

# ANALISA GELOMBANG KEJUT TERHADAP KARAKTERISTIK ARUS LALU LINTAS DI JALAN WALANDA MARAMIS BITUNG

**Octaviani Litwina Adam**

Alumni Program Pascasarjana S2 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi

**James A. Timboeleng, Freddy Jansen**

Dosen Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi

## ABSTRAK

*Gelombang kejut didefinisikan sebagai gerakan atau perjalanan pada sebuah perubahan kerapatan dan arus lalu lintas. Pada keadaan arus bebas, kendaraan-kendaraan akan melaju dengan kecepatan tertentu. Apabila pada arus tersebut diberikan suatu hambatan, maka akan terjadi pengurangan arus yang dapat melewati lokasi hambatan tersebut. Pengurangan arus ini mengakibatkan kerapatan kendaraan pada daerah sebelum lokasi hambatan menjadi tinggi yang pada akhirnya kecepatan kendaraan turun atau bahkan terjadi antrian. Hambatan pada arus lalu lintas tersebut dapat berupa penutupan sebagian atau seluruh lajur jalan misalnya akibat terjadinya kecelakaan, perbaikan jalan, atau dapat juga terjadi karena adanya lampu lalu lintas.*

*Penelitian dilakukan di Jalan Walanda Maramis Bitung (4 lajur 2 arah tidak terpisah lebih khusus untuk jalur arah Pusat Kota ke Wangurer), dengan menggunakan 3 metode yaitu: Greenshield, Greenberg, dan Underwood, kemudian dipilih model yang terbaik. Hasil analisa menunjukkan bahwa untuk arah Pusat Kota Bitung ke Wangurer didapatkan model Greenshield dengan  $R^2$  sebesar = 0,883. Arus maksimum yang didapat dari model greenshield adalah sebesar = 917.751 smp/jam. Dengan menggunakan skenario insiden yang terjadi ketika volume kendaraan sebesar 720 smp/jam mengakibatkan satu lajur dari 2 lajur jalan arah pusat kota ke Wangurer harus ditutup karena terjadi insiden. Dari hasil analisa gelombang kejut, didapatkan total waktu pembukaan jalur dengan waktu kendaraan terakhir memasuki antrian yaitu = 1,935 menit. Total waktu dari pembukaan jalur ke kondisi normal = 2,013 menit, dengan panjang antrian 1,11 km.*

Kata kunci: gelombang kejut, insiden skenario, metode Greenshield.

## PENDAHULUAN

Arus lalu lintas yang melalui suatu ruas jalan dapat dianggap merupakan arus menerus apabila arus dan kerapatan relatif tinggi, titik pada saat kendaraan harus mengurangi kecepatannya ditandai dengan nyala lampu rem tersebut bergerak ke arah datangnya arus lalu lintas. Gerakan lampu rem menyala relatif terhadap jalan adalah gelombang kejut.

Arus Lalu lintas yang memasuki daerah insiden, maka kendaraan akan berhenti yang seterusnya akan menimbulkan antrian. Dengan keadaan ini maka akan terjadi perubahan kecepatan yang diakibatkan oleh perubahan nilai arus dan kerapatan

kendaraan pada ruas jalan baik pada saat terjadi insiden dan setelah terjadi insiden. Perubahan kecepatan dan kerapatan inilah yang akan menimbulkan gelombang kejut (*shock wave*) yang menarik untuk diteliti. Penelitian ini dilakukan di Kota Bitung dimana Kota Bitung sekarang merupakan Kota Multi Dimensi, yang mengakibatkan banyaknya aktifitas setiap harinya yang menuntut suatu pergerakan, lebih khusus lagi pergerakan pada jalan 4 lajur 2 arah tidak terpisah yaitu di jalan Walanda Maramis. Penelitian ini hanya dilakukan untuk jalur arah Pusat Kota ke Wangurer, dimana ruas jalan ini sangat rawan terhadap kecelakaan. Selain itu Jalan Raya Walanda Maramis adalah salah satu jalan arteri di kotamadya

Bitung yang memiliki volume kendaraan yang cukup tinggi, terutama pada saat musim sekolah, dimana ruas jalan raya ini menuju ke lokasi sekolah SMP dan SMA yang memiliki ribuan siswa, perusahaan-perusahaan, dan pelabuhan yang merupakan tempat tujuan aktivitas. Kondisi jalan yang dinamis tersebut menimbulkan kerawanan berupa kemacetan kendaraan dan insiden seperti rawannya kecelakaan yang melalui ruas jalan tersebut.

### LANDASAN TEORI

#### Karakteristik Arus Lalu Lintas

Karakteristik dasar arus lalu lintas adalah volume, kecepatan, dan kepadatan.

#### Hubungan Matematis antara Volume, Kecepatan, dan Kepadatan

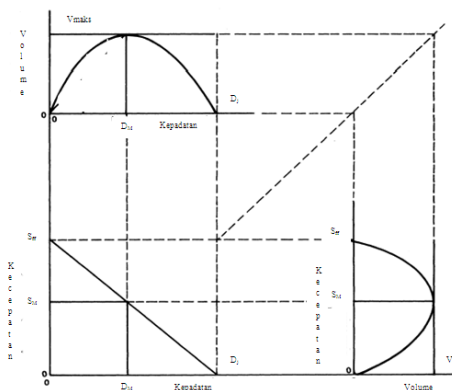
Menurut Tamin (2003), karakteristik ini dapat dipelajari dengan suatu hubungan matematik diantara ketiga parameter di atas yaitu kecepatan, arus dan kepadatan lalu lintas pada ruas jalan. Hubungan matematis tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$V = D.S \tag{1}$$

dimana:

- V = volume
- D = kepadatan
- S = kecepatan

Hubungan tersebut dijelaskan dalam Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan  
Sumber: Khisty (1990)

Keterangan Gambar:

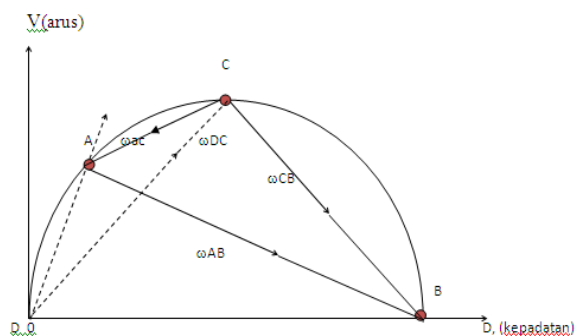
- $V_m$  = kapasitas atau volume maksimum (kendaraan/jam)
- $S_m$  = kecepatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum ( km/jam)
- $D_m$  = kepadatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum ( kendaraan/ km)
- $D_j$  = kepadatan pada kondisi volume lalu lintas macet total ( kendaraan/ km )
- $S_{ff}$  = kecepatan pada kondisi volume lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati 0 ( nol) atau kecepatan arus bebas (km/jam).

Penurunan model yang dapat menyatakan atau merepresentasikan hubungan antara kepadatan dan kecepatan ada 3 yaitu :

1. Model Greenshield
2. Model Greenberg
3. Model Underwood

#### Analisa Nilai Gelombang Kejut

Gelombang kejut pada ruas jalan akibat adanya pengaruh insiden sehingga arus lalu lintas tersebut menjadi terganggu mengakibatkan tertutupnya sebagian atau seluruh lajur jalan. Gelombang kejut dapat dianalisis apabila hubungan antara arus-kepadatan telah diketahui. Sebagai contoh: kurva arus-kepadatan pada Gambar 2, tetapi pada kondisi Gambar 3 merupakan kondisi arus yang mengalami hambatan total (seluruh lajur terhambat).



Gambar 2. Kurva Gelombang Kejut  
Sumber: Tamin (2003)

Titik A adalah kondisi lalu lintas dengan arus sebesar  $V_A$  dan kepadatan sebesar  $D$ . Titik B adalah kondisi lalu lintas setelah mengalami hambatan dengan arus sebesar  $V_B$  dan

kepadatan sebesar  $D_B$ . Titik B ini dapat berupa keadaan jalur ditutup 1 lajur atau ditutup semuanya. Titik C adalah kondisi arus maksimum yaitu setelah hambatan dihilangkan. Titik D adalah titik di depan garis henti, yang menunjukkan  $VD = 0$  dan  $DD = 0$ . T adalah waktu yang dibutuhkan dari awal penormalan lajur hingga antrian berakhir.

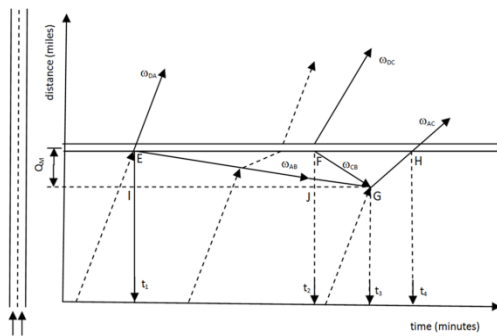
Dalam kasus di atas ada 3 gelombang kejut yang terjadi:

$$\omega_{AB} = \frac{V_B - V_a}{D_B - D_A} \quad (2)$$

$$\omega_{AC} = \frac{V_C - V_A}{D_C - D_A} \quad (3)$$

$$\omega_{CB} = \frac{V_B - V_C}{D_B - D_C} \quad (4)$$

Dengan menggunakan diagram gelombang kejut, diagram jarak dan waktu dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram jarak dan waktu  
Sumber: Tamin (2003)

$(t_2 - t_1)$  menunjukkan durasi insiden,  $(t_3 - t_2)$  adalah berkaitan dengan waktu total dari pembukaan jalur ke waktu kendaraan terakhir bergabung dengan antrian panjang. Penundaan total adalah perkalian daerah segitiga EFG dengan nilai kepadatan yang terkait dengan itu dan daerah perkalian segitiga FHG dengan nilai kepadatan yang terkait.

**Total waktu dari pembukaan jalur ke waktu kendaraan terakhir masuk antrian**

Jika  $r$  = durasi efektif penutupan lajur  $(t_2 - t_1)$ , maka  $t_3 - t_2$  dapat dihitung sebagai berikut lihat  $\Delta EGI$  dan  $\Delta FGJ$

$$t_3 - t_2 = \frac{\omega_{AB} \cdot r}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \quad (5)$$

$$t_3 - t_2 = \frac{r}{60} \frac{|\omega_{AB}|}{|\omega_{CB}| - |\omega_{AB}|} * 60 \quad (6)$$

**Panjang antrian (Qm)**

Panjang antrian dihitung sebagai berikut:

$$Q_M = \frac{r}{60} \frac{|\omega_{CB}| \cdot |\omega_{AB}|}{|\omega_{CB}| - |\omega_{AB}|} \quad (7)$$

**Total dari pembukaan jalur ke kondisi normal**

Menggunakan  $t_3 - t_2$  dan  $Q_m$ , total dari pembukaan jalur ke kondisi normal dirumuskan sebagai berikut :

$$t_4 - t_2 = \frac{Q_M}{\omega_{AC}} + (t_3 - t_2) \quad (8)$$

**Total Tundaan (Total Delay)**

Total tundaan dihitung dengan rumus:

$$T_d = \frac{r \cdot Q_M}{2} (D_B - D_A) + \frac{(t_4 - t_2) \cdot Q_M}{2} + (D_C - D_A) \quad (9)$$

**METODE PENELITIAN**

**Survei Pendahuluan**

Survei Pendahuluan dilakukan untuk mengetahui dan mendapatkan gambaran umum mengenai kondisi ruas jalan yang dijadikan lokasi penelitian.

**Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari suatu instansi tertentu atau hasil wawancara dari pihak-pihak terkait. Data-data ini antara lain peta lokasi, kondisi lalu lintas dan kondisi lingkungan.

**Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh berdasarkan pengamatan langsung di lapangan. Data-data ini antara lain jumlah kendaraan bermotor dan waktu tempuh kendaraan, untuk mendapatkan kecepatan kendaraan yang melintas suatu titik, serta data kondisi geometrik jalan yang diperoleh dengan pengukuran langsung di lokasi penelitian

**Teknik Analisa Data**

Data-data yang telah diperoleh, dianalisa berdasarkan pengelompokan data menurut kelompok data yang diambil dengan menggunakan persamaan - persamaan :

- Kalibrasi model linier Greenshields, Greenberg, Underwood, dan determinasi model terbaik
- Dapatkan Karakteristik (S-D), (V-D), (V-S),  $D_j$ ,  $S_{FF}$ , dan Kapasitas
- Akibat insiden skenario dilakukan analisa gelombang kejut terhadap arus lalulintas di Jalan Walanda Maramis Bitung.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

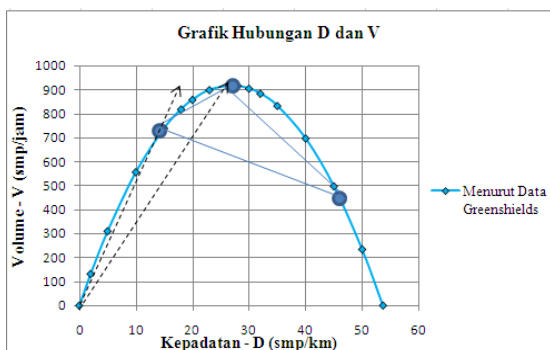
**Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan**

Dari hasil analisa model terbaik didapatkan pada hari Selasa, yaitu pada model Greenshield (Tabel 1).

Dari Tabel 2, nilai  $R^2$  yang paling besar adalah logaritmik dan eksponensial  $> 0.9$  tapi tidak bisa dipakai dalam perhitungan gelombang kejut karena tidak berpotongan dengan sumbu x sehingga sulit untuk mengidentifikasi kepadatan.

**Analisa Gelombang Kejut**

*Diagram Shockwave*



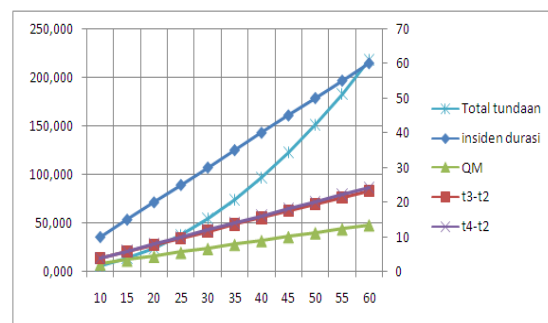
Gambar 4. Hubungan kepadatan dan volume

Dari hasil analisa untuk arah pusat kota Bitung ke Wangurer, model terbaik didapatkan model Greenshield dengan  $R^2$  sebesar = 0,883. Arus maksimum yang didapat adalah sebesar = 917.751 smp/jam.

Dan dengan menggunakan skenario insiden yang terjadi ketika volume kendaraan sebesar 720 smp/jam mengakibatkan satu lajur dari 2 lajur jalan arah pusat kota ke Wangurer harus ditutup karena terjadi insiden.

Dari hasil analisa gelombang kejut, didapatkan total waktu pembukaan jalur dengan waktu kendaraan terakhir memasuki antrian yaitu = 1,935 menit. Total waktu dari pembukaan jalur ke kondisi normal = 2,013 menit, dengan panjang antrian 1,1km.

*Grafik Analisa Gelombang Kejut*



Gambar 4. Grafik Analisa Gelombang Kejut

**KESIMPULAN**

1. Model persamaan pada Jalan Walanda Maramis Bitung untuk arah Pusat kota ke Wangurer yaitu:  
 Hubungan Kecepatan-Kepadatan:  
 $S = 69,39144 - 1,2741438 D$   
 Hubungan Volume – Kepadatan :  
 $V = 69,39144 D - 1,2741438 D^2$   
 Hubungan Volume –Kecepatan  
 $V = 53,67639 S - 0,78484 S^2$
2. Kapasitas ruas jalan yang didapatkan berdasarkan persamaan diatas dengan nilai koefisien determinasi untuk menganalisa gelombang kejut = 0.883 = 88,3%
3. Hasil analisa gelombang kejut didapatkan waktu total pembukaan lajur dengan waktu kendaraan terakhir memasuki antrian = 1.935 menit  
 Waktu total dari pembukaan jalur ke kondisi normal = 2.013 menit,  
 Panjang antrian = 1.1 Km.

**DAFTAR PUSTAKA**

Direktorat Jendral Bina Marga, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Bandung.

Dixon, Wilfd J. and Mossey, Frank., 1997. *Pengantar Analisis Statistik*, Edisi Keempat, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Hobbs, F. D., 1994. *Transportation Planning and Engineering*, Pergamon Press.

Hobbs, F. D., 1999. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas.*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Khisty, Jotin C., 1990. *Transportation Engineering, an Introduction*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Oglesby, H., Clarkson dan Hicks, Gary R., 1988. *Teknik Jalan Raya*. Edisi Keempat, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.

Pline James L., 2001. *Traffic Engineering Handbook*, Fourth Edition, Institute of Transportation Engineering, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

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

Tamin, Ofyar Z., 2003. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi: Contoh Soal dan Aplikasi*, ITB, Bandung

**LAMPIRAN**

Tabel 1. Model arus lalu lintas

	Greenshields	Greenberg	Underwood
Kecepatan-Kepadatan	$S = 69,39144 - 1,2741438 D$	$S = 109,67 - 23,2 \ln D$	$S = 75,218e^{-0,03018 D}$
Volume - Kepadatan	$V = 69,39144 D - 1,2741438 D^2$	$V = 109,67 \cdot D - 23,2 \cdot D \cdot \ln D$	$V = 75,218 D \cdot e^{-0,03018 D}$
Volume -Kecepatan	$V = 58,89504 S - 0,84268 S^2$	$V = 112,9 \cdot S \cdot e^{-0,043 S}$	$V = 143,4501 S - 33,20301 S \cdot \ln S$
Kapasitas (Kend/Jam)	917,7514238	963,5614631	918,7690461
FF speed (mph)	68,3914	□	77,96334077

Tabel 2. Nilai Regresi

	R2	A	B
Greenshield	0,883060	68,39144125	-1,274143
Greenberg	0,9269814	109,6710036	-23,20444
Underwood	0,9048577	4,320394279	-0,030117

Tabel 3. Analisa Gelombang Kejut

Lajur ditutup	VA smp/jam m	DA smp/k m	SA km/jam m	VB smp/jam m	DB smp/k m	SB km/jam m	WAB km/jam m	VC smp/jam m	DC smp/k m	SC km/jam m	WCB km/jam m	WAC km/jam m	r Me nit	t3 - t2 Menit	QM Km	t4 - t2 Menit	Total Tundaan Kendaraan/menit	Total Tundaan Kendaraan/Jam
1	720	14,38	50,07	458,876	41,525	23,204	-9,62	917,751	28,211	39,056	-34,47	14,30	10	3,872	2,22	4,027	363,7911	6,063
1	720	14,38	50,07	458,876	41,525	23,204	-9,62	917,751	28,211	39,056	-34,47	14,30	15	5,807	3,34	6,041	818,5299	13,642
1	720	14,38	50,07	458,876	41,525	23,204	-9,62	917,751	28,211	39,056	-34,47	14,30	20	7,743	4,45	8,054	1455,164	24,253
1	720	14,38	50,07	458,876	41,525	23,204	-9,62	917,751	28,211	39,056	-34,47	14,30	25	9,679	5,56	10,07	2273,694	37,895
1	720	14,38	50,07	458,876	41,525	23,204	-9,62	917,751	28,211	39,056	-34,47	14,30	30	11,615	6,67	12,08	3274,12	54,569
1	720	14,38	50,07	458,876	41,525	23,204	-9,62	917,751	28,211	39,056	-34,47	14,30	35	13,551	7,78	14,09	4456,441	74,274
1	720	14,38	50,07	458,876	41,525	23,204	-9,62	917,751	28,211	39,056	-34,47	14,30	40	15,487	8,90	16,11	5820,657	97,011
1	720	14,38	50,07	458,876	41,525	23,204	-9,62	917,751	28,211	39,056	-34,47	14,30	45	17,422	10,01	18,12	7366,769	122,779
1	720	14,38	50,07	458,876	41,525	23,204	-9,62	917,751	28,211	39,056	-34,47	14,30	50	19,358	11,12	20,14	9094,777	151,580
1	720	14,38	50,07	458,876	41,525	23,204	-9,62	917,751	28,211	39,056	-34,47	14,30	55	21,294	12,23	22,15	11004,68	183,411
1	720	14,38	50,07	458,876	41,525	23,204	-9,62	917,751	28,211	39,056	-34,47	14,30	60	23,230	13,34	24,16	13096,48	218,275

