

“Studi Pengaruh Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Terhadap Karakteristik Lalulintas”

(Studi Kasus: Perlintasan Kereta Api Jalan Bung Tomo Surabaya)

Umar Farouq

Teknik Sipil, Universitas Tujuh Belas Agustus
Umar.farouq222.uf@gmail.com

Abstract

An intersection is usually formed from a meeting between two streets in different directions. The meeting between two types of transportation infrastructure such as highway with railway is one of meeting form which can cause various traffic problems such as, congestion / delay, air pollution, noise, increased operational cost of vehicle and travel time. The location of the research is the crossing of street Bung Tomo railway, Surabaya. With 4 / 2D road type. And the Double Track rail crossing type is equipped with a security door and guard post. From the calculation of queue and delay with shock wave method obtained for direction to Ngagel Jaya Selatan street in period of closing 06:58:52 - 07:01:06 obtained maximum queue length = 492 m, number of vehicle queue = 9,94 ekr and average - average delay of 72 seconds. And for direction to Dinoyo road for period of closing 06:58:52 - 07:01:06 obtained maximum queue length = 531 m, number of vehicle queue = 12,19 ekr and average delay equal to 73 second.

Keywords: Field crossing, Shock Wave

1. PENDAHULUAN

Kota Surabaya sebagai ibu Kota Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu kota yang pertambahan jumlah penduduknya cukup tinggi. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk tersebut maka aktifitas manusia dan pergerakan penduduk juga meningkat pesat, sehingga kebutuhan sarana transportasi darat semakin bertambah.

Kondisi seperti ini ternyata telah menimbulkan bermacam - macam masalah lalu lintas, seperti kemacetan, kecelakaan lalulintas, manajemen lalulintas yang tidak optimal, pencemaran lingkungan, dan sebagainya. Apabila permasalahan lalulintas ini tidak diimbangi dengan penanganan pemerintah daerah secara serius, maka di perkirakan pada masa mendatang kendaraan di jalan akan berhenti/ tidak bergerak karena mengalami kejenuhan.

Dalam suatu sistem jaringan jalan raya, persimpangan merupakan titik terjadinya konflik antara moda transportasi. Suatu persimpangan biasanya terbentuk dari pertemuan antara dua ruas jalan dengan arah yang berbeda. Pertemuan antara dua jenis prasarana transportasi seperti jalan raya dengan rel kereta api merupakan salah satu bentuk pertemuan yang dapat menimbulkan masalah.

Salah satu contoh dari permasalahan perlintasan sebidang antara rel kereta api dengan jalan raya di Surabaya dapat kita amati ketika kita melintasi Jl. Bung Tomo menuju Jl. Ngagel Jaya Selatan. Sebelum melewati makam pahlawan kita akan melewati perlintasan sebidang jalan dengan rel kereta api. Dengan adanya perlintasan sebidang jalan dengan rel kereta api tidak hanya menimbulkan tundaan pada saat pintu perlintasan ditutup akan tetapi juga dapat mengakibatkan tundaan pada saat pintu perlintasan dibuka, kondisi ini bila berlangsung lama dan terus - menerus dapat mengakibatkan terjadinya suatu kemacetan.

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar, antrian dan tundaan yang disebabkan oleh perlintasan sebidang rel kereta api dengan jalan raya pada ruas jalan Bung Tomo, Surabaya. Dengan demikian diharapkan dapat menjadi salah satu masukan bagi instansi – instansi terkait, Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota setempat khususnya dan pemerintah provinsi Jawa Timur umumnya dalam pengaturan perlintasan sebidang jalan dengan rel kereta.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perlntasan sebidang adalah perpotongan sebidang antara jalur kereta api dengan jalan raya. Perlntasan sebidang antara rel kereta api dengan jalan raya merupakan suatu kasus khusus pada suatu ruas jalan raya dengan tanggung jawab untuk pengaturan dan pertimbangan keamanan yang terbagi pada kepentingan jalan raya dan rel kereta api. Pengguna jalan raya yang mendekati ke suatu

perlintasan kereta api harus memiliki pandangan yang baik dan tidak terhalang ke jalur masuk yang cukup untuk memungkinkan kontrol pada kendaraan. Selain ditinjau dari segi keselamatan, perlintasan juga berdampak terhadap tundaan kendaraan.

Karakteristik Lalu Lintas

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 (Soedirdjo, 2002).

Tabel 1. Kerangka dasar karakteristik lalu lintas

Karakteristik Lalu Lintas	Mikroskopik	Makroskopik
Arus	Waktu Antara (Time Headway)	Tingkat arus
Kecepatan	Kecepatan Individu	Kecepatan rata - rata
Kerapatan	Jarak Antara (Distance headway)	Tingkat kerapatan

Sumber : Soedirdjo, 2002

Gelombang Kejut

Gelombang kejut didefinisikan sebagai suatu gerakan pada arus lalu lintas yang terjadi akibat adanya perubahan nilai arus dan kerapatan lalu lintas (Soedirdjo, 2002). Gelombang kejut terbentuk ketika pada sebuah ruas jalan terdapat arus dengan kerapatan rendah yang diikuti oleh arus dengan kerapatan tinggi, dimana kondisi ini mungkin diakibatkan oleh kecelakaan, pengurangan jumlah lajur, atau jalur masuk ramp.

$$\omega_{DA} = \frac{V_D - V_A}{D_D - D_A} + \mu_A \quad (2.1)$$

$$\omega_{DB} = \frac{V_D - V_B}{D_D - D_B} = 0 \quad (2.2)$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_A - V_B}{D_A - D_B} = \frac{V_A}{D_B - D_A} \quad (2.3)$$

Dimana :

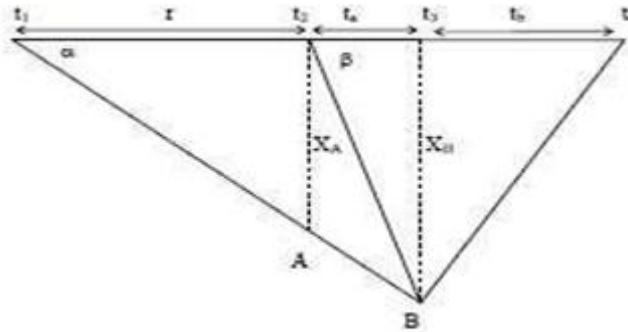
ω_{DA} = Gelombang Kejut dari titik awal D ($V_D = 0$ dan $D_D = 0$) ke titik A ($V_A \cdot D_A$).

ω_{DB} = Gelombang Kejut pada saat pintu perlintasan ditutup selama kendaraan berhenti sehingga $V_B = 0$ dan $D_B =$ kerapatan saat macet.

ω_{AB} = Gelombang Kejut saat nilai kerapatan arus pada kondisi volume kendaraan sama dengan volume kebutuhan ($V = V_A$) berangsur – angsur menjadi kerapatan macet (D_B).

Interval waktu antara t_2 dan t_3 :

$$t_a = r \left[\frac{\omega_{AB}}{\omega_{BC} - \omega_{AB}} \right] \quad (2.4)$$



Gambar 1. Lokasi antrian dan lokasi hilangnya antrian
(Sumber : Setyaningsih,2007)

Lokasi antrian dari garis henti pada waktu t_2 :

$$X_A = r \cdot \tan \alpha \quad (2.5)$$

$$\tan \alpha = \frac{V_A}{D_J - D_A} \quad (2.6)$$

Lokasi hilangnya antrian dari garis henti pada waktu t_3 :

$$X_B = \frac{r}{3600} \left[\frac{\omega_{BC} - \omega_{AB}}{\omega_{BC} - \omega_{AB}} \right] \quad (2.7)$$

Dimana : r = lamanya waktu penutupan pintu perlintasan = $t_2 - t_1$

Pada saat t_3 gelombang kejut gerak maju baru ω_{AC} terbentuk, dan dua gelombang kejut gerak mundur ω_{AB} dan ω_{BC} berakhir. Gelombang kejut ω_{AC} dapat dihitung dengan rumus :

$$\omega_{AC} = \frac{V_A - V_C}{D_A - D_C} \quad (2.8)$$

Periode waktu dari mulai pintu perlintasan dibuka sampai tingkat pelepasan garis henti turun dibawah nilai maksimum (t_2 sampai t_4) dapat dihitung sebagai berikut:

$$t_b = \frac{r \cdot \omega_{AB}}{\omega_{BC} - \omega_{AB}} \left[\frac{\omega_{BC}}{\omega_{AC}} + 1 \right] \quad (2.9)$$

Jumlah Kendaraan yang mengalami antrian :

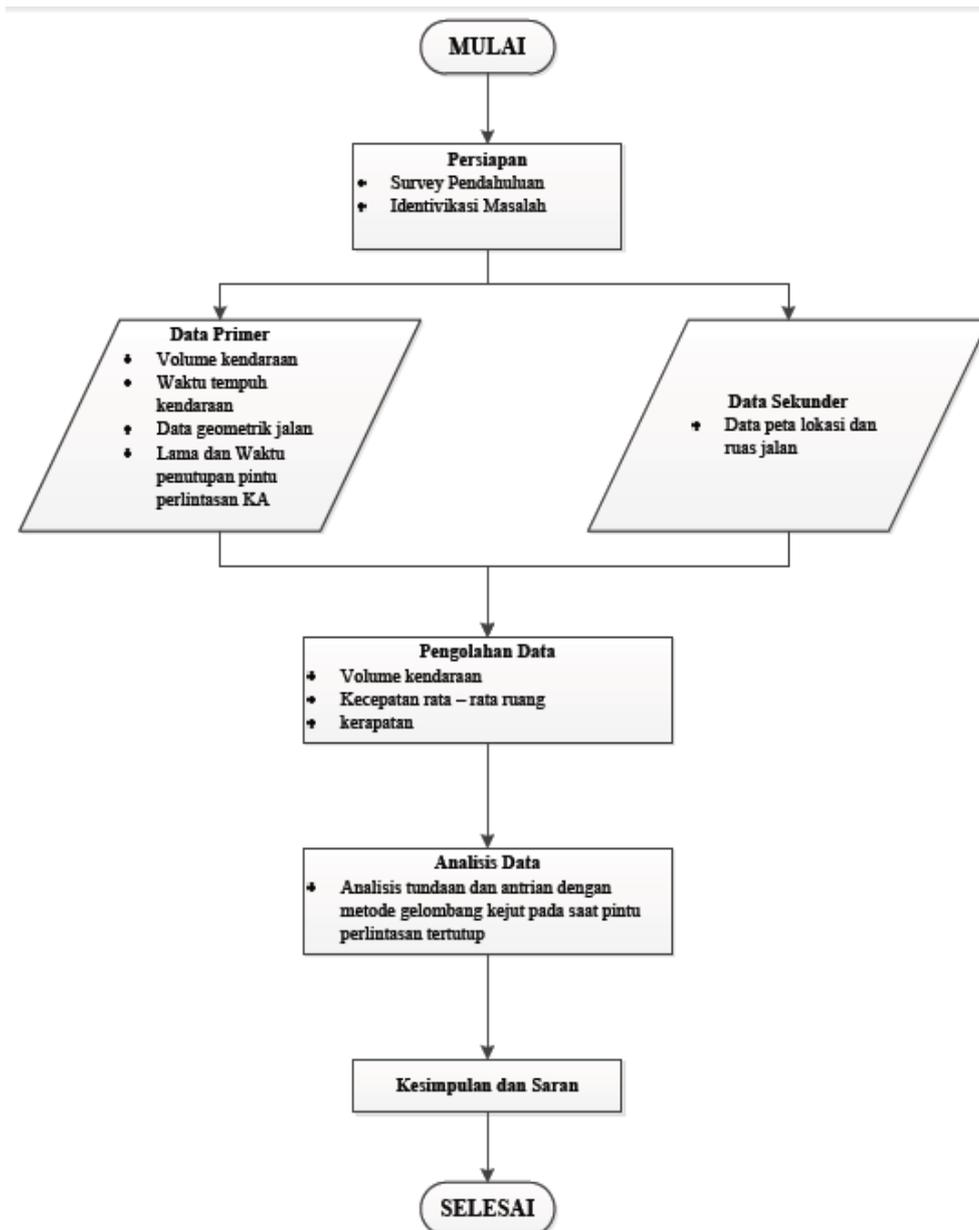
$$N = (r + t_a) \times V_a \quad (2.10)$$

Tundaan yang terjadi adalah :

$$T = \frac{1}{2} \times r + N \quad (2.11)$$

3. METODE PENELITIAN

Pada sebuah penelitian dibutuhkan suatu rancangan penelitian dengan menggunakan prosedur yang tepat sehingga agar didapatkan data yang optimal. Agar penelitian ini terarah dibutuhkan diagram alir sebagai pedoman pelaksanaan. Berikut ini adalah diagram alir pelaksanaan penelitian yang akan digunakan.



Gambar 2. Diagram Alir
(Sumber : Data Pribadi)

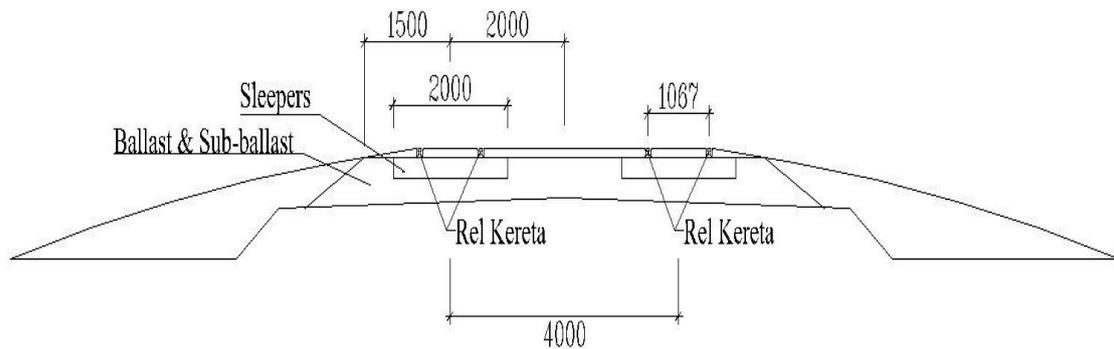
4. DATA DAN ANALISIS

Geometrik Jalan

Ruas Jalan dan perlintasan kereta api yang menjadi lokasi penelitian, terdiri dari 4 lajur 2 arah dan terbagi dengan pemisah median. Adapun data geometrik lokasi penelitian, dapat dilihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



Gambar 3. Potongan A
(Sumber : Data Pribadi)



Gambar 4. Potongan B
(Sumber : Data Pribadi)

Data Volume Lalu Lintas

Data lalu lintas dibedakan berdasarkan lokasi dan jam pengamatan. Setelah pelaksanaan survei lapangan dilakukan, diperoleh data dengan volume lalu lintas yang sangat bervariasi, kemudian dari data - data tersebut diambil data satu jam maksimum sebagai langkah perhitungan selanjutnya. Hasil survei volume lalu lintas dalam periode 15 menit kemudian dikalikan 4 untuk memperoleh nilai volume dalam periode 1 jam.

Tabel 2. Nilai Volume Maksimum Pada Lokasi Pengamatan 1
(Arah ke Jalan Ngagel Jaya Selatan)

Waktu	SM	KR	KB	ekr/15 menit	ekr/jam
07.00 - 07.15	524	143	7	282.40	1129.6
07.15 - 07.30	416	135	4	243.80	975.2
07.30 - 07.45	437	158	8	276.85	1107.4
07.45 - 08.00	613	166	5	325.25	1301

Sumber : Hasil survey dan perhitungan

Tabel 3. Nilai Volume Maksimum Pada Lokasi Pengamatan 2
(Arah ke Jalan Ngagel Jaya Selatan)

Waktu	SM	KR	KB	ekr/15 menit	ekr/jam
07.00 - 07.15	581	166	7	319.65	1278.6
07.15 - 07.30	448	146	4	262.80	1051.2
07.30 - 07.45	471	158	6	282.95	1131.8
07.45 - 08.00	652	178	5	347.00	1388

Sumber : Hasil survey dan perhitungan

Data Kecepatan Rata-rata Ruang Kendaraan

Dalam menganalisis hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan lalu lintas digunakan kecepatan rata - rata ruang (\bar{U}_{sr}) sebagai parameter kecepatan. Kecepatan rata-rata ruang (\bar{U}_{sr}),

diperoleh dari hubungan antara kecepatan setempat (\bar{U}_t) dengan standar deviasi (S) dimana $\bar{U}_{sr} = \bar{U}_t - (S^2 / \bar{U}_t)$.

Data kecepatan setempat didapatkan dari hasil bagi antara jarak pengamatan dengan waktu tempuh kendaraan. Data waktu tempuh pada survey lapangan diperoleh dengan cara mencatat waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk melewati jarak pengamatan tertentu. Dari hasil survei didapatkan kecepatan rata-rata kendaraan <40 km/jam sehingga berdasarkan **Tabel 2.1** panjang lintasan pengamatan yang dianjurkan adalah 25 m.

Tabel 4. Nilai Kecepatan Rata – rata Ruang dari Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Pada Lokasi Pengamatan 1 (Arah ke Jalan Ngagel Jaya Selatan)

Waktu	Jarak (m)	Waktu tempuh (detik)	Kecepatan = Jarak / Waktu (km/jam*3.6)	\bar{X}_1	$(X - \bar{X}_1)$	$(X - \bar{X}_1)^2$	S^2	S	Kecepatan Rata - rata Ruang (Usr)
07.00 - 07.15	25	6.94	12.97	13.39	-0.42	0.18	1.01	1.01	6.79
07.15 - 07.30	25	6.15	14.63	13.39	1.25	1.55	1.01	1.01	5.99
07.30 - 07.45	25	6.52	13.80	13.39	0.42	0.17	1.01	1.01	6.36
07.45 - 08.00	25	7.41	12.15	13.39	-1.24	1.54	1.01	1.01	7.27
			13.39			0.86			

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5. Nilai Kecepatan Rata – rata Ruang dari Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Pada Lokasi Pengamatan 2 (Arah ke Jalan Ngagel Jaya Selatan)

Waktu	Jarak (m)	Waktu tempuh (detik)	Kecepatan = Jarak / Waktu (km/jam*3.6)	\bar{X}_1	$(X - \bar{X}_1)$	$(X - \bar{X}_1)^2$	S^2	S	Kecepatan Rata - rata Ruang (Usr)
07.00 - 07.15	25	8.04	11.19	11.26	-0.06	0.00	1.04	1.02	7.91
07.15 - 07.30	25	7.43	12.11	11.26	0.86	0.74	1.04	1.02	7.29
07.30 - 07.45	25	7.82	11.51	11.26	0.25	0.06	1.04	1.02	7.69
07.45 - 08.00	25	8.82	10.20	11.26	-1.05	1.10	1.04	1.02	8.70
			11.26			0.48			

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan Kerapatan

Setelah volume lalu lintas (V) dan kecepatan rata rata ruang (\bar{U}_{sr}) diperoleh, dapat dihitung besarnya kerapatan yang terjadi yaitu hasil bagi antara volume lalu lintas dengan kecepatan. Sebagai contoh diambil perhitungan dari data lokasi pengamatan 1 Arah ke Jaln Ngagel Jaya Selatan dengan interval 15 menit periode waktu 07.00 – 08.00 WIB.

Tabel 6. Perhitungan Kecepatan, Kerapatan dan Volume Pada Lokasi Pengamatan 1
(Arah ke Jalan Ngagel Jaya Selatan)

No	Volume V (ekr/jam)	Kecepatan \bar{U}_s (km/jam)	Kerapatan D (ekr/km)
1	1129.60	6.79	166.26
2	975.20	5.99	162.93
3	1107.40	6.36	173.99
4	1301.00	7.27	178.87

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. Perhitungan Kecepatan, Kerapatan dan Volume Pada Lokasi Pengamatan 2
(Arah ke Jalan Ngagel Jaya Selatan)

No	Volume V (ekr/jam)	Kecepatan \bar{U}_s (km/jam)	Kerapatan D (ekr/km)
1	1278.60	7.91	161.64
2	1051.20	7.29	144.21
3	1131.80	7.69	147.25
4	1388.00	8.70	159.51

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan Antrian dan Tundaan

Antrian terjadi karena adanya kendaraan yang tidak terlayani atau disimpan selama periode waktu tertentu, yaitu selama pintu perlintasan ditutup. Perhitungan tundaan yang disebabkan oleh pintu perlintasan yang tertutup menghasilkan nilai tundaan akibat volume yang terhalang oleh penutupan pintu perlintasan. Pada analisa gelombang kejut (*Shock Wave Analysis*), tundaan rata-rata yang terjadi dipengaruhi oleh lama penutupan dan waktu pelepasan antrian.

Tabel 8. Perhitungan Tundaan dan Antrian Pada Saat Pintu Perlintasan Tertutup Dengan Menggunakan Metode Gelombang Kejut (Arah ke Jalan Ngagel Jaya Selatan)

Interval Waktu	VA	VB	Vm	DA	DB	DC	Kecepatan Gelombang Kejut			r	ta	XA	XB	tb	N	Tundaan Rata - rata
	(ekr/jam)	(ekr/jam)	(ekr/jam)	(ekr/km)	(ekr/km)	(ekr/km)	ω_{AB}	ω_{BC}	ω_{AC}							
	a	b	c	d	e	f	$g = \frac{(a-b)}{(d-e)}$	$h = \frac{(b-c)}{(e-f)}$	$i = \frac{(a-c)}{(d-f)}$	j	$k = \frac{jk}{(h-g)}$	$l = \frac{ja}{(e-d)}$	$m = \frac{j}{3600} \cdot \frac{(hg)}{(h-g)}$	$n = \frac{jk}{(h-g)}$	$o = \frac{(j+k)a}{3600}$	$p = \frac{(j+o)}{2}$
06:58:52 - 07:01:06	1156	0	1388.00	181.850	161.64	80.820	57.2017	-17.1739	-2.2964	134	-103.0583	-7665.023	0.4916429	-72.11668	9.935711	71.967856
07:04:20 - 07:05:53	971	0	1388.00	152.747	161.64	80.820	109.186	-17.1739	-5.7975	93	-80.36016	10154.33	0.3833606	-67.72033	3.409245	48.204622
07:10:24 - 07:11:37	794	0	1388.00	124.904	161.64	80.820	21.6132	-17.1739	-13.4744	73	-40.67752	1577.763	0.1940533	-8.355034	7.128903	40.064452
07:25:43 - 07:27:18	1129	0	1388.00	177.602	161.64	80.820	70.7312	-17.1739	-2.6761	95	-76.43996	-6719.461	0.3646592	-57.87993	5.820634	50.410317
07:33:52 - 07:35:30	1056	0	1388.00	166.119	161.64	80.820	235.806	-17.1739	-3.8922	88	-82.02599	-20750.94	0.3913075	-76.05199	1.752375	44.876187
07:43:11 - 07:44:15	774	0	1388.00	121.758	161.64	80.820	19.4068	-17.1739	-14.9986	64	-33.95325	1242.033	0.161975	-3.906498	6.460051	35.230026
07:54:17 - 07:55:40	843	0	1388.00	132.612	161.64	80.820	29.0403	-17.1739	-10.5229	83	-52.1559	2410.342	0.2488113	-21.31181	7.222659	45.11133
02:59:32 - 03:00:40	656	0	1388.00	103.195	161.64	80.820	11.2241	-17.1739	-32.7155	68	-26.87653	763.2406	0.1282153	14.24695	7.493611	37.746805
03:03:17 - 03:04:24	724	0	1388.00	113.892	161.64	80.820	15.1628	-17.1739	-20.0775	67	-31.41652	1015.907	0.1498735	4.166951	7.156232	37.078116
03:15:04 - 03:15:56	756	0	1388.00	118.926	161.64	80.820	17.6989	-17.1739	-16.5855	52	-26.3914	920.3414	0.125901	-0.782791	5.377807	28.688903
03:23:31 - 03:24:36	764	0	1388.00	120.184	161.64	80.820	18.4291	-17.1739	-15.8520	65	-33.64582	1197.893	0.1605084	-2.291639	6.654054	35.827027
03:32:25 - 03:33:21	755	0	1388.00	118.769	161.64	80.820	17.6106	-17.1739	-16.6806	56	-28.35152	986.1939	0.1352518	-0.703042	5.7985	30.89925
03:34:43 - 03:35:54	807	0	1388.00	126.949	161.64	80.820	23.262	-17.1739	-12.5953	71	-40.84492	1651.601	0.1948519	-10.68984	6.759764	38.879882
04:59:09 - 05:00:31	1056	0	1388.00	166.119	161.64	80.820	235.806	-17.1739	-3.8922	82	-76.43331	-19336.1	0.3646274	-70.86663	1.632895	41.816447
05:04:11 - 05:05:14	976	0	1388.00	153.534	161.64	80.820	120.397	-17.1739	-5.6661	63	-55.13529	7585.023	0.2630246	-47.27059	2.132209	32.566105
05:27:45 - 05:29:06	1124	0	1388.00	176.816	161.64	80.820	74.0677	-17.1739	-2.7501	112	-90.91886	-8295.586	0.4337312	-69.83772	6.582	59.291
05:43:38 - 05:44:42	1056	0	1388.00	166.119	161.64	80.820	235.806	-17.1739	-3.8922	64	-59.65527	-15091.59	0.2845873	-55.31054	1.274454	32.637227

Sumber : Hasil Perhitungan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil dari analisis antrian dan tundaan dengan menggunakan metode Gelombang Kejut (*Shock Wave Analysis*) maka diperoleh:
 - Untuk arah ke Jalan Ngagel Jaya Selatan : kondisi antrian dan tundaan maksimum terjadi pada periode 06.58.52 – 07.01.06, dimana pada waktu itu ada dua kereta api sekaligus yang melintas bergantian dan menghasilkan waktu pelepasan $t_a = 103$ detik, waktu pemulihan $t_b = 72$ detik, panjang antrian maksimum = 492m, serta rata-rata tundaan sebesar 72 detik.
 - Untuk arah ke Jalan Dinoyo : kondisi antrian dan tundaan maksimum terjadi pada periode 06.58.52 – 07.01.06, dimana menghasilkan waktu pelepasan $t_a = 105$ detik, waktu pemulihan $t_b = 76$ detik, panjang antrian maksimum = 531 meter, serta rata-rata tundaan sebesar 73 detik.Kondisi antrian dan tundaan yang terjadi tergantung pada jumlah kendaraan yang masuk dan durasi penutupan perlintasan. Semakin besar kendaraan yang masuk dan semakin lama durasi penutupan pintu perlintasan kereta api maka waktu dan panjang antrian serta tundaan yang dialami oleh pengemudi kendaraan semakin besar.
2. Dari hasil perhitungan terhadap kecepatan rata-rata ruang yang terjadi, dapat memberikan hasil bahwa kecepatan rata-rata ruang pada lokasi pengamatan 1 lebih besar dibandingkan dengan lokasi pengamatan pengamatan 2, hal ini disebabkan pada lokasi pengamatan 2 pengemudi mengalami perlambatan karena menyadari bahwa akan memasuki perlintasan kereta api, dimana elevasi perlintasan tersebut juga lebih tinggi dari jalan raya.

Saran

1. Untuk mengurangi angka kemacetan yang terjadi di jalan Bung Tomo Surabaya, penulis mempunyai saran untuk membuat rekayasa lalu lintas untuk jalan tersebut, atau dengan membuat jalan Fly Over di jalan tersebut.
2. Dalam proses penelitian, pengukuran kecepatan dengan metode yang menggunakan alat bantu stopwatch dan counter, sangat mengandalkan kesigapan dan ketepatan pengamat, sehingga diperlukan metode pengukuran yang lebih baik.
3. Metode yang dibahas dalam penelitian ini dapat digunakan untuk meneliti pada lokasi lain.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A.A. 2008. *Rekayasa Lalu Lintas*. UMM Press. Malang.
- Amal, A.S; Bambang Pudjianto dan Eko Mujihartono. 2002. *Pengaruh Penutupan Pintu Perlintasan Kereta Api Terhadap Tundaan dan Panjang Antrian Kendaraan Pada Jalan Raya Malang- Surabaya KM 10*. Jurnal Pilar. UMM. Malang.
- Anonim. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 72 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Kereta Api.
- Anonim. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian.
- Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas Dan Angkutan Kota.1999. *Rekayasa Lalu Lintas*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1990. *Panduan Survey dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Said. 2004. *Kajian Satu Persimpangan Sebidang Jalan Dan Jalan Rel*. Thesis. ITB. Bandung.
- Setiyaningsih, Ika. 2007. *Karakteristik Lalu Lintas Pada Persilangan sebidang jalan Dan Jalan Rel*. Thesis. ITB. Bandung.
- Soedirdjoe, T.L. 2002. *Rekayasa Lalu Lintas*. ITB. Bandung
- Suwardi. 2005. *Pengaruh Lintasan Kereta Api Terhadap Lalu Lintas Jalan Slamet Riyadi Purwosari Surakarta*. Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi Vol 6. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.