalu lintas. Apabila arus dan kepadatan relatif tinggi, titik pada saat kendaraan harus mengurangi kecepatannya ditandai dengan nyala lampu rem, dan titik tersebut akan bergerak ke arah datangnya lalu lintas. Gerakan lampu rem menyala relatif terhadap jalan sebenarnya merupakan gerakan gelombang kejut.

$$\omega_{AB} = \frac{(V_A - V_B)}{(D_A - D_B)} = \frac{\Delta V}{\Delta D} \dots\dots\dots (5)$$

$$D = \frac{V}{S} \dots\dots\dots (6)$$



Gambar 1. Klasifikasi Gelombang Kejut
Sumber: Ofyar Tamin, 2000

Teori Antrian

(1)

Teori antrian (*queueing*) sangat perlu dipelajari dalam usaha mengenal perilaku pergerakan arus lalu lintas baik manusia maupun

kendaraan. antrian kendaraan yang terlalu panjang akan dapat menyebabkan tambahan permasalahan baru berupa terganggunya sistem pergerakan arus lalu lintas lainnya akibat terhambat oleh antrian yang terlalu panjang tersebut

Untuk dapat menjelaskan proses antrian dengan baik, diperlukan penjelasan mengenai 3 (tiga) komponen utama dalam teori antrian yang harus benar-benar diketahui dan dipahami, yaitu:

- a) tingkat kedatangan (λ)
- b) tingkat pelayanan (μ),
- c) disiplin antrian

Tingkat kedatangan (λ)

Tingkat kedatangan yang dinyatakan dengan notasi λ adalah jumlah kendaraan atau manusia yang bergerak menuju satu atau beberapa tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit.

Tingkat pelayanan (μ)

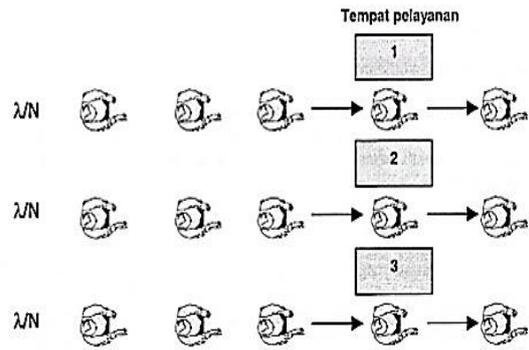
Tingkat pelayanan yang dinyatakan dalam notasi μ adalah jumlah kendaraan atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satu kendaraan/jam atau orang/menit.

Disiplin Antrian

Disiplin antrian mempunyai pengertian tentang bagaimana tata cara kendaraan atau manusia mengantri.

First In First Out (FIFO) atau *First Come First Served* (FCFS) merupakan disiplin antrian yang digunakan dalam penelitian ini. Gambar 2 memperlihatkan ilustrasi bagaimana tata cara disiplin antrian FIFO.

Disiplin antrian FIFO sangat sering digunakan di bidang transportasi di mana orang dan/atau kendaraan yang pertama tiba pada suatu tempat pelayanan akan dilayani pertama. Sebagai contoh disiplin FIFO adalah: antrian kendaraan yang terbentuk di depan pintu gerbang tol, atau antrian manusia pada loket pembayaran listrik atau telepon, loket pelayanan bank, dan banyak contoh-contoh lainnya.



Gambar 2. Disiplin Antrian FIFO
Sumber: Ofyar Tamin, 2000

Parameter antrian

Terdapat 4 (empat parameter) utama yang selalu digunakan dalam menganalisis antrian, yaitu : $\bar{n}, \bar{q}, \bar{d}$,dan \bar{w} . Definisi dari setiap parameter tersebut adalah :

- \bar{n} = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang per satuan waktu)
- \bar{q} = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang per satuan waktu)
- \bar{d} = waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)
- \bar{w} = waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

Persamaan (7) – (10) berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung $\bar{n}, \bar{q}, \bar{d}$,dan \bar{w} untuk antrian FIFO.

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{(\mu-\lambda)} = \frac{\rho}{(1-\rho)} \dots\dots\dots (7)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} = \frac{\rho^2}{(1-\rho)} \dots\dots\dots (8)$$

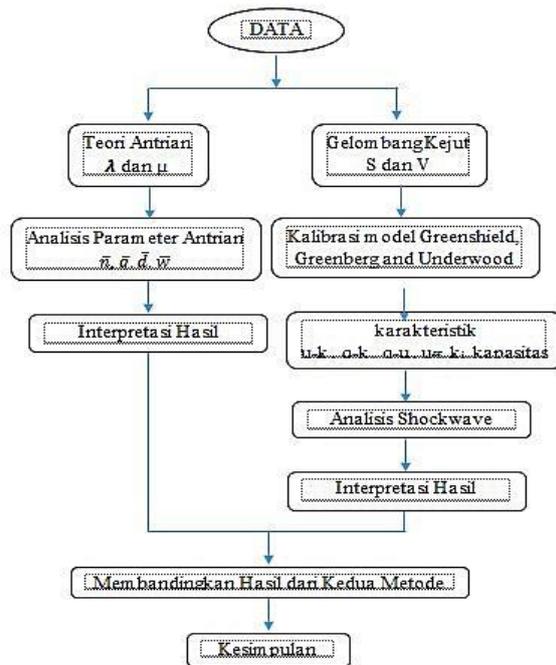
$$\bar{d} = \frac{1}{(\mu-\lambda)} \dots\dots\dots (9)$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \dots\dots\dots (10)$$

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini dibuat diagram alir penelitian yang dapat menggambarkan proses penelitian, dimulai dari proses pengambilan data dan pengolahan yang akan dilakukan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Data dan Metode Pengumpulan Data

Data dan sumber data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah :

Data primer

Data primer yaitu data yang langsung diperoleh dari tempat penelitian. Dalam penelitian ini data primer terdiri dari :

1) Analisa Teori Antrian

- Tingkat kedatangan (λ) dinyatakan dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam)
Data ini diperoleh dengan menghitung jumlah kendaraan yang datang menuju setiap loket antrian yang ada dalam periode waktu tertentu dalam hal ini setiap 15 menit.
- Waktu Pelayanan (WP) dinyatakan dalam satuan menit/kendaraan (menit/kend)
Data ini diperoleh dengan menghitung waktu pelayanan setiap kendaraan pada loket mulai dari kendaraan tersebut dilayani oleh petugas loket sampai kendaraan keluar dari portal.
- Jumlah loket pelayanan (N).
Data ini diperoleh dengan mengetahui berapa banyak loket yang beroperasi dalam hal ini terdapat 6 loket kendaraan namun 1 loket tidak beroperasi. Loket kendaraan yang beroperasi terdiri dari 2 loket kendaraan motor dan 3 loket kendaraan mobil.

2) Analisa Gelombang Kejut (*Shockwave*)

- $V =$ Volume (smp/jam)
Data ini diperoleh dengan melakukan survei lalu lintas yaitu menghitung jumlah kendaraan yang lewat pada ruas jalan yang dilalui kendaraan menuju loket keluar, pada periode 15 menit. Ruas jalan yang dilalui kendaraan menuju loket keluar, dimana terdapat dua ruas yaitu ruas A dan ruas B.
- $S =$ Kecepatan (km/jam)
Data ini diperoleh dengan menghitung kecepatan setiap kendaraan yang lewat ruas jalan menuju loket keluar pada periode 15 menit, dimana jarak 50 meter di tentukan di masing-masing ruas.

Metode pengumpulan data untuk penelitian ini adalah: Observasi, yaitu pengamatan yang dilakukan langsung di pintu keluar Megamall untuk melihat antrian serta pengumpulan data.

Metode Pengambilan Sampel

Untuk metode pengambilan data dilakukan dengan survey lapangan yaitu pengambilan data primer pada lokasi loket keluar Megamall.

HASIL DAN PEMBAHASAN

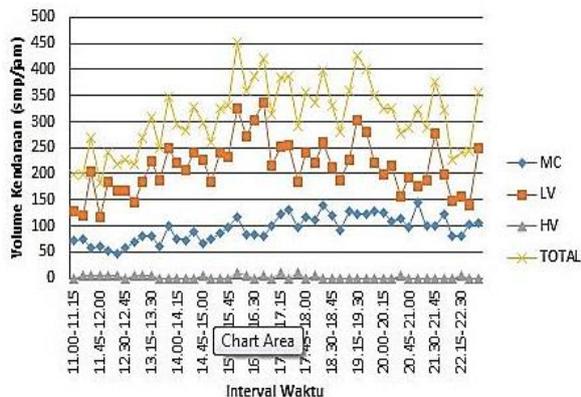
Perhitungan Volume lalu lintas

Saat survey di lapangan, jenis kendaraan dibagi berdasarkan tiga jenis yaitu sepeda motor (*motorcycle*), kendaraan ringan (*light vehicle*), dan kendaraan berat (*heavy vehicle*). Survey dilakukan dari setiap arah menuju pintu loket keluar Megamas Manado. Dimana dalam hal ini terdapat dua ruas A dan B menuju arah loket pintu keluar. Setelah survey dilakukan, diperoleh jumlah dari jenis kendaraan masing-masing setiap 15 menit, kemudian jumlah tadi dikalikan dengan nilai ekivalensi mobil penumpang. Adapun perbandingan nilai ekivalensi mobil penumpang kendaraan. Ekivalensi mobil penumpang (emp) masing-masing kendaraan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 adalah sebagai berikut:

1. Kendaraan Berat (HV) = 1.3
2. Kendaraan Ringan (LH) = 1.0
3. Sepeda Motor (MC) = 0.4

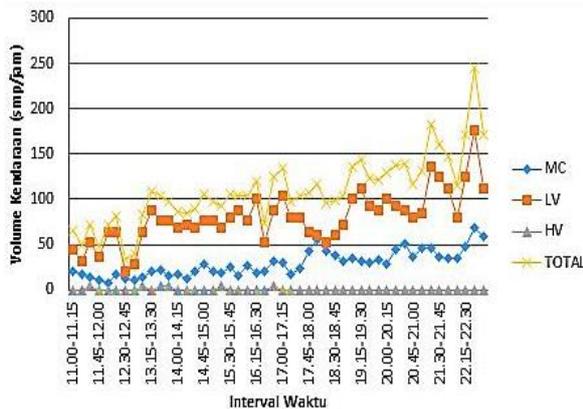
Survey dilakukan selama 4 hari yaitu pada hari rabu, jumat, minggu, dan senin. Berikut ini adalah gambar lokasi penelitian dan hasil

perhitungan volume kendaraan pada ruas A hari Rabu, 30 Agustus 2017.



Gambar 4. Grafik Volume Ruas A, Rabu 30 Agustus 2017

Sumber: Data Hasil Penelitian.



Gambar 5. Grafik Volume Ruas B, Rabu 30 Agustus 2017

Sumber: Data Hasil Penelitian.

Tabel 1. Volume Maksimum dan Minimum Kendaraan Pada Ruas A dan Ruas B.

Hari/tanggal	Ruas A		Ruas B	
	Maks	Min	Maks	Min
Rabu, 30 Agustus 2017	(15.45-16.00) 452,8 smp/jam	(11.45-12.00) 182 smp/jam	(22.30-22.45) 244,8 smp/jam	(12.30-12.45) 32,8 smp/jam
Jumat, 1 September 2017	(20.15-20.30) 466,4 smp/jam	(11.30-11.45) 71,2 smp/jam	(22.00-22.15) 288,8 smp/jam	(11.30-11.45) 48 smp/jam
Minggu, 3 September 2017	(20.30-20.45) 392,8 smp/jam	(11.15-11.30) 90,4 smp/jam	(22.00-22.15) 264,8 smp/jam	(11.30-11.45) 30,4 smp/jam
Senin, 4 September 2017	(17.45-18.00) 484 smp/jam	(17.30-17.45) 180,8 smp/jam	(22.00-22.15) 254,4 smp/jam	(11.30-11.45) 31,2 smp/jam

Sumber: Data Hasil Penelitian.

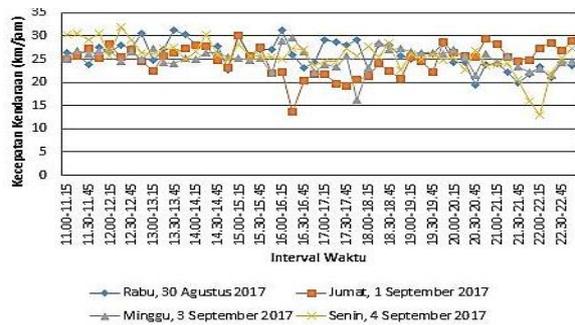
Volume lalu lintas pada ruas A cenderung lebih besar dari volume lalu lintas pada ruas B bias di lihat dari tabel volume maksimum dan minimum pada kedua ruas. Bisa di lihat dari

tabel 1 dimana volume maksimum dan minimum pada ruas A terjadi di interval waktu yang berbeda sedangkan pada ruas B volume maksimum dan minimumnya relatif pada interval waktu yang hampir sama.

Perhitungan Kecepatan Kendaraan

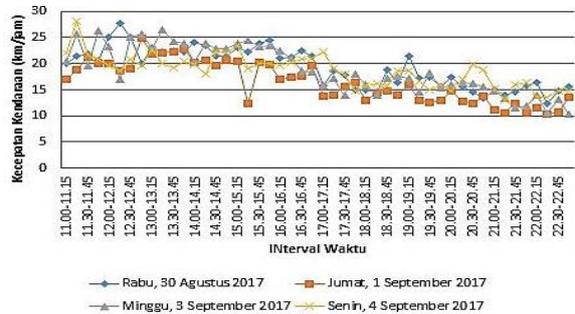
Variable kecepatan yang digunakan untuk menganalisa hubungan kecepatan, volume dan kepadatan adalah kecepatan rata-rata. Kecepatan rata-rata dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$Ss = \frac{d.n}{\sum ti} \dots\dots\dots (11)$$



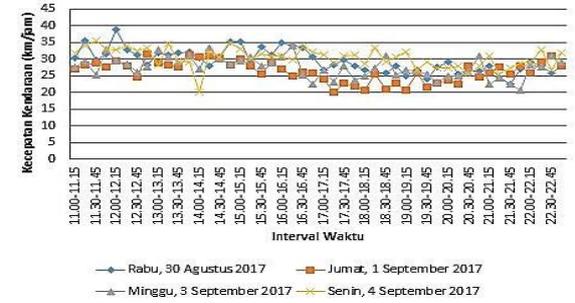
Gambar 6. Grafik Kecepatan Kendaraan Ringan (LV) Ruas A

Sumber: Data Hasil Penelitian.



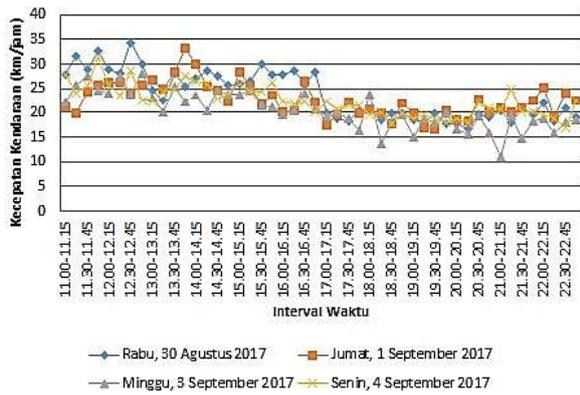
Gambar 7. Grafik Kecepatan Kendaraan Ringan (LV) Ruas B

Sumber: Data Hasil Penelitian.



Gambar 8. Grafik Kecepatan Kendaraan Motor (MC) Ruas A

Sumber: Data Hasil Penelitian.



Gambar 9. Grafik Kecepatan Kendaraan Motor (MC) Ruas B

Sumber: Data Hasil Penelitian.

Kecepatan kendaraan ringan (LV) dan kendaraan motor (MC) pada ruas A cenderung lebih besar dari pada kecepatan di ruas B, pada tabel 2 dan 3 dapat di lihat rangkuman nilai maksimum dan minimum di periode waktu tertentu pada masing-masing ruas selama 4 hari penelitian.

Tabel 2. Kecepatan Maksimum dan Minimum Kendaraan Ringan (LV) pada Ruas A dan Ruas B.

Hari/tanggal	Ruas A		Ruas B	
	Maks	Min	Maks	Min
Rabu, 30 Agustus 2017	(13.30-13.45) 31,26 km/jam	(20.30-20.45) 19,51 km/jam	(12.15-12.30) 27,7 km/jam	(22.15-22.30) 12,41 km/jam
Jumat, 1 September 2017	(15.00-15.15) 30,12 km/jam	(16.15-16.30) 13,63 km/jam	(12.45-13.00) 24,86 km/jam	(22.15-22.30) 10,43 km/jam
Minggu, 3 September 2017	(16.15-16.30) 29,73 km/jam	(17.45-18.00) 16,12 km/jam	(13.15-13.30) 26,53 km/jam	(22.45-23.00) 10,34 km/jam
Senin, 4 September 2017	(12.15-12.30) 31,84 km/jam	(22.00-22.15) 12,87 km/jam	(11.15-11.30) 28,09 km/jam	(21.15-21.30) 12,91 km/jam

Sumber: Data Hasil Penelitian.

Tabel 3. Kecepatan Maksimum dan Minimum Kendaraan Motor (MC) Pada Ruas A dan Ruas B.

Hari/tanggal	Ruas A		Ruas B	
	Maks	Min	Maks	Min
Rabu, 30 Agustus 2017	(12.00-12.15) 38,81 km/jam	(21.30-21.45) 22,56 km/jam	(12.30-12.45) 34,45 km/jam	(20.15-20.30) 16,55 km/jam
Jumat, 1 September 2017	(12.45-13.00) 31,72 km/jam	(17.15-17.30) 20,10 km/jam	(13.45-14.00) 33,13 km/jam	(19.30-19.45) 16,59 km/jam
Minggu, 3 September 2017	(16.15-16.30) 34,05 km/jam	(21.45-22.00) 20,58 km/jam	(12.45-13.00) 28,29 km/jam	(21.00-21.15) 10,92 km/jam
Senin, 4 September 2017	(11.30-11.45) 35,48 smp/jam	(14.00-14.15) 19,91 km/jam	(11.45-12.00) 31,24 km/jam	(22.30-22.45) 16,89 km/jam

Sumber: Data Hasil Penelitian

Dari tabel 1 dan 2 kecepatan maksimum sering terjadi pada waktu pagi dan siang hari sedangkan kecepatan minimum sering terjadi pada waktu malam hari.

Analisis Hubungan antara Volume, Kecepatan, dan Kepadatan

Gabungan Ruas A & Ruas B Arah Locket Pintu Keluar Megamas Manado

Tabel 4 Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Kendaraan Ringan (LV) dan Kendaraan Berat (HV) Model Greenshields Pada Gabungan Ruas A dan Ruas B.

Hari /Tanggal	Kecepatan-Kepadatan	Volume-Kepadatan	Volume-Kecepatan
Rabu, 30 Agustus 2017	$S = 32,176 - 0,536D$	$V = 32,176D - 0,536D^2$	$V = 60,095S - 1,867S^2$
Jumat, 1 September 2017	$S = 30,032 - 0,434D$	$V = 30,032D - 0,434D^2$	$V = 69,164S - 2,302S^2$
Minggu, 3 September 2017	$S = 28,590 - 0,320D$	$V = 28,590D - 0,320D^2$	$V = 89,251S - 3,122S^2$
Senin, 4 September 2017	$S = 34,875 - 0,806D$	$V = 34,875D - 0,806D^2$	$V = 43,266S - 1,241S^2$

Sumber: Data Hasil Penelitian.

Tabel 5 Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Kendaraan Ringan (LV) dan Kendaraan Berat (HV) Model Greenberg Pada Gabungan Ruas A dan Ruas B.

Hari /Tanggal	Kecepatan-Kepadatan	Volume-Kepadatan	Volume-Kecepatan
Rabu, 30 Agustus 2017	$S = 39,074 - 5,423LnD$	$V = 39,074D - 5,423DLnD$	$V = 1356,551S - 0,1847S^2$
Jumat, 1 September 2017	$S = 33,430 - 3,603LnD$	$V = 33,430D - 3,603DLnD$	$V = 10705,245S - 0,2775S^2$
Minggu, 3 September 2017	$S = 30,872 - 2,475LnD$	$V = 30,872D - 2,475DLnD$	$V = 261337,428S - 0,4040S^2$
Senin, 4 September 2017	$S = 46,275 - 8,611LnD$	$V = 46,275D - 8,611DLnD$	$V = 215,709S - 0,1161S^2$

Sumber: Data Hasil Penelitian.

Tabel 6 Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Kendaraan Ringan (LV) dan Kendaraan Berat (HV) Model Underwood Pada Gabungan Ruas A dan Ruas B.

Hari /Tanggal	Kecepatan-Kepadatan	Volume-Kepadatan	Volume-Kecepatan
Rabu, 30 Agustus 2017	$S = 33,040 - 0,021D$	$V = 33,040D - 0,021D^2$	$V = 164,142S - 46,928SLnS$
Jumat, 1 September 2017	$S = 31,169 - 0,020D$	$V = 31,169D - 0,020D^2$	$V = 174,224S - 50,653SLnS$
Minggu, 3 September 2017	$S = 29,148 - 0,014D$	$V = 29,148D - 0,014D^2$	$V = 238,323S - 70,669SLnS$
Senin, 4 September 2017	$S = 38,468 - 0,036D$	$V = 38,468D - 0,036D^2$	$V = 100,453S - 27,523SLnS$

Sumber: Data Hasil Penelitian.

Tabel 7 Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Kendaraan Motor (MC) Model Greenshields Pada Gabungan Ruas A dan Ruas B.

Hari / Tanggal	Kecepatan-Kepadatan	Volume-Kepadatan	Volume-Kecepatan
Rabu, 30 Agustus 2017	$S = 37,477 - 1,831D$	$V = 37,477D - 1,831D^2$	$V = 20,468S - 0,546S^2$
Jumat, 1 September 2017	$S = 31,365 - 1,070D$	$V = 31,365D - 1,070D^2$	$V = 29,323S - 0,935S^2$
Minggu, 3 September 2017	$S = 32,106 - 0,966D$	$V = 32,106D - 0,966D^2$	$V = 33,227S - 1,035S^2$
Senin, 4 September 2017	$S = 35,555 - 1,154D$	$V = 35,555D - 1,154D^2$	$V = 30,806S - 0,866S^2$

Sumber: Data Hasil Penelitian.

Tabel 8 Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Kendaraan Motor (MC) Model Greenberg Pada Gabungan Ruas A dan Ruas B.

Hari / Tanggal	Kecepatan-Kepadatan	Volume-Kepadatan	Volume-Kecepatan
Rabu, 30 Agustus 2017	$S = 39,913 - 7,435LnD$	$V = 39,913D - 7,435DLnD$	$V = 214,479S \cdot e^{-0,1248S}$
Jumat, 1 September 2017	$S = 31,824 - 3,855LnD$	$V = 31,824D - 3,855DLnD$	$V = 3847,738S \cdot e^{-0,2564S}$
Minggu, 3 September 2017	$S = 32,529 - 3,475LnD$	$V = 32,529D - 3,475DLnD$	$V = 11625,266S \cdot e^{-0,2878S}$
Senin, 4 September 2017	$S = 37,245 - 4,763LnD$	$V = 37,245D - 4,763DLnD$	$V = 2488,88S \cdot e^{-0,2100S}$

Sumber: Data Hasil Penelitian.

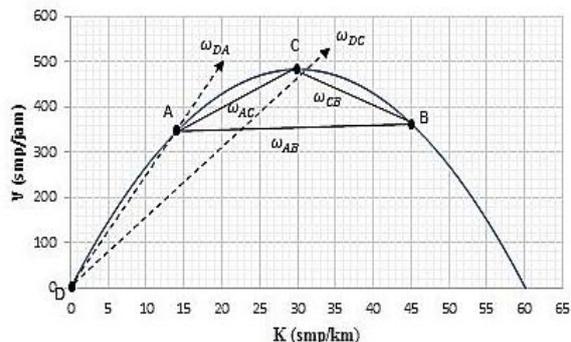
Tabel 9 Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Kendaraan Motor (MC) Model Underwood Pada Gabungan Ruas A dan Ruas B.

Hari / Tanggal	Kecepatan-Kepadatan	Volume-Kepadatan	Volume-Kecepatan
Rabu, 30 Agustus 2017	$S = 38,384 \cdot e^{-0,0622D}$	$V = 38,384D \cdot e^{-0,0622D}$	$V = 58,855S - 16,135SLnS$
Jumat, 1 September 2017	$S = 31,814 \cdot e^{-0,0422D}$	$V = 31,814D \cdot e^{-0,0422D}$	$V = 82,8934S - 23,958SLnS$
Minggu, 3 September 2017	$S = 32,436 \cdot e^{-0,0366D}$	$V = 32,436D \cdot e^{-0,0366D}$	$V = 96,534S - 27,746SLnS$
Senin, 4 September 2017	$S = 36,004 \cdot e^{-0,0392D}$	$V = 36,004D \cdot e^{-0,0392D}$	$V = 91,857S - 25,633SLnS$

Sumber: Data Hasil Penelitian.

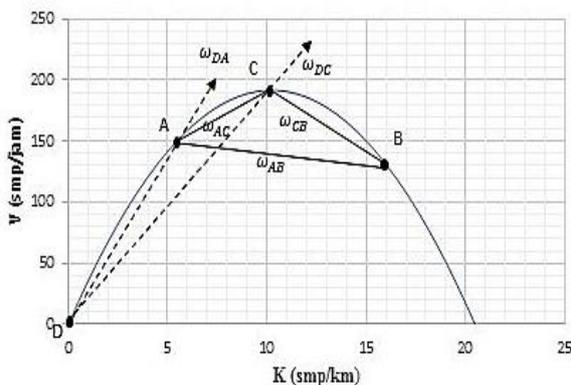
Pembahasan Analisa Gelombang Kejut (Shockwave) Gabungan Ruas A dan Ruas B.

Analisa gelombang kejut pada gabungan ruas A dan ruas B dianalisa berdasarkan skenario dari gabungan antara ruas A dan ruas B dimana nilai-nilai yang digunakan pada skenario yang dibuat meliputi nilai volume kendaraan yang diasumsikan (VA), nilai kapasitas (VC), nilai kapasitas tiap loket (VB), dan durasi insiden atau lamanya penutupan loket.



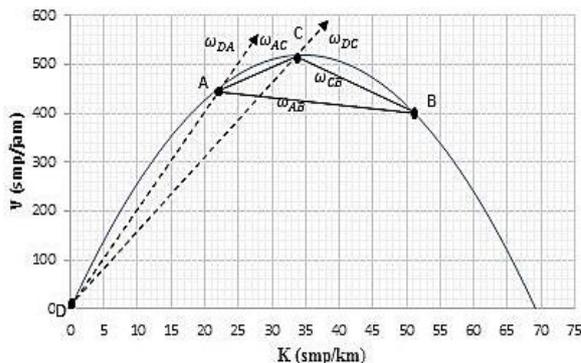
Gambar 10 Grafik Shockwave Kendaraan Ringan (LV) dan Kendaraan Berat (HV) Gabungan Ruas A dan Ruas B Pada Locket 4, Locket 5, dan Locket 6 hari Rabu, 30 Agustus 2017.

Sumber: Data Hasil Penelitian.



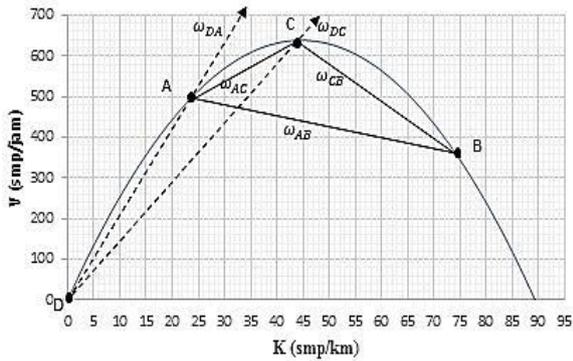
Gambar 11 Grafik Shockwave Kendaraan Motor (MC) Gabungan Ruas A dan Ruas B Pada Locket 1 hari Rabu, 30 Agustus 2017.

Sumber: Data Hasil Penelitian.

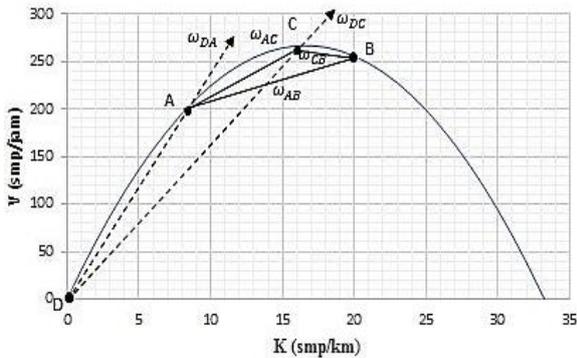


Gambar 12 Grafik Shockwave Kendaraan Ringan (LV) dan Kendaraan Berat (HV) Gabungan Ruas A dan Ruas B Pada Locket 4, Locket 5 dan Locket 6 hari Jumat, 1 Agustus 2017.

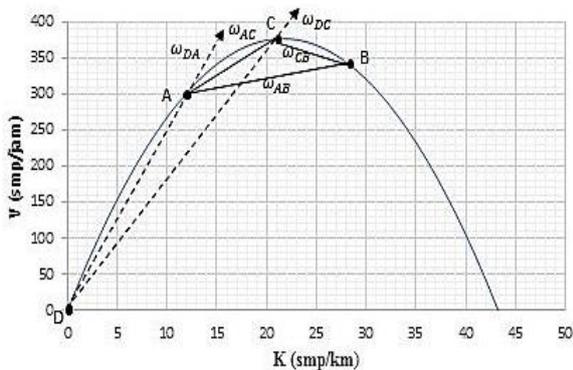
Sumber: Data Hasil Penelitian.



Gambar 13 Grafik Shockwave Kendaraan Ringan (LV) dan Kendaraan Berat (HV) Gabungan Ruas A dan Ruas B Pada Locket 4, Locket 5 dan Locket 6 hari 3 September 2017. Sumber: Data Hasil Penelitian.



Gambar 14 Grafik Shockwave Kendaraan Motor (MC) Gabungan Ruas A dan Ruas B Pada Locket 2 Hari Minggu, 3 September 2017. Sumber: Data Hasil Penelitian.



Gambar 15 Grafik Shockwave Kendaraan Ringan (LV) dan Kendaraan Berat (HV) Gabungan Ruas A dan Ruas B Pada Locket 4, Locket 5 dan Locket 6 Hari Senin, 4 September 2017. Sumber: Data Hasil Penelitian.

Dari hasil pengolahan analisa gelombang kejut, dirangkum nilai-nilai parameter dari analisa gelombang kejut pada masing-masing ruas selama 4 hari penelitian Dimana nilai dari masing-masing parameter bertambah setiap penambahan 5 menit durasi loket. pada tabel 10 kendaraan ringan (LV) dan kendaraan berat (HV) dan tabel 11 kendaraan motor (MC), terdapat nilai yang kosong dimana menandakan bahwa kapasitas kendaraan pada ruas tersebut memiliki nilai lebih kecil dibanding kapasitas kendaraan yang bisa dilayani oleh loket, dengan demikian dinilai tidak terdapat hambatan yang terjadi di area loket.

Tabel 10 Interpretasi Hasil Analisa Gelombang Kejut (Shockwave) Kendaraan Ringan (LV) dan Kendaraan Berat (HV).

Ruas	Hari /Tanggal	t3-t2			Qm			t4-t2		
		Loket 4	Loket 4&5	Loket 4,5&6	Loket 4	Loket 4&5	Loket 4,5&6	Loket 4	Loket 4&5	Loket 4,5&6
		menit	menit	menit	km	km	km	menit	menit	menit
Ruas A	Rabu, 30 Agustus 2017	2,18	0,73	0,07	0,62	0,26	0,03	2,27	0,77	0,07
	Jumat, 1 September 2017	1,61	0,04	-	0,5	0,02	-	1,68	0,05	-
	Minggu, 3 September 2017	4,03	1,81	0,55	1,04	0,55	0,22	4,22	1,91	0,59
	Senin, 4 September 2017	2,87	0,46	-	0,91	0,22	-	3	0,49	-
Ruas B	Rabu, 30 Agustus 2017	0,19	-	-	0,13	-	-	0,22	-	-
	Jumat, 1 September 2017	0,06	-	-	0,02	-	-	0,07	-	-
	Minggu, 3 September 2017	0,06	-	-	0,02	-	-	0,07	-	-
	Senin, 4 September 2017	0,38	-	-	0,1	-	-	0,4	-	-
Ruas A & B	Rabu, 30 Agustus 2017	0,23	0,75	0,07	0,68	0,28	0,28	2,31	0,79	0,07
	Jumat, 1 September 2017	4,17	1,64	0,29	1,18	0,58	0,15	4,39	1,75	0,32
	Minggu, 3 September 2017	4,17	1,64	0,29	1,18	0,58	0,15	4,39	1,75	0,32
	Senin, 4 September 2017	3,15	1,9	0,22	1,03	0,39	0,22	3,28	0,95	0,25

Sumber: Data Hasil Penelitian.

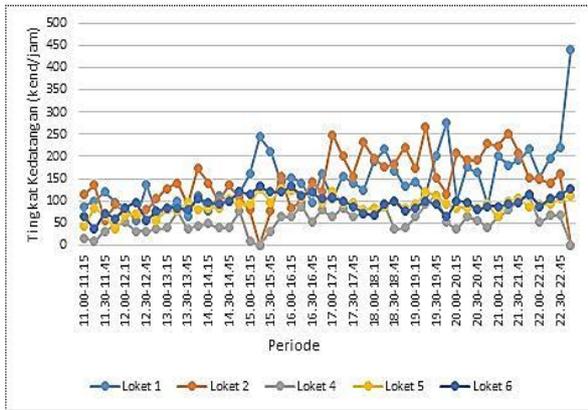
Tabel 11 Interpretasi Hasil Analisa Gelombang Kejut (Shockwave) Kendaraan Motor (MC).

Ruas	Hari/Tanggal	t3-t2		Qm		t4-t2	
		Loket 1	Loket 1&2	Loket 1	Loket 1&2	Loket 1	Loket 1&2
		Menit	menit	km	km	menit	menit
Ruas A	Rabu, 30 Agustus 2017	0,34	-	0,47	-	0,39	-
	Jumat, 1 September 2017	-	-	-	-	-	-
	Minggu, 3 September 2017	-	-	-	-	-	-
	Senin, 4 September 2017	-	-	-	-	-	-
Ruas B	Rabu, 30 Agustus 2017	-	-	-	-	-	-
	Jumat, 1 September 2017	-	-	-	-	-	-
	Minggu, 3 September 2017	-	-	-	-	-	-
	Senin, 4 September 2017	-	-	-	-	-	-
Ruas A & B	Rabu, 30 Agustus 2017	0,08	-	0,05	-	0,09	-
	Jumat, 1 September 2017	-	-	-	-	-	-
	Minggu, 3 September 2017	-	0,28	-	0,38	-	0,33
	Senin, 4 September 2017	-	-	-	-	-	-

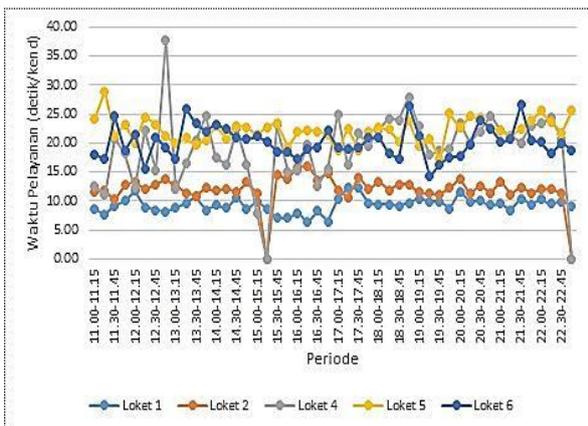
Sumber: Data Hasil Penelitian.

Pembahasan Teori Antrian (Queueing)

Dalam analisis teori antrian akan digunakan disiplin antrian FIFO (*First In First Out*) untuk menghasilkan panjang antrian dan tingkat pelayanan. Dari data waktu pelayanan rata-rata kedatangan kendaraan yang telah di peroleh dari masing-masing loket keluar kendaraan maka akan dibuat analisis teori antrian berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan pada masing-masing loket dalam hal ini dimana loket 1 dan loket 2 khusus melayani kendaraan motor (MC), dan Loket 3, loket 4, loket 5, dan loket 6 khusus melayani kendaraan ringan (LV) dan kendaraan berat (HV).



Gambar 16 Grafik Tingkat Kedatangan Kendaraan Pada Loket Keluar Kendaraan Kawasan Megamas Rabu, 30 Agustus 2017. Sumber: Data Hasil Penelitian.



Gambar 17 Grafik Waktu Pelayanan Kendaraan Pada Loket Keluar Kendaraan Kawasan Megamas Rabu, 30 Agustus 2017. Sumber: Data Hasil Penelitian.

Dari hasil analisis teori antrian diperoleh nilai tingkat kedatangan kendaraan terbesar dari tiap-tiap loket pada hari penelitian, dan diperoleh juga nilai parameter-parameter antrian.

Tabel 12 Rangkuman tingkat kedatangan kendaraan λ terbesar dari tiap-tiap loket.

HARI / TANGGAL	LOKET	TINGKAT KEDATANGAN (λ)	WAKTU PELAYANAN (WP)	ρ	L_q	L_s	W_q	W_s
		KEND/JAM	DETIK/KEND					
RABU, 30 AGUSTUS 2017	Loket1	440	9,147	9,476	10,594	0,022	0,024	
	Loket2	268	11,238	5,120	4,284	0,019	0,016	
	Loket4	112	22,951	2,497	1,783	0,022	0,016	
	Loket5	128	19,277	2,179	1,493	0,017	0,012	
	Loket6	132	17,155	1,696	1,067	0,013	0,008	
JUMAT, 1 SEPTEMBER 2017	Loket1	416	12,627	3,178	4,637	0,008	0,011	
	Loket2	460	9,301	6,308	7,496	0,014	0,016	
	Loket4	124	23,184	3,964	3,166	0,032	0,026	
	Loket5	172	22,775	12,347	13,435	0,072	0,078	
	Loket6	168	22,382	23,481	24,525	0,140	0,146	
MINGGU, 3 SEPTEMBER 2017	Loket1	336	11,965	9,564	10,680	0,028	0,032	
	Loket2	300	10,326	6,168	5,308	0,021	0,018	
	Loket4	112	18,841	1,416	0,830	0,013	0,007	
	Loket5	160	24,403	12,821	13,905	0,080	0,087	
	Loket6	152	24,021	71,309	72,323	0,469	0,476	
SENIN, 4 SEPTEMBER 2017	Loket1	364	9,478	23,018	22,060	0,063	0,061	
	Loket2	312	11,611	160,337	161,343	0,514	0,517	
	Loket4	84	27,387	1,770	1,131	0,021	0,013	
	Loket5	184	25,040	4,573	5,853	0,025	0,032	
	Loket6	196	24,531	3,980	5,315	0,020	0,027	

Sumber: Data Hasil Penelitian.

Rata-rata nilai $\rho < 1$ (memenuhi syarat) hanya pada beberapa periode tertentu yang memiliki nilai $\rho > 1$. Sehingga sebagian besar loket-loket tersebut dianggap cukup untuk melayani jumlah tingkat kedatangan kendaraan yang ada.

Table 13 perbandingan panjang antrian dari metode analisa gelombang kejut dan teori antrian pada kendaraan ringan (LV) dan berat (HV).

Hari dan Tanggal Penelitian	Durasi penutupan loket (menit)	Panjang Antrian					
		Gelombang Kejut			Teori Antrian		
		dihitung sekaligus untuk 3 loket (kend/jam)			dihitung untuk masing-masing loket (kend/jam)		
		Loket 4	Loket 5	Loket 6	Loket 4	Loket 5	Loket 6
Rabu, 30 Agustus 2017	43	2	2	2	3	4	3
Jumat, 1 September 2017	52	39	39	39	5	10	42
Minggu, 3 September 2017	45	15	15	15	2	5	6
Senin, 4 September 2017	47	15	15	15	2	7	6

Sumber: Data Hasil Penelitian.

Table 14 perbandingan panjang antrian dari metode analisa gelombang kejut dan teori antrian pada kendaraan motor (MC).

Hari dan Tanggal Penelitian	Durasi penutupan loket (menit)	Panjang Antrian			
		Gelombang Kejut		Teori Antrian	
		dihitung sekaligus untuk 2 loket (kend/jam)		dihitung untuk masing-masing loket (kend/jam)	
		Loket 1	Loket 2	Loket 1	Loket 2
Rabu, 30 Agustus 2017	31	3	3	2	5
Jumat, 1 September 2017	54	-	-	81	8
Minggu, 3 September 2017	49	163	163	32	170
Senin, 4 September 2017	50	-	-	35	26

Sumber: Data Hasil Penelitian.

Gelombang kejut menggunakan asumsi volume kendaraan yang datang ke loket selalu konstan segingga memberikan hasil kemungkinan terburuk dari antrian, sedangkan pada teori antrian volume kendaraan yang datang ke loket berbeda-beda. Pada analisa gelombang kejut juga tidak memperhitungkan tutup atau tidaknya salah satu atau beberapa loket pada waktu tertentu, sedangkan pada teori antrian memperhitungkan kondisi dimana apabila ada loket kendaraan yang tutup pada waktu tertentu. Dari hasil perbandingan kedua teori tersebut bisa terlihat kelemahan analisa gelombang kejut dalam menganalisa panjang antrian di loket kendaraan. Analisa gelombang kejut lebih cocok digunakan pada jalan bebas hambatan.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Analisis gelombang kejut di loket keluar kendaraan Kawasan Megamas, memiliki dua ruas yaitu A dan B yang menuju loket keluar kendaraan, dimana dalam menganalisisnya kapasitas ruas A lebih besar dari kapasitas ruas B, dan dibuat insiden skenario dari masing-masing ruas terhadap masing-masing loket kendaraan, insiden dibuat berdasarkan jenis loket kendaraan yaitu loket motor dan loket mobil, dan dibuat variasi dibukanya dan ditutupnya loket dengan menggunakan kapasitas dari masing-masing loket serta insiden durasi penutupan loket. Analisis gelombang kejut di loket keluar kendaraan dibangun menggunakan diagram mendasar Greenshields yang dapat menunjukkan bahwa panjang antrian, total waktu dari pembukaan loket untuk saat kendaraan terakhir memasuki antrian, dan total waktu dari pembukaan loket ke kondisi normal akan meningkat secara linier seiring dengan meningkatnya durasi insiden, sedangkan tundaan akan meningkat secara eksponensial.
2. Analisis teori antrian pada loket keluar Kawasan Megamas memiliki 6 buah loket kendaraan dengan 2 loket melayani kendaraan motor (MC) dan 4 loket melayani kendaraan ringan (LV) dan kendaraan berat (HV), namun salah satu loket yang melayani kendaraan ringan dan berat tidak beroperasi. Pada masing-masing loket memiliki tingkat kedatangan, tingkat pelayanan serta waktu pelayanan yang berbeda-beda. Loket-loket yang ada masih dikategorikan cukup mampu melayani kendaraan, hal ini diperoleh dari rata-rata nilai $\rho < 1$ (memenuhi syarat) hanya pada beberapa periode tertentu yang memiliki nilai $\rho > 1$. Dari semua loket kendaraan yang di analisis, tingkat pelayanan pada loket sangat dipengaruhi oleh kecepatan dan ketepatan operator pintu pelayanan, kesiapan uang cadangan untuk kembalian, kesiapan pengendara kendaraan yang akan keluar parkir, seperti menyiapkan uang untuk membayar retribusi dan karcis tanda bukti masuk.
3. Analisis teori antrian lebih ideal digunakan untuk menganalisis antrian di loket dari pada analisis gelombang kejut. Analisis teori antrian berpusat pada kendaraan yang datang diloket kendaraan sedangkan analisis gelombang kejut lebih berskala makro dengan menggunakan parameter lalu lintas seperti volume, kecepatan kepadatan serta kapasitas dari ruas jalan yang dilewati kendaraan untuk menuju loket. Dimana perubahan arus lalu lintas akibat adanya hambatan menjadi acuan untuk menganalisis gelombang kejut. Dalam kasus loket pintu keluar Kawasan Megamas, panjang ruas jalan untuk antrian kendaraan di loket sangat terbatas, sehingga apabila jumlah antrian kendaraan terlalu panjang sampai persimpangan antara ruas A dan ruas B maka kecepatan di kedua ruas akan dipengaruhi akibat adanya antrian. Pada perbandingan kedua teori gelombang kejut menggunakan asumsi volume kendaraan yang datang ke loket selalu konstan segingga memberikan hasil kemungkinan terburuk dari antrian, sedangkan pada teori antrian volume kendaraan yang datang ke loket berbeda-beda. Pada analisa gelombang kejut juga tidak memperhitungkan tutup atau tidaknya salah satu atau beberapa loket pada waktu tertentu, sedangkan pada teori antrian memperhitungkan kondisi dimana apabila ada loket kendaraan yang tutup pada waktu tertentu. Dari hasil perbandingan kedua teori tersebut bisa terlihat kelemahan analisa gelombang kejut dalam menganalisa panjang antrian di loket kendaraan. Analisa gelombang kejut lebih cocok digunakan pada jalan bebas hambatan. Untuk kasus seperti loket keluar kendaraan di Kawasan Megamas menggunakan teori antrian dalam menganalisa Panjang antrian lebih efektif dan efisien untuk digunakan.

Saran

1. Hasil penelitian ini dapat memberikan solusi dan perbandingan dari kedua tori dalam penggunaan metode yang tepat dan sesuai kebutuhan guna mengatasi masalah pada loket pintu keluar kendaraan, sehingga masalah antrian yang berdampak pada kerugian dapat di atasi.
2. Penelitian perbandingan analisis gelombang kejut dan analisis teori antrian di pintu loket keluar utama kendaraan di Kawasan Megamas ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada pengembangan ilmu teknik sipil bidang transportasi dan juga dapat bermanfaat pada pengelola Kawasan Megamas Manado guna mengatasi antrian pada loket kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
- Clarkson, O Dan Hicks G. R, 1999. *Teknik Jalan Raya Jilid IV*, Erlangga, Jakarta.
- Cooper, R.B, 1981. *Introduction to Queueing Theory, 2nd ed.* New York: North-Holland (Elsevier). Reprinted 1990. Washington DC: CEEPress, The George Washington University.
- Gang-Len Chang, 2009. *Traffic Flow Analysis: (traffic stream and shockwave)*. University of Maryland, College Park, MD 20742.
- Gerlough Daniel L.and Huber, Matthew J, 1975. *Traffic Flow Theory (A Monograph)*, Special. Report 165 Transportation Research Board National Research Council Washington, D.C., 1975
- Gharta Hadisa Halim, 2011. *Teori Antrian (Queueing Theory)*. Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung
- Hobbs, F. D., 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*, Edisi kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hoogendoorn, S.P., 2010. *Traffic Flow Theory & Simulation Lecture 4*. Delft University Technology.
- Immers, L.H., S. Logghe, 2002. *Traffic flow theory*. Fac. Eng. Dep. Civ. Eng. Sect. TRAFFIC Infrastruct. KASTEELPARK ARENBERG 40 B-3001 HEVERLEE Belg.
- Kakiay, Thomas J. (2004). *Dasar Teori Antrian*, Penerbit ANDI, Yogyakarta
- Kasan, Muhammad, 1999, *Aplikasi Teori Gelombang Kejut Dalam Penentuan Panjang Antrian Kendaraan Pada Lengan Persimpangan Bersinyal*, Teknik Sipil Pascasarjana Institut Teknologi Bandung.
- Kasenda Natalie Diane, 2013. *Analisa Gelombang Kejut dan Pengaruhnya terhadap Arus Lalau Lintas di Jalan Sarapung Manado*.Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol. 3. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Maerivoet Sven and Bart De Moor, 2008. *Traffic Flow Theory*. Department of Electrical Engineering ESAT-SCD , Katholieke Universiteit Leuven.
- May, A.D, 1990. *Traffic Flow Fundamentals*, Prentice-Hall Inc, New Jersey.
- Morlok, Edward K.1985. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Tamim Ofyar Z., 2000. *Perencanaan dan pemodelan transportasi*. Penerbit ITB.

Tamim Ofyar Z., Tito L. Soedirdjo, Heru B. Utomo, *Evaluasi Kinerja Persimpangan Berlalu lintas Dengan Metoda Gelombang Kejut (Shockwave)*.

Ross P, Roger, McShane R, William, and Presses S, Elena, 2006. *Traffic Engineering*. Second Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.