

KEBUTUHAN FASILITAS  
PENYEBERANG JALAN DENGAN METODE GAP KRITIS  
(Studi Kasus Jalan Raya Semarang – Kendal Km. 16.50)

Y.I. Wicaksono, Joko Siswanto \*)

*Abstract*

*This study want to measure the performance of pedestrian facilities ( zebra cross), particularly the critical gap analysis to see the level of opportunity to cross the street safely. To support the recommendations that will be set in addition to the critical gap method will be investigated also waiting time and total time to cross the street and analysis of types of facilities based on the volume of pedestrian and vehicle volume as the raw determination of the crossing facility.*

*From some discussion can be summarized that according to the study analyzes the volume of pedestrian and vehicle volumes obtained by the recommended pedestrian facilities according to standard determination of the crossing facility is the type of pelican crossing with a separator. Based on the analysis of waiting time to cross the street, 93% require pedestrian waiting time, with the average waiting time to cross and the total time to cross at that location, which is 56.61 seconds and 79.25 seconds. The condition is very far from the pedestrian should not waiting more than 30 seconds.*

*Results of analysis of critical gaps, both based on the critical gap only in the morning or combined critical gap in the morning and afternoon shows very little chance of crossing the road owned by the defector, on the morning of 7 times for critical gap in only the morning and 11 times for a combination of critical gap Total 125 waders for 06.30 until 7:30 pm, and 20 times based on a critical gap only in the morning a and 29 times for critical gap combination of pedestrian total of 66 people over at 07.30 until 08:30 pm.*

*Thus based on the results of some analysis that has been done can be concluded that pedestrian facilities are not effectively to use zebra cross type . The proposed type of road crossing facilities on arterial roads for the pedestrian to use a pedestrian facility type like overpass or underpass to eliminate conflicts between the vehicle flow and a pedestrian crossing.*

*Key words: Arterial road, pedestrian, Critical Gap, Zebra Cross*

## **Pendahuluan**

Pertumbuhan sektor kegiatan sebagai upaya peningkatan perekonomian terus berkembang di Indonesia dan sebagai efek samping adalah timbulnya bangkitan perjalanan yang akan berpengaruh pada kinerja ruas jalan dimana pusat kegiatan berlokasi. Keberadaan jembatan penyeberangan dan *zebra cross* di kota – kota Indonesia, termasuk di wilayah Kota Semarang bukanlah hal yang baru bagi pejalan kaki yang akan menyeberang jalan, namun demikian keberadaan dan fungsi jembatan penyeberangan maupun *zebra cross* sampai sekarang seringkali masih kurang mendapat perhatian oleh pejalan kaki yang akan menyeberang jalan sehingga menimbulkan kesan bahwa keberadaan fasilitas penyeberang jalan yang disediakan tersebut tidak efektif. Berdasarkan pengamatan permasalahan kurang efektifnya fasilitas yang disediakan adalah karena belum ada penelitian mengenai jenis fasilitas penyeberang jalan yang tepat untuk disediakan pada setiap lokasi pusat bangkitan/tarikan seperti perusahaan, pusat retail atau sekolah yang berada pada sepanjang jalan arteri. Penelitian ini adalah menganalisa kinerja fasilitas pe-

nyeberang jalan yang telah disediakan saat ini, dengan lokasi terpilih sekitar pasar Mangkang (ruas jalan Semarang-Kendal Km. 16.50)

## **Studi Pustaka**

Pendekatan studi yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mencoba melihat karakteristik kejadian konflik antara kendaraan dengan penyeberang jalan dengan cara *survey time lag*.

## **Gap**

Faktor penting yang dipertimbangkan pejalan kaki yang akan menyeberang jalan adalah ketersediaan gap / celah atau waktu / jarak antara kendaraan pada arus lalu lintas utama yang cukup untuk bergabung dan menyeberang melintasi ke dalam arus lalu lintas.

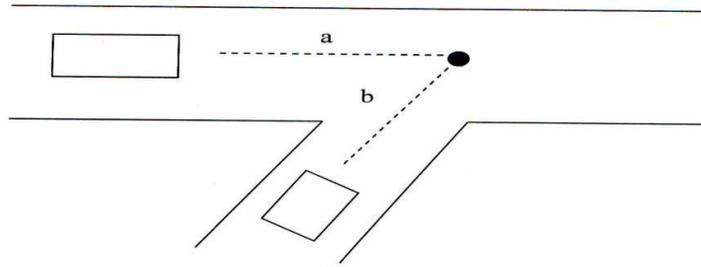
Variabel – variabel penting dalam interaksi tersebut adalah :

- Gap, didefinisikan sebagai waktu / jarak antara kendaraan pada arus mayor (utama) yang dipertimbangkan oleh pengemudi pada arus minor yang berharap untuk bergabung ke dalam arus mayor atau dalam penelitian ini adalah penyeberang jalan yang akan menyeberang jalan pada jalan mayor.
- Time lag, didefinisikan sebagai beda waktu antara kendaraan di arus mayor dengan penyeberang jalan ke suatu titik.

Time lag dan space lag dapat digambarkan pada Gambar 1.

---

\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro



Gambar 1. Time lag dan space lag

Ket : a = lama waktu kendaraan mencapai titik  
 b = lama waktu penyeberang jalan mencapai titik

Sehingga *time lag* dapat dirumuskan sebagai berikut :  $Lag = |a - b|$  ..... (1)

**Gap Kritis (Critical Gap)**

Gap kritis (*Critical Gap*) atau rata-rata minimum *time gap* yang dapat diterima, didefinisikan sebagai gap yang dapat diterima oleh 50 % pengemudi (Metode *Greenshield*) sedangkan *Raff* mendefinisikan sebagai gap yang mempunyai jumlah penolakan ( $> t$ ) = jumlah penerimaan ( $< t$ ).

Analisa *gap* kritis diperoleh dalam penelitian ini menggunakan metode grafis. Metode ini diterapkan oleh *Raff* dan *Hart* (1950) sebagaimana diuraikan dalam *Traffic and Highway Engineering* (Garber dan Hoel, 2002). Data yang diplotkan merupakan data *gap* ditolak dan *gap* diterima.

Konsep tentang *gap* kritis yang digunakan oleh *Raff* menggambarkan banyaknya *gap* yang diterima lebih pendek dibandingkan dengan banyaknya *gap* yang ditolak. Dalam metode grafis, dua kurva kumulatif

dapat dilihat pada Gambar 2, salah satunya merupakan kurva yang menghubungkan panjangnya waktu *gap/lag* t dengan banyaknya *gap* yang diterima kurang dari t detik, dan kurva yang lainnya menghubungkan t dengan banyaknya *gap* yang ditolak lebih besar dari t. Persilangan dua kurva ini memberikan nilai t untuk *gap* kritis.

Dengan menggunakan metode aljabar, dapat diidentifikasi panjang *gap* dimana *gap* kritis berada diantaranya. Ini dilakukan untuk membandingkan perubahan jumlah *gap/lag* yang diterima lebih kecil dari t detik (Tabel 1 kolom 2) untuk panjang *gap* berurutan, dengan perubahan jumlah *gap* yang ditolak lebih besar dari t detik (Tabel 1 kolom 3) untuk panjang *gap* berurutan. Panjang *gap* kritis berada diantara kedua panjang *gap* berurutan, dimana perbedaan antara kedua perubahan adalah minimal.

Tabel 1. Contoh Tabel untuk membuat kurva kumulatif *lag* diterima dan ditolak.

Waktu <i>Lag</i> ( t detik )	Jumlah <i>Lag</i> yang diterima ( < t detik )	Jumlah <i>Lag</i> yang ditolak ( > t detik )
(1)	(2)	(3)
0.0	0	116
1.0	2	103
2.0	12	66
3.0	32 = m	38 = r
4.0	57 = n	19 = p
5.0	84	6
6.0	116	0

Sumber : Garber dan Hoel., 2002

- m = Jumlah *lag* yang diterima pada saat  $t < t_1$
- r = Jumlah *lag* yang ditolak pada saat  $t > t_1$
- n = Jumlah *lag* yang diterima pada saat  $t < t_2$
- p = Jumlah *lag* yang ditolak pada saat  $t > t_2$  antara  $t_1$  dan  $t_2 = t_1 + \Delta t$



Tabel 2. Volume Lalu Lintas 2 Arah Pagi Hari

NO	WAKTU SURVAI	VOLUME LALU LINTAS (Kend)			JUMLAH	VOLUME LALU LINTAS ( Smp )			JUMLAH
		LV	HV	MC		LV	HV (1,2)	MC (0,25)	
1	06.30 - 06.40	212	79	1908	2199	212	94,8	477	783,8
2	06.40 - 06.50	172	69	1737	1978	172	82,8	434,25	689,05
3	06.50 - 07.00	160	76	2646	2882	160	91,2	661,5	912,7
4	07.00 - 07.10	233	95	496	824	233	114	124	471
5	07.10 - 07.20	188	63	460	711	188	75,6	115	378,6
6	07.20 - 07.30	209	74	443	726	209	88,8	110,75	408,55
	JUMLAH				9320				3643,7
7	07.30 - 07.40	175	64	963	1202	175	76,8	240,75	492,55
8	07.40 - 07.50	204	80	1658	1942	204	96	414,5	714,5
9	07.50 - 08.00	254	78	1886	2218	254	93,6	471,5	819,1
10	08.00 - 08.10	185	60	609	854	185	72	152,25	409,25
11	08.10 - 08.20	172	62	541	775	172	74,4	135,25	381,65
12	08.20 - 08.30	183	75	410	668	183	90	102,5	375,5
	JUMLAH				7659				3192,55

Tabel 3. Volume Lalu Lintas 2 Arah Sore Hari

NO	WAKTU SURVAI	VOLUME LALU LINTAS (Kend)			JUMLAH	VOLUME LALU LINTAS (Smp)			JUMLAH
		LV	HV	MC		LV	HV (1,2)	MC(0,25)	
1	15.00 - 15.10	213	117	264	594	213	140,4	66	419,4
2	15.10 - 15.20	205	123	279	607	205	147,6	69,75	422,35
3	15.20 - 15.30	199	120	282	601	199	144	70,5	413,5
4	15.30 - 15.40	238	130	275	643	238	156	68,75	462,75
5	15.40 - 15.50	206	101	257	564	206	121,2	64,25	391,45
6	15.50 - 16.00	223	110	360	693	223	132	90	445
	JUMLAH				3702				2554,45
7	16.00 - 16.10	266	92	361	719	266	110,4	90,25	466,65
8	16.10 - 16.20	297	140	394	831	297	168	98,5	563,5
9	16.20 - 16.30	189	91	254	534	189	109,2	63,5	361,7
10	16.30 - 16.40	229	115	253	597	229	188	63,25	430,25
11	16.40 - 16.50	199	123	279	601	199	147,6	69,75	416,35
12	16.50 - 17.00	211	110	308	629	211	132	77	420
	JUMLAH				3911				2658,45

Kondisi volume lalu lintas dan volume penyeberang jalan merupakan indikator dalam penentuan jenis fasilitas penyeberang jalan dari Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota Dirjen Perhubungan Darat agar fasilitas yang disediakan nantinya dapat berfungsi efektif.

Dari hasil data survei pada ruas jalan Semarang-Kendal Km 16.50 yang dilaksanakan selama 2 (dua) jam pagi dan 2 (dua) jam sore yaitu menyesuaikan jadwal masuk dan pulang pengguna pasar, maka analisa jenis fasilitas pada tiap waktu pengamatan berdasarkan perhitungan  $PV^2$  dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Analisa Jenis Fasilitas Penyeberang Jalan Berdsasarkan PV<sup>2</sup>

Waktu Pengamatan	Volume Penyeberang Jalan (P) Org/Jam	Volume Kendaraan Smp/Jam	PV <sup>2</sup>	Jenis Fasilitas yang Direkomendasikan
06.30-07.30	125	3.644	1.659.842.000	Pelican Crossing Dengan Pemisah
07.30-08.30	66	3.193	672.886.434	Pelican Crossing Dengan Pemisah
15.00-16.00	12	2.554	78.274.992	Tidak Perlu Penyeberangan
16.00-17.00	45	2.659	318.162.645	Pelican Crossing Dengan Pemisah

Sumber : Hasil Analisa

Hasil analisa diatas terlihat bahwa pada volume penyeberang jalan terendah sebanyak 12 orang atau pada pukul 15.00 s/d 16.00 WIB tidak diperlukan fasilitas penyeberang jalan, sedangkan pada ketiga waktu pengamatan yang lain jenis fasilitas yang direkomendasikan adalah jenis *Pelican Crossing Dengan Pemisah*.

Dari Tabel 4. terlihat bahwa karakteristik penyeberang jalan mempunyai fluktuasi yang tidak merata dalam satu jam baik pada pagi maupun sore hari dengan kecenderungan bergerombol mendekati saat-saat jam masuk dan sehabis jam pulang kantor saja, sedangkan diluar waktu tersebut jumlah penyeberang cenderung sedikit. Volume penyeberang jalan perjam secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Jumlah Penyeberang Jalan

No	Waktu	Penyeberang Per Jam		Jumlah ( Org )	Persentase Per Jam	
		Pada Zebra Cross	Tidak Pada Zebra Cross		Pada Zebra Cross	Tidak Pada Zebra Cross
1	06.30 – 07.30	0	125	125	0,0 %	100 %
2	07.30 – 08.30	0	66	66	0,0 %	100 %
3	15.00 – 16.00	12	0	12	100,0 %	0 %
4	16.00 – 17.00	45	0	45	100,0 %	0 %
JUMLAH		57	191	248		

Dari hasil pengolahan data lag diterima dan ditolak, untuk memudahkan analisa maka data lag diterima dan lag ditolak dituangkan direkap dalam tabel-tabel

berikut baik kendaraan dari Barat ke Timur maupun kendaraan dari Timur ke Barat:

Tabel 6. Data Lag Diterima Dan Lag Ditolak pada Pagi Hari bagi Penyeberang Jalan

No.	Dari Utara ke Selatan dan Kendaraan dari Barat ke Timur		Dari Selatan ke Utara dan Kendaraan dari Timur ke Barat	
	Lag Diterima Pada saat $t < t_1$ dan $t < t_2$ (detik)	Lag Ditolak Pada saat $t > t_1$ , $t > t_2$ atau antar $t_1$ dan $t_2$ (detik)	Lag Diterima Pada saat $t < t_1$ dan $t < t_2$ (detik)	Lag Ditolak Pada saat $t > t_1$ , $t > t_2$ atau antar $t_1$ dan $t_2$ (detik)
1	2,79	2,00	5,00	0,33
2	4,33	2,50	4,17	2,42
3	2,00	3,54	4,88	1,50
4	3,88	2,13	1,92	0,04
5	2,58	1,83	4,04	0,33
6	5,29	1,63	4,63	1,21

7	1,71	1,42	22,38	0,75
8	0,21	2,00	3,63	1,25
9	2,75	2,21	2,25	1,13
10	3,33	1,46	1,29	2,88
11	4,25	1,79	4,46	2,33
12	3,54	1,54	8,50	1,38
13	2,25	2,63	2,25	1,54
14	4,06	2,58	1,88	0,67
15		2,25	13,08	1,50
16		3,08		2,63
17		2,67		2,29
18		2,25		3,17
19		2,67		3,04
20		1,58		3,00
21		2,58		2,46
22		0,54		2,46
23		2,75		3,63
24		0,13		1,04
25		1,88		2,58
26		2,96		2,96
27		2,92		2,04
28		3,25		1,04
29		1,50		

Berdasarkan data lag diterima dan lag ditolak seperti Tabel 7, maka perhitungan gap kritis penyeberang dari

kedua arah dan kendaraan dari kedua arah dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Data Lag Diterima Dan Lag Ditolak pada Sore Hari bagi Penyeberang Jalan

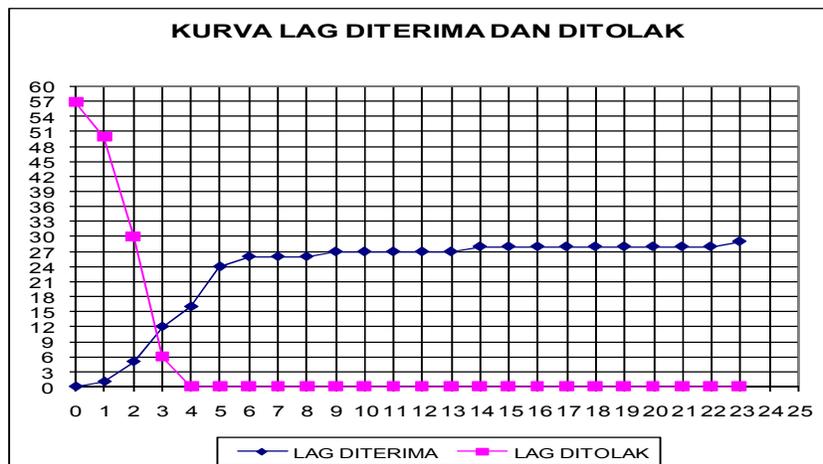
No.	Dari Utara ke Selatan Dan Kendaraan Dari Timur ke Barat		Dari Selatan ke Utara Dan Kendaraan Dari Barat ke Timur	
	Lag Diterima Pada saat $t < t_1$ dan $t < t_2$ (detik)	Lag Ditolak Pada saat $t > t_1$ , $t > t_2$ atau antar $t_1$ dan $t_2$ (detik)	Lag Diterima Pada saat $t < t_1$ dan $t < t_2$ (detik)	Lag Ditolak Pada saat $t > t_1$ , $t > t_2$ atau antar $t_1$ dan $t_2$ (detik)
1	6,71	3,29	0,83	0,67
2	4,92	2,58	1,13	2,17
3	3,96	1,75	1,75	2,17
4	3,00	0,96	1,13	0,96
5	1,75	0,92	2,92	1,79
6	2,21	1,29	4,00	2,29
7	1,96	2,29	0,67	0,71
8	0,21	0,83	6,00	
9		0,96	5,92	
10		2,58	7,58	
11		1,50	3,17	
12		1,83	6,08	
13		1,54	0,50	
14		3,25	4,79	
			12,17	

Berdasarkan data lag diterima dan lag ditolak diatas dan dengan menggunakan bantuan tabel dan gambar kurva perhitungan gap kritis, berikut adalah perhitu-

ngan gap kritis untuk gap kritis pagi, sore dan gap kritis gabungan.

Tabel 8. Perhitungan Gap Kritis Penyeberang Dari Kedua Arah Dan Kendaraan Dari Kedua Arah

Lama Lag t ( detik )	Jumlah Lag Diterima < t ( detik )	Jumlah Lag Ditolak > t ( detik )
0,0	0	78
1,0	5	64
2,0	14	38
3,0	23	8
4,0	30	0
5,0	41	0
6,0	44	0
7,0	47	0
8,0	48	0
9,0	48	0
10,0	48	0
11,0	48	0
12,0	49	0
13,0	50	0
14,0	51	0
15,0	51	0
16,0	51	0
17,0	51	0
18,0	51	0
19,0	51	0
20,0	51	0
21,0	51	0
22,0	51	0
23,0	52	0



Gambar 3. Grafik Kurva Lag Diterima dan Ditolak

Sehingga perhitungan lag kritis menjadi;

$$\begin{aligned}
 \text{Lag Kritis} &= t_1 + \frac{\Delta t (r - m)}{(n - p) + (r - m)} \\
 &= 2 + \frac{1(38 - 14)}{(23 - 8) + (38 - 14)} \\
 &= 2 + \frac{24}{15 + 24} \\
 &= 2 + 0,6153 \\
 &= 2,62 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dari gap kritis hasil perhitungan di atas, dengan menggunakan formula perhitungan peluang penyeberang jalan;

$$\text{Frek} (h \geq t) = (V - 1) e^{-\lambda t}$$

Diperoleh peluang penyeberang jalan secara aman pada masing - masing waktu penelitian dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Peluang Menyeberang Jalan Pada Setiap Waktu Pengamatan

No.	Waktu Pengamatan	Volume Kend.	Gap Kritis (t) (detik)	E	(V - 1) (kend)	$\lambda$ (detik)	$\lambda \cdot t$	$e^{-\lambda t}$	(h $\geq$ t) (Org)
1	06.30 – 07.30	9320	2,62	2,71828	9319	2,59	6,78	0,0011	11
2	07.30 – 08.30	7659	2,62	2,71828	7658	2,13	5,57	0,0038	29
3	15.00 – 16.00	3702	2,62	2,71828	3701	1,03	2,69	0,0676	250
4	16.00 – 17.00	3911	2,62	2,71828	3910	1,09	2,85	0,0581	227

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dengan menggunakan metode perhitungan yang sama dengan formula (9) dan (10), dapat dihitung peluang menyeberang yang dimiliki oleh penyeberang jalan

pada beberapa kondisi volume kendaraan per 500 kendaraan dengan kondisi gap 2,62 detik seperti Tabel 11.

Tabel 10. Analisa Jumlah Peluang Penyeberang Jalan Dengan Gap Kritis 2,62 Detik Pada Volume Lalu Lintas Per 500 Kendaraan

No	GAP	Volume Kend.	e	(V - 1)	$\lambda$ (detik)	$\lambda \cdot t$	KEMUNGKINAN		JUMLAH GAP/PELUANG	
							P(h $\geq$ t) (%)	P(h<t) (%)	(h $\geq$ t) (Org)	(h<t) (Kend)
1	2,62	10000	2,71828	9999	2,78	7,28	0,0007	0,9993	7	72771
2	2,62	9500	2,71828	9499	2,64	6,91	0,0010	0,9990	9	9490
3	2,62	9000	2,71828	8999	2,50	6,55	0,0014	0,9986	13	8986
4	2,62	8500	2,71828	8499	2,36	6,19	0,0021	0,9979	17	8482
5	2,62	8000	2,71828	7999	2,22	5,82	0,0030	0,9970	24	7975
6	2,62	7500	2,71828	7499	2,08	5,46	0,0043	0,9957	32	7467
7	2,62	7000	2,71828	6999	1,94	5,09	0,0061	0,9939	43	6956
8	2,62	6500	2,71828	6499	1,81	4,73	0,0088	0,9912	57	6442
9	2,62	6000	2,71828	5999	1,67	4,37	0,0127	0,9873	76	5923
10	2,62	5500	2,71828	5499	1,53	4,00	0,0183	0,9817	100	5399
11	2,62	5000	2,71828	4999	1,39	3,64	0,0263	0,9737	131	4868
12	2,62	4500	2,71828	4499	1,25	3,28	0,0378	0,9622	170	4329
13	2,62	4000	2,71828	3999	1,11	2,91	0,0544	0,9456	218	3781
14	2,62	3500	2,71828	3499	0,97	2,55	0,0783	0,9217	274	3225
15	2,62	3000	2,71828	2999	0,83	2,18	0,1127	0,8873	338	2661
16	2,62	2500	2,71828	2499	0,69	1,82	0,1621	0,8379	405	2094
17	2,62	2000	2,71828	1999	0,56	1,46	0,2333	0,7667	466	1533
18	2,62	1500	2,71828	1499	0,42	1,09	0,3357	0,6643	503	996
19	2,62	1000	2,71828	999	0,28	0,73	0,4830	0,5170	482	517
20	2,62	500	2,71828	499	0,14	0,36	0,6950	0,3050	347	152

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dari hasil analisa peluang menyeberang jalan dengan metode gap kritis, terlihat bahwa ketersediaan peluang menyeberang jalan pada jam – jam sibuk atau jam masuk pengguna ternyata sangat kecil, sehingga berdasarkan analisis gap kritis, untuk dapat menyeberang jalan dengan aman maka hanya sebanyak 11 orang pada jam 06.30 s/d 07.30 WIB dan pada jam 07.30 s/d 08.30 WIB sebanyak 29 orang. Dengan demikian dapat diartikan pula bahwa tidak semua pengguna yang menyeberang pada saat masuk pasar dapat menyeberang dengan aman dan tanpa mengganggu kendaraan yang lewat.

Selain itu dari analisa terlihat pula bahwa semakin besar volume kendaraan maka semakin kecil tingkat peluang menyeberang yang dimiliki oleh pejalan kaki.

### **Kesimpulan**

Sesuai standar Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota Dirjen Perhubungan Darat, maka pada saat volume penyeberang jalan terendah sebanyak 12 orang atau pada pukul 15.00 s/d 16.00 WIB tidak diperlukan fasilitas penyeberang jalan, sedangkan pada ketiga waktu pengamatan yang lain jenis fasilitas yang direkomendasikan adalah jenis *Pelican Crossing* Dengan Pemisah.

Penggunaan jenis fasilitas penyeberang jalan *zebra cross* yang disediakan tidak efektif untuk penyeberang jalan pada jalan arteri yang mempunyai desain rencana di atas 70 km/jam serta kepadatan arus lalu lintas yang tinggi.

Fasilitas penyeberang jalan tidak sebidang seharusnya merupakan solusi untuk mengatasi permasalahan lalu lintas pada ruas jalan tersebut.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan pada pemerintah Kota Semarang dalam merencanakan fasilitas penyeberang jalan, sehingga penyeberang jalan maupun pengemudi kendaraan merasa aman dan nyaman dalam melakukan perjalanan.

### **Daftar Pustaka**

1. Abubakar, I., 1995 *Menuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang Tertib*, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta.
2. Alvinsyah dan Soekoda S, *Dasar – dasar Sistem Transportasi*, Laboratorium Transportasi FTUI, Jakarta
3. Box, P. C. & Oppenlander, J. C., 1976 *Manual of Traffic Engineering Studies*, Institute of Transportation Engineers, Virginia.
4. Garber, N.J. & Hoel, L. A., 2002 *Traffic and Highway Engineering*, University of Virginia.
5. Ismiyati, 2003 *Statistika dan Aplikasinya*, Universitas Diponegoro, Semarang.
6. May, A.D., 1990, *Traffic Flow Fundamental*, University of California, Berkeley
7. Morlok, E.K, 1998 *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta
8. PT. Bina Karya, 1996 *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta.

