

Pengaruh Antrian Ikutan Akibat Perlintasan Kereta Api di Jalan Perintis Kemerdekaan Terhadap Penurunan Kecepatan pada Jalan Gatot Subroto

Renaldy Sugendra¹⁾

Sasana Putra^{2)*}

Siti Anugrah Mulya Putri Ofrial²⁾

Rahayu Sulistyorini²⁾

Abstract

The closures of railroad crossing on Perintis Kemerdekaan Street frequently cause vehicle queues on Gatot Subroto Street. The density that happens on Perintis Kemerdekaan Street impacts on the occurrence the road constringency and vehicle velocity delay. The results with four hours of observation, the delay values can be concluded with shockwave analysis. 20,72 km/h is determined as for the value of forwarding forming shockwave (ω_{da}) in morning observation and 9,08 km/h in the afternoon; with 1,32 km/h of backward forming shockwave (ω_{ab}) in the morning and -1,07 km/h in the afternoon; also forward recovery shockwave (ω_{dc}) in the morning is 5,17 km/h and 1,98 km/h in the afternoon; as well with -10,64 km/h as the value for backward recovery shockwave (ω_{cb}) in the morning and -4,10 km/h in the afternoon; as for the frontal stationary shockwave (ω_{ac}) the value is 4,73 km/h in the morning and 1,75 km/h in the afternoon. The mileage time increment is up from 4,25 to 7,6925 seconds in the morning and from 10,68 to 21,196 seconds in the afternoon.

Key words : Shockwave, Vehicle Queues, Velocity Delay, Railroad.

Abstrak

Penutupan perlintasan kereta api yang ada pada Jalan Perintis Kemerdekaan sering kali menyebabkan terjadinya antrian kendaraan pada Jalan Gatot Subroto. Penelitian ini dianalisis dengan metode Gelombang Kejut dimana berdasar pada hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan: nilai gelombang kejut maju bentukan (ω_{da}) sebesar 20,72 km/jam pada pagi hari dan 9,08 km/jam pada sore hari; gelombang kejut bentukan mundur (ω_{ab}) pagi hari sebesar 1,32 km/jam dan -1,07 km/jam pada sore hari; gelombang kejut maju pemulihan (ω_{dc}) pagi hari sebesar 5,17 km/jam dan sore hari sebesar 1,98 km/jam; gelombang kejut mundur pemulihan (ω_{cb}) pagi hari didapatkan nilai sebesar -10,64 km/jam dan sebesar 4,73 km/jam pada sore hari; serta gelombang kejut diam depan (ω_{ac}) pagi hari yakni 4,73 km/jam dan sebesar 1,75 km/jam pada waktu pengamatan sore hari. Peningkatan waktu tempuh atau tundaan kecepatan saat melewati Jalan Gatot Subroto pada waktu pagi ialah dari 4,25 menjadi 7,6925 detik, dan 10,68 detik ke 21,196 detik pada waktu pengamatan sore hari.

Kata kunci : Gelombang Kejut, Antrian Kendaraan, Tundaan Kecepatan, Rel Kereta Api.

¹⁾ Mahasiswa pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Surel : dianawilliani2399@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

* Corresponding Author : sasana.putra@eng.unila.ac.id

1. PENDAHULUAN

Semakin banyak terjadinya pergerakan masyarakat di antara Pulau Sumatera dan Pulau Jawa menyebabkan meningkatnya arus lalu lintas pada mayoritas ruas jalan yang ada di Kota Bandar Lampung. Penyempitan jalan merupakan salah satu permasalahan yang paling umum ditemui dan sangat berpotensi dalam mempengaruhi kondisi lalu lintas. Adapun definisi dari penyempitan jalan adalah suatu bagian jalan dengan kondisi kapasitas lalu lintas sesudahnya lebih kecil dari bagian masuk. Sehingga pada kondisi seperti ini sangat memungkinkan antrian kendaraan yang diakibatkan adanya perubahan arus, kecepatan, dan kepadatan ruas jalan untuk terjadi.

Kondisi jalan seperti ini terjadi pada Jalan Gatot Subroto, Pahoman, Kota Bandar Lampung dimana penyebab utama terjadinya penyempitan disebabkan oleh penutupan pelang kereta api yang pada Jalan Perintis Kemerdekaan. Hal ini juga sangat berpotensi dalam menimbulkan antrian kendaraan pada kedua sisi lajur jalan yang berada di antara jalur kereta api sehingga pada saat pelang kereta dibuka, kendaraan yang datang dari sisi lajur sebelah kiri arah utara pertigaan Jalan Gatot Subroto dan hendak meneruskan perjalanan ke arah timur harus berhati-hati terhadap kendaraan yang datang dari lajur sisi kanan arah timur Jalan Gatot Subroto menuju ke lajur kiri Jalan Perintis kemerdekaan serta kendaraan yang datang dari lajur sisi kanan Jalan Perintis kemerdekaan dan hendak menuju ke lajur kiri Jalan Gatot Subroto, sehingga penurunan kecepatan kendaraan yang terjadi pada ruas Jalan Gatot Subroto tidak dapat terhindarkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Jalan Raya

Karakteristik dasar arus lalu lintas adalah arus, kecepatan, dan kerapatan. Karakteristik ini dapat diamati dengan cara makroskopik atau mikroskopik. Pada tingkat mikroskopik analisis dilakukan secara individu sedangkan pada tingkat makroskopik analisis dilakukan secara kelompok. Tabel 1 menggambarkan kerangka dasar dari karakteristik lalu lintas.

Tabel 1. Kerangka Dasar Karakteristik Lalu Lintas.

Karakteristik Lalu Lintas	Mikroskopik	Makroskopik
Arus	Waktu antrean (<i>time headway</i>)	Tingkat arus
Kecepatan	Kecepatan individu	Kecepatan rata-rata
Kepadatan	Jarak antran (<i>distance headway</i>)	Tingkat kerapatan

Sumber: PKJI 2014

Data volume lalu lintas di atas didapatkan dari hasil pengamatan yang dilakukan di lapangan, sedangkan kecepatan dan kepadatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

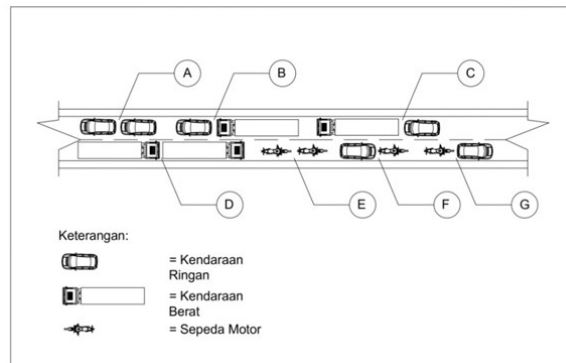
$$S = \frac{L}{T} \quad , \quad D = \frac{V}{S} \quad (1)$$

Dimana:

- S = kecepatan (km/jam)
- L = jarak tempuh (km)
- T = waktu tempuh (jam)
- D = kepadatan (skr/km)
- V = volume (skr/jam)

a. Waktu Antara (*Time headway*)

Waktu antara (*headway*) artinya waktu antara 2 sarana kendaraan untuk melewati suatu titik tertentu.



Gambar 1. Kombinasi pasangan kendaraan yang ditinjau

2.2. Permodelan *Greenshields*

Greenshields melakukan penelitian di pinggiran kota Ohio, AS Mengusulkan kecepatan rata-rata ruang (kecepatan) dan Kepadatan kendaraan (S-D) dengan persamaan berikut :

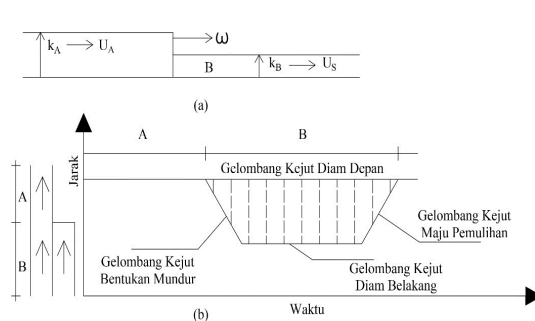
Tabel 2. Persamaan model *greenshield*

Hubungan	Persamaan yang dihasilkan	Hubungan	Persamaan yang dihasilkan
S-D	$S = S_{ff} - (S_{ff}/D_j) \cdot D$	VM	$VM = (D_j \cdot S_{ff})/4$
V-D	$V = D \cdot S_{ff} - (S_{ff}/D_j) \cdot D^2$	SM	$SM = S_{ff}/2$
V-S	$V = D_j \cdot S - (D_j/S_{ff}) \cdot S^2$	DM	$DM = D_j/2$

Sumber : (Tamin, 2008 dalam Ramadhan et al, 2017)

2.3. Gelombang Kejut (*Shockwave*)

Gelombang kejut didefinisikan sebagai pergerakan arus lalu lintas akibat adanya perubahan nilai kepadatan dan volume lalu lintas (Soedirdjo & Titi Liliani, 2002 dalam Michael et al, 2020).



Gambar 2. Perwujudan gelombang kejut pada jalur menyempit

Sumber: (Tamin, 2003 dalam Bela et al, 2016).

Kecepatan gelombang kejut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\omega_{AB} = \frac{VB - VA}{DB - DA} \quad (2)$$

$$\omega_{DC} = \frac{VC - VD}{DC - DD} \quad (3)$$

$$\omega_{CB} = \frac{VB - VC}{DB - DC} \quad (4)$$

$$\omega_{AC} = \frac{VC - VA}{DC - DA} \quad (5)$$

Dimana:

ω_{AB} = gelombang kejut mundur bentukan

ω_{DC} = gelombang kejut maju pemulihan

ω_{CB} = gelombang kejut mundur pemulihan

ω_{CB} = gelombang kejut maju pemulihan

Interval waktu antara t_2 dan t_3 dirumuskan sebagai berikut:

$$t_3 - t_2 = r \left(\frac{\omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right) \quad (6)$$

Panjang antrian maksimum pada waktu t_3 dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_m = \frac{r}{3600} \left[\frac{\omega_{CB} \cdot \omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right] \quad (7)$$

Dimana:

r = durasi efektif terjadinya hambatan (detik)

Waktu penormalan $t_4 - t_2 = T$ dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$t_4 - t_2 = \frac{r \cdot \omega_{AB}}{(\omega_{CB} - \omega_{AB})} \times \left| \frac{\omega_{CB}}{\omega_{AC}} + 1 \right| \quad (8)$$

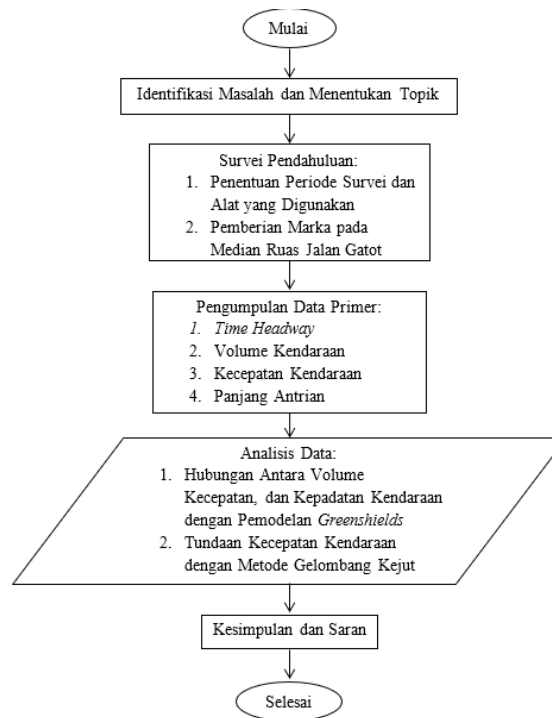
2.4. Tundaan

Tundaan menurut PKJI 2014 disebut sebagai waktu tempuh yang diperlukan untuk melintasi simpang dibandingkan dengan keadaan tanpa simpang.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Pekerjaan

Sehubungan dengan penelitian yang dilakukan sebelum memulai perhitungan terhadap data yang akan didapatkan diperlukan penyusunan kerangka kerja yang berisi alur atau langkah-langkah dari penelitian ini dari awal hingga didapatkan suatu kesimpulan. Perencanaan tahapan pekerjaan yang akan dilakukan dibuat dalam bentuk diagram alir dimana pengumpulan data primer yang didapatkan merupakan data yang didapat melalui pengamatan langsung di lapangan dan dalam hal ini video rekaman *drone* yang telah diambil pada saat survey sebenarnya dilakukan digunakan sebagai media pengamatan.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3.2. Lokasi Penelitian

Peninjauan antrian kendaraan dilakukan di ruas Jalan Gatot Subroto yang disebabkan oleh penutupan palang pintu kereta pada Jalan Perintis Kemerdekaan.



Gambar 4. Lokasi penelitian.

Waktu penelitian dilakukan pada hari kerja, dimana waktu yang ditentukan yaitu:

Pagi hari pada jam : 07.00 WIB – 09.00 WIB

Sore hari pada jam : 16.00 WIB – 18.00 WIB

3.3. Survei Pendahuluan (*Pilot Survey*)

Survei pendahuluan adalah survei berskala kecil dan sangat penting, terutama agar survei selanjutnya dapat dijalankan secara efektif dan efisien. Adapun survei pendahuluan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan lokasi dan waktu pengamatan yang sesuai pada saat survei sebenarnya.
- b. Menentukan instrumen pengamatan lokasi penelitian yang akan dipakai, dalam hal ini ialah dengan menggunakan alat pengamatan *drone*.
- c. Memberi marka jalan dengan menggunakan cat pada median Jalan Gatot Subroto tiap 5 meter sepanjang 85 meter

3.3. Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukann dalam kurun waktu satu hari pada hari Senin dan di hari tersebut akan dilakukan pengamatan pada jam sibuk (*peak hours*) yaitu pukul 07.00 – 09.00 WIB untuk pengamatan pagi hari dan 15.30 – 17.30 WIB untuk pengamatan sore hari.

3.4. Alat Penelitian

Adapun beberapa peralatan yang dipakai dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu: *drone*, alat tulis, meteran, *handcounter*, *stopwatch*, dan perangkat lunak pemutar video hasil pengamatan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Parameter Karakteristik Lalu Lintas

Dalam penelitian ini terdapat 3 aspek yang akan dihitung dalam parameter karakteristik lalu lintas yaitu nilai Ekuivalen Kendaraan Ringan (EKR), volume lalu lintas, kecepatan lalu lintas dan kepadatan lalu lintas.

4.1.1. Nilai Ekuivalen Kendaraan Ringan (EKR)

Berdasarkan perhitungan EKR dengan analisis rasio *time headway* pada pengamatan di Jalan Gatot Subroto menghasilkan nilai EKR SM sebesar 0,78; KR sebesar 1,0; dan KB sebesar 0,48 yang didapat dari hasil rerata tiap jenis EKR dengan waktu total selama 2 jam tiap sesi yaitu sesi pengamatan pagi dan sore hari.

4.1.2. Kecepatan

Pengambilan sampel diambil persatuan waktu dimana satu sampel sama dengan 20 detik pengamatan. Pencatatan dilakukan dengan cara mengukur waktu tempuh yang diperlukan kendaraan untuk melewati marka yang telah tersedia di median jalan. Adapun mekanisme pengukuran waktu tempuh ialah dengan menggunakan bantuan alat ukur waktu yakni *stopwatch* dimana pengaplikasian alatnya dimulai setiap sampel kendaraan tertinjau memasuki titik pengamatan hingga keluar dari marka terakhir yang totalnya berjarak sepanjang 85 meter.

Gambar 4. Grafik data kecepatan waktu pengamatan pagi dan sore hari.

Berdasarkan data survei dan perhitungan pada Jalan Gatot Subroto, Bandar Lampung diperoleh kecepatan lalu lintas rata-rata sebesar 30,84 km/jam pada pagi hari dan 27,31 km/jam pada sore hari.

4.1.3. Volume

Data volume lalu lintas didapatkan dari hasil pengamatan yang dilakukan di lapangan. Volume kendaraan yang diperoleh dari pengambilan data masih dalam satuan kendaraan. Dalam rangka mengubah menjadi satuan kendaraan per satuan waktu (skr/jam) volume lalu lintas dicatat berdasarkan jenis kendaraan yang terdiri dari sepeda motor (SM), kendaraan ringan (KR), dan kendaraan berat (KB) dengan interval waktu 5 menit.

Gambar 6. Grafik data volume waktu pengamatan pagi dan sore hari.

Berdasarkan data survei perhitungan pada Jalan Gatot Subroto, Bandar Lampung diperoleh volume lalu lintas rata-rata sebesar 61 skr/jam pada pagi hari dan 79 skr/jam pada waktu pengamatan sore hari.

4.2.4. Kepadatan (*Density*)

Nilai kepadatan lalu lintas diperoleh saat volume lalu lintas dan kecepatan telah diketahui yaitu dengan cara membagi volume lalu lintas dengan kecepatan kendaraan. Nilai kepadatan lalu lintas yang diperoleh adalah satuan kendaraan per satuan jarak (skr/km).

Gambar 7. Grafik data kepadatan waktu pengamatan pagi dan sore hari.

Berdasarkan data survei dan perhitungan, diperoleh nilai kepadatan lalu lintas rata-rata sebesar 2,20 skr/km atau sekitar 3 skr/km pada waktu pengamatan pagi hari, dan 3,13 skr/km atau sekitar 4 skr/km pada waktu pengamatan sore hari.

4.2. Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan dengan Model *Greenshields*

Analisis volume, kecepatan, dan kepadatan menggunakan metode *Greenshields* ini akan

menghasilkan volume maksimum (Q_m), kecepatan maksimum (V_m), kepadatan maksimum

(K_m), kepadatan pada saat macet total (K_j), dan Sff atau kecepatan arus bebas. Berikut

ditampilkan grafik hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan dengan permodelan *greenshields* berdasarkan EKR rasio *headway*.

Gambar 8. Permodelan *greenshields* waktu pengamatan pagi.

Gambar 8. Permodelan *greenshields* waktu pengamatan sore hari.

Data di atas diambil dari hasil seluruh sampel kendaraan yang dihitung pada saat pengolahan data, yaitu 360 sampel kendaraan. Dapat dilihat dari kedua gambar diatas menunjukkan nilai yang dihasilkan (V_{maks} , S_{maks} , dan D_{maks}) bahwa hasil V_{maks} dan D_{maks} pada pagi hari lebih kecil dari pada saat sore hari. Hal ini dikarenakan sedikitnya kendaraan yang melintas ke arah Jalan Gatot Subroto pada saat pagi hari karena banyaknya aktivitas masyarakat yang bertujuan ke arah pusat kota. Karena volume dan kepadatan yang cenderung kecil pada saat pagi hari, hal ini mengakibatkan hasil S_{maks} yang lebih besar pada saat pagi hari. Sebaliknya, pada saat sore hari, V_{maks} dan D_{maks} menunjukkan hasil yang lebih besar dikarenakan pada sore hari atau jam pulang kerja, kendaraan cenderung menuju ke arah pulang setelah melakukan aktivitas yaitu ke arah luar pusat Kota Bandar Lampung. Karena volume dan kepadatan yang cukup padat pada sore hari, hasil S_{maks} atau kecepatan maksimum menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan pada saat pagi hari.

4.3. Tundaan (*Delay*)

Gelombang kejut yang terjadi pada ruas Jalan Gatot Subroto akibat adanya antrian kendaraan secara berturut-turut adalah sebagai berikut: gelombang kejut maju bentukan wda pagi = 20,72 km/jam dan wda sore = 9,08 km/jam; gelombang kejut bentukan mundur wab pagi = -1,32 km/jam dan wab sore = -1,07 km/jam; gelombang kejut maju pemulihan wdc pagi = 5,17 km/jam dan wdc sore = 1,98 km/jam; gelombang kejut mundur pemulihan wcb pagi = -10,64 km/jam dan wcb sore = -4,10 km/jam; serta gelombang kejut maju pemulihan wac pagi = 4,73 km/jam dan wac sore = 1,75 km/jam. Karena gelombang kejut yang terjadi, terbentuklah tundaan akibat adanya antrian kendaraan yang timbul saat palang pintu kereta api ditutup di mana tundaan tersebut disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Tundaan yang terjadi saat adanya penutupan palang pintu pagi hari.

Jmlh Kend	Pjg. Antrian (m)	Pjg. Tundaan (m)	$t_0 - t_1$ (s)	$t_1 - t_2$ (s)	$t_2 - t_3$ (s)	$t_3 - t_4$ (s)	$t_4 - t_0$ (s)
0	0	0	5,40	0	0	3,6	4,3
1	5	0	6,55	1,13	1,31	4,3	6,2
2	10	15	9,98	1,77	2,63	4,8	8,7
4	20	55	13,29	2,89	4,33	6,23	11,7

Tabel 4. Tundaan yang terjadi saat adanya penutupan palang pintu sore hari.

Jmlh Kend	Pjg. Antrian (m)	Pjg. Tundaan (m)	$t_0 - t_1$ (s)	$t_1 - t_2$ (s)	$t_2 - t_3$ (s)	$t_3 - t_4$ (s)	$t_4 - t_0$ (s)
0	0	0	10,68	0	0	5,86	12,6
1	5	5	13,02	1,34	1,56	7,38	18,3
2	10	20	13,72	1,77	2,63	4,8	8,7
3	15	40	15,68	2,98	6,74	9,24	24,7
4	20	55	17,78	4,72	7,3	10,9	26,8

Berdasarkan kedua tabel di atas dapat disimpulkan bahwa pada pagi hari, kendaraan mengalami peningkatan waktu tempuh pada saat melewati Jalan Gatot Subroto dari 5,40 detik pada keadaan normal menjadi 11,65 detik. Sedangkan pada waktu pengamatan sore

hari peningkatan waktu tempuh yang semula sebesar 10,68 detik pada keadaan normal menjadi 26,74 detik saat ditutupnya palang pintu kereta dan terdapatnya antrian.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dalam penelitian studi kasus ini peningkatan waktu tempuh dan besaran nilai tundaan yang terjadi di kedua waktu pengamatan secara signifikan meningkat akibat adanya penyempitan ruas Jalan Gatot Subroto. Penutupan palang pintu kereta api yang ada di Jalan Perintis Kemerdekaan mengakibatkan antrian di kedua ruas jalan dan semakin lama dilakukannya penutupan maka semakin banyak juga kendaraan yang mengantri. Panjang antrian (Qm) pada ruas Jalan Gatot Subroto saat terjadinya penutupan palang pintu kereta api di Jalan Perintis Kemerdekaan adalah sebesar 5m di pagi hari dan 35m pada sore hari dengan itu nilai tundaan yang terjadi pada waktu pengamatan sore hari lebih besar ketimbang pada saat pagi hari.

5.2. Saran

Hasil perhitungan gelombang kejut menghasilkan panjang antrian dan waktu penormalan yang rata-rata lebih besar dari pengamatan secara langsung di lapangan. Hal ini disebabkan oleh pendeknya durasi penelitian yang hanya dilakukan selama kurang lebih 4 jam yakni dua jam pada saat pagi hari dan dua jam di sore hari. Dengan tujuan mendapatkan hasil pengamatan yang tingkat kesesuaiannya lebih mendekati perhitungan teoritis, disarankan untuk mengambil data pengamatan dengan durasi yang lebih lama lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Idham, M., 2000. *Analisis Gelombang Kejut pada Persimpangan Berlampu Lalu Lintas*. (Skripsi). Politeknik Bengkalis, Riau.
- Pesik, Belinda Septiani., Rompis, Samuel Y. R., Pandey, Sisca V. 2017. *Study Pemanfaatan Lampu Lalu Lintas Untuk Penyebrangan Jalan dan Pengaruhnya Terhadap Panjang Antrian Kendaraan*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sam Ratulangi.
- Salter, RJ & N.B. Hounsell, 1996, *Highway Traffic Analysis and Design*, The Macmillan Press Ltd
- Soedirdjo, Titi Liliani. 2002. *Rekayasa Lalu Lintas*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Tamin, O.Z. 2008. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Tungka, F. R., 2006. *Analisis Gelombang Kejut pada Persimpangan Berlampu Lalu Lintas (Studi Kasus: Jl. Sam Ratulangi dengan Jl. Baru Karombasan)*. Universitas Sam Ratulangi Manado.