

ANALISIS OPERASIONAL WAKTU SINYAL LAMPU LALULINTAS PADA TEMPAT PENYEBERANGAN PEJALAN KAKI DI RUAS JALAN PAHLAWAN KOTA MADIUN

Endah Supriyani
Mahasiswa Jurusan Sipil
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jln. MT. Haryono 167
Malang 65145
Telp.: (0341) 580120

Abstrak

Salah satu upaya untuk membantu pejalan kaki dalam menyeberang jalan secara aman dan teratur adalah dengan penggunaan fasilitas penyeberangan pejalan kaki yang dilengkapi dengan lampu lalu lintas untuk mengatur waktu penyeberangan. Namun, fasilitas lampu penyeberangan dengan sistem tombol (tidak otomatis) tidak bisa dimanfaatkan secara optimal oleh pejalan kaki penyeberang jalan, seperti yang terjadi di ruas Jalan Pahlawan Kota Madiun (depan Plaza Madiun). Oleh karena itu perlu analisis yang lebih mendalam tentang operasional lampu lalu lintas untuk penyeberangan pejalan kaki tersebut.

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data primer berupa volume pejalan kaki penyeberang jalan dan volume lalu lintas kendaraan pada waktu sebelum buka plaza (pukul 08.00 – 10.00 WIB), pada saat buka plaza (pukul 10.00 – 21.00 WIB) dan pada waktu setelah plaza tutup (pukul 21.00 – 22.00 WIB) pada ruas Jalan Pahlawan Kota Madiun pada hari akhir pekan (Sabtu, 2 Juli 2005 dan Minggu, 3 Juli 2005), serta hari kerja (Senin, 4 Juli 2005 dan Rabu, 6 Juli 2005). Data sekunder berupa peta wilayah dan data jumlah penduduk Kota Madiun.

Hasil penelitian menunjukkan waktu siklus (C) lampu penyeberangan dan tundaan yang dialami oleh pejalan kaki (d_p) sebagai berikut : a) Hari akhir pekan : C sebelum plaza buka = 820 detik dan $d_p = 344,721$ detik, C saat plaza buka = 270 detik dan $d_p = 51,298$ detik, C setelah plaza tutup = 940 detik dan $d_p = 400,529$ detik. b) Hari kerja : C sebelum plaza buka = 820 detik dan $d_p = 344,721$ detik, C saat plaza buka = 360 detik dan $d_p = 109,293$ detik, C setelah plaza tutup = 940 detik dan $d_p = 400,529$ detik. Dari analisis dapat diketahui pula kinerja ruas jalan setelah adanya pengaturan lampu lalu lintas untuk penyeberangan pejalan kaki sebagai berikut : a) Hari akhir pekan : sebelum plaza buka derajat kejenuhan (DS) = 0,357 mengakibatkan tundaan kendaraan (d_v) = 4,701 detik/kendaraan, saat plaza buka DS = 0,561 mengakibatkan $d_v = 32,341$ detik/kendaraan, dan setelah plaza tutup DS = 0,217 mengakibatkan $d_v = 3,863$ detik/kendaraan. b) Hari kerja : sebelum plaza buka DS = 0,320 mengakibatkan $d_v = 4,477$ detik/kendaraan, saat plaza buka DS = 0,383 mengakibatkan $d_v = 13,714$ detik/kendaraan, dan setelah plaza tutup DS = 0,186 mengakibatkan $d_v = 3,730$ detik/kendaraan. Dari hasil analisis terhadap operasional waktu siklus lampu lalu lintas pada tempat penyeberangan pejalan kaki menunjukkan bahwa operasional lampu lalu lintas tersebut dapat mengakomodasi pejalan kaki yang akan menyeberang jalan, tetapi harus juga memperhatikan tundaan yang dialami oleh pejalan kaki dan kendaraan bermotor.

Kata-kata kunci: Analisis Operasional waktu sinyal rambu lalu lintas

PENDAHULUAN

Kedatangan pejalan kaki yang akan menyeberang jalan seringkali tidak dapat bersamaan waktunya. Kadangkala pejalan kaki menyeberang secara berkelompok dan tidak jarang pula menyeberang secara sendiri-sendiri. Hal ini akan berpengaruh terhadap lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penyeberangan di lampu lalu lintas secara aman dan nyaman baik bagi pejalan kaki sendiri maupun bagi pengendara kendaraan bermotor di ruas jalan tersebut.

Kasus yang terjadi di tempat penyeberangan dengan lampu lalu lintas di ruas jalan Pahlawan Kota Madiun adalah banyak pejalan kaki yang akan menyeberang jalan tidak memanfaatkan fasilitas lampu lalu lintas untuk penyeberangan. Hal itu dikarenakan lampu penyeberangan tersebut dioperasikan dengan sistem tombol, sehingga banyak pejalan kaki yang kurang mengetahui cara mengoperasikannya. Dari situlah sering terjadi konflik antara pejalan kaki dengan pengendara kendaraan, yang pada akhirnya bisa menimbulkan kecelakaan lalulintas.

Maka dari itu perlu adanya pengaturan lampu lalu lintas untuk penyeberangan pejalan kaki, dalam hal ini adalah pengaturan waktu yang dibutuhkan agar penyeberangan bisa lebih aman dan efektif serta tidak menimbulkan tundaan yang besar bagi lalu lintas kendaraan.

Batasan dan Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini perlu diberikan batasan masalah agar lebih terarah (spesifik), yaitu:

- (1) Penelitian dilakukan di Jalan Pahlawan Kota Madiun, tepatnya terhadap lampu penyeberangan didepan Matahari Mall (Plaza Madiun)
- (2) Pejalan kaki (penyeberang jalan) dianggap melewati (mengggunakan) fasilitas yang ada
- (3) Pejalan kaki yang bukan penyeberang jalan tidak diperhitungkan karena penelitian ini difokuskan pada pengaturan lampu penyeberangan bagi pejalan kaki.
- (4) Penelitian dilakukan pada pukul 08.00 – 12.00 WIB dan pukul 17.00 – 22.00 WIB pada hari:
 - Sabtu dan Minggu (2 dan 3 Juli 2005) mewakili situasi pada hari akhir pekan
 - Senin dan Rabu (4 dan 6 Juli 2005) mewakili situasi pada hari kerja.
- (5) Analisis dalam studi ini menggunakan rumus-rumus yang ada dalam *US Highway Capacity Manual, 2000* dan *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*.
- (6) Tidak membahas analisis ekonomi

Adapun tujuan studi yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

- (1) Menentukan operasional waktu sinyal lampu lalu lintas untuk penyeberangan pejalan kaki yang sesuai.
- (2) Mengetahui kinerja ruas Jalan Pahlawan Kota Madiun setelah adanya penngaturan lampu lalu lintas tersebut.

METODE PENELITIAN

Data yang dikumpulkan sebagai pendukung dalam penelitian ini adalah berupa data primer dan data sekunder.

Pengumpulan Data Primer

Data yang digunakan untuk menganalisis pejalan kaki di wilayah studi adalah data primer yang merupakan data yang diperoleh secara langsung dari lapangan yang dilakukan dengan metode observasi/survei, yaitu:

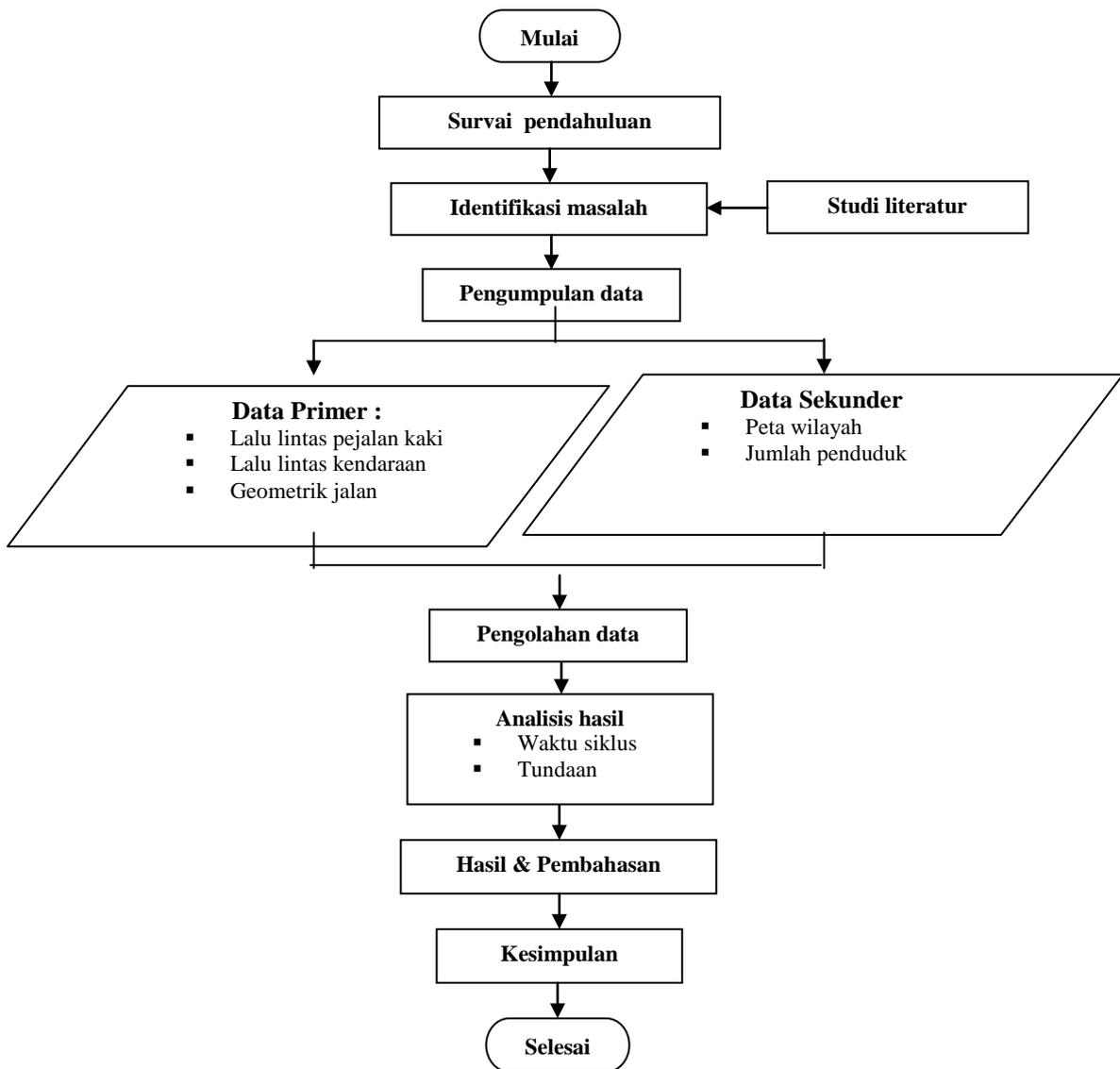
- (1) Volume pejalan kaki

Survei pejalan kaki dilakukan untuk mengetahui jumlah pejalan kaki yang menyeberang jalan pada suatu titik tertentu dalam jangka waktu tertentu pada ruas jalan yang menjadi wilayah studi.

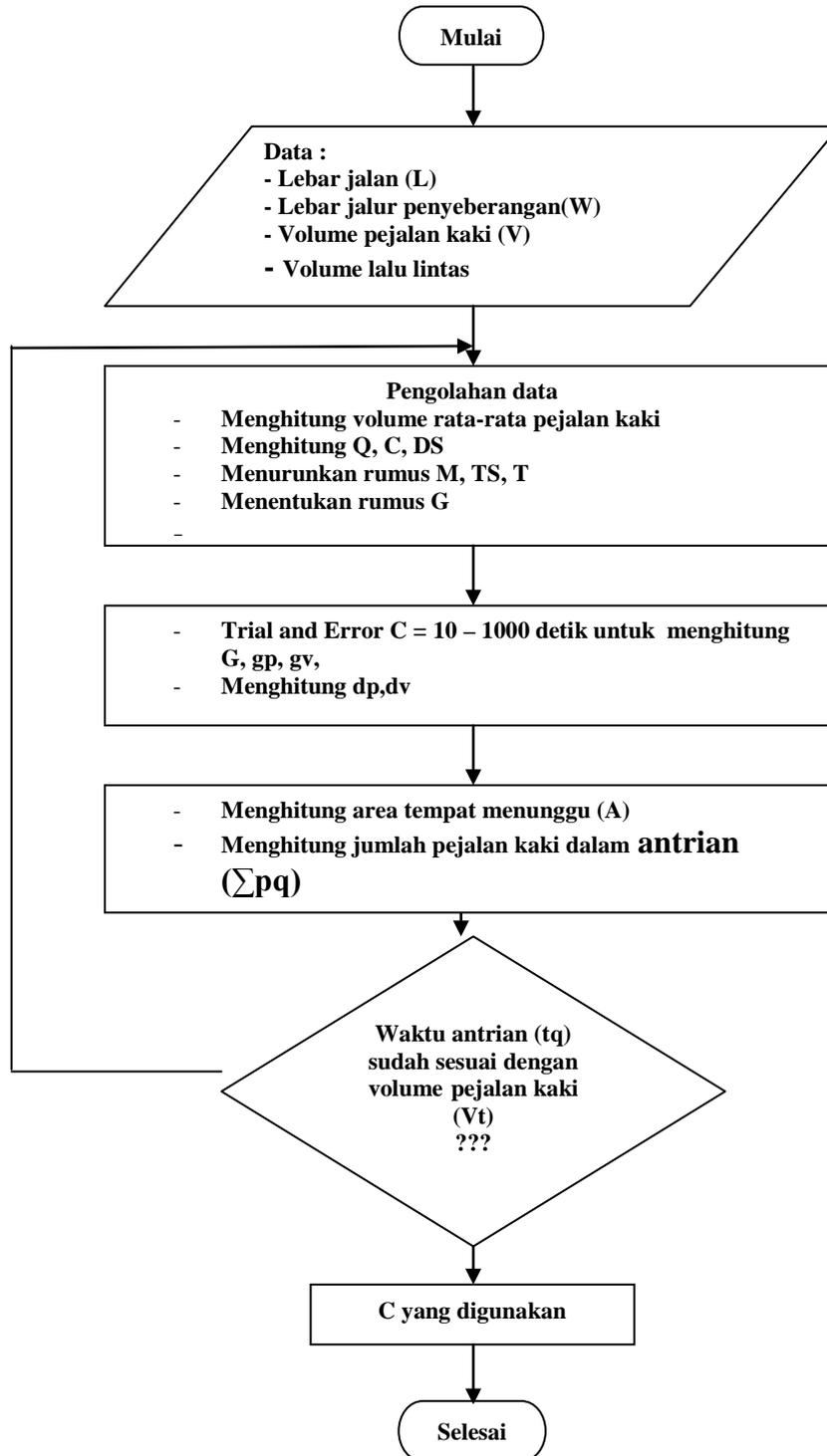
- (2) Geometrik jalan dan tata guna lahan
Survai ini dilakukan untuk mengetahui lebar jalan, dinyatakan dalam meter (m) dan pemanfaatan lahan di wilayah studi.
- (3) Volume lalu lintas kendaraan
Survai ini dimaksudkan untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melintas di suatu ruas jalan yang menjadi wilayah studi dalam jangka waktu tertentu.

Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan adalah berupa peta wilayah dan data jumlah penduduk Kota Madiun. Kedua data tersebut didapatkan dari media internet.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2 Diagram Alir Analisis

ANALISIS

Untuk menentukan volume pejalan kaki yang akan digunakan dalam analisis digunakan uji statistik *Two Way Anova Analysis*. Pengelompokan data dalam penelitian ini terdiri dari 2 (dua) jalur. Jalur pertama terdiri dari 2 (dua) kelompok hari, yaitu hari akhir

pekan (Sabtu dan Minggu) dan hari kerja (Senin dan Rabu). Sedangkan jalur kedua terdiri dari 3 (tiga) kelompok waktu yaitu sebelum buka (pukul 08.00 – 10.00), saat buka (pukul 10.00 – 21.00) dan setelah penutupan plaza Madiun (pukul 21.00 – 22.00). Pengujian kemudian dilanjutkan untuk mengetahui volume pejalan kaki penyeberang jalan ditinjau dari interaksi antara waktu kerja dengan hari, yang kemudian volume inilah yang akan digunakan dalam perhitungan.

Tabel 1 Rata-rata Volume Pejalan Kaki Penyeberang Jalan

Waktu	Hari	Mean	Std. Deviation	N
Sebelum	Hari akhir pekan	23.8750	24.49184	16
	Hari kerja	23.3750	24.82707	16
	Total	23.6250	24.26035	32
Saat	Hari akhir pekan	112.1667	63.11332	48
	Hari kerja	64.2292	19.40634	48
	Total	88.1979	52.32160	96
Setelah	Hari akhir pekan	20.2500	22.58160	8
	Hari kerja	20.2500	17.40895	8
	Total	20.2500	19.47819	16
Total	Hari akhir pekan	82.3333	67.97017	72
	Hari kerja	50.2639	28.38468	72
	Total	66.2986	54.33927	144

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa volume pejalan kaki penyeberang jalan paling banyak pada saat plaza Madiun buka di hari akhir pekan yaitu sebesar 112 orang, sedangkan volume paling kecil pada waktu setelah plaza tutup baik pada hari kerja maupun akhir pekan.

Dari rumus-rumus yang terdapat dalam *US HCM 2000*, langkah pertama yang dilakukan adalah menurunkan rumus M, TS dan T sehingga akan didapatkan suatu turunan rumus yang memuat nilai C (waktu siklus) dan G (waktu hijau untuk pejalan kaki).

Berikut adalah contoh penurunan rumus pada hari akhir pekan pada waktu sebelum buka plaza:

Data: L = 12,0 m
W = 2,5 m
i = 12 p/15 menit
Vo = 12 p/15 menit
tot = 23.8750 ≈ 24 p/15 menit
Sp = 1,2 m/s

Dengan data yang telah diketahui diatas, untuk mendapatkan turunan rumus yang memuat nilai C dan G, ada beberapa langkah yang harus dilakukan.

Langkah 1: Menentukan nilai M

Berdasarkan Exhibit 18-3 (US HCM, 2000) untuk tingkat pelayanan (LOS) A, nilai $M > 5,6 \text{ m}^2/\text{p}$ → ditentukan $M = 5,7 \text{ m}^2/\text{p}$

$$M = \frac{TS}{T} \rightarrow 5,7 = \frac{TS}{T} \tag{1}$$

Dari rumus diatas, diketahui bahwa nilai M dipengaruhi oleh besarnya nilai TS dan T.

Langkah 2 : Menghitung nilai TS

Dengan memasukkan nilai-nilai L, W dan Sp dari data yang telah diketahui kedalam persamaan dasar TS, maka nilai TS dinyatakan dengan pers. 2 dibawah ini.

$$\begin{aligned} TS &= L.W \left(G - \frac{L}{2Sp} \right) \\ &= 12 \times 2.5 \left(G - \frac{12}{2.4} \right) \\ &= 30(G-5) \end{aligned} \quad (2)$$

Langkah 3 : Menghitung nilai T

Sedangkan nilai T ditentukan seperti pers. 3 berikut ini.

$$T = V_{tot} \cdot t \quad (3)$$

$$\text{dengan: } t = 3.2 + \frac{L}{Sp} + (0.27N_{ped})$$

$$t = 3.2 + \frac{12}{1.2} + (0.27N_{ped})$$

$$t = 13.2 + (0.27N_{ped}) \quad (4)$$

Dari pers.4 di atas, nilai N_{ped} belum diketahui. Dengan memasukkan nilai v_o yang telah diubah dari satuan orang/15 menit menjadi orang/siklus, akan didapatkan nilai N_{ped} yang memuat nilai C dan G.

$$\begin{aligned} N_{ped} &= V_o \frac{(C-G)}{C} \rightarrow V_o = \frac{12}{15} \times \frac{C}{60} = 0.013C \\ &= V_o \frac{(C-G)}{C} = 0.013(C-G) \end{aligned} \quad (5)$$

Dengan mensubstitusikan pers.5 kedalam pers.4 maka akan didapatkan nilai t yang baru yang dinyatakan dalam pers.6.

$$\begin{aligned} t &= 13.2 + (0.27 \times 0.013(C-G)) \\ &= 13.2 + 0.0036(C-G) \end{aligned} \quad (6)$$

Selanjutnya, dengan mensubstitusikan pers.6 ke dalam pers.3 akan didapatkan nilai T yang memuat nilai C dan G.

$$\begin{aligned} T &= V_{tot} \cdot t \\ &= \left(\frac{24}{15} \times \frac{C}{60} \right) (13.2 + 0.0036(C-G)) \\ &= 0.026C(13.2 + 0.0036(C-G)) \\ &= 0.352C + 0.0001C(C-G) \end{aligned} \quad (7)$$

Langkah 4 : Menentukan Rumus G

Dengan cara mensubstitusikan pers.2 dan pers.7 kedalam pers.1, akan didapatkan turunan rumus yang memuat nilai C dan G yang akan dipergunakan dalam perhitungan selanjutnya. Turunan rumus tersebut dinyatakan dalam G.

$$M = \frac{TS}{T} = \frac{30(G-5)}{0.352C + 0.0001C(C-G)}$$

$$\leftrightarrow 5.7 = \frac{30G - 150}{0.352C + 0.0001C^2 - 0.0001CG}$$

$$\leftrightarrow 2.0064C + 0.0006C^2 - 0.0006CG - 30G + 150 = 0$$

$$\leftrightarrow G = \frac{0.0006C^2 + 2.0064C + 150}{30 + 0.0006C}$$

Dengan cara *trial error*, nilai C dimasukkan kedalam persamaan sehingga akan didapatkan nilai G. Nilai C dan G tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung g_p (waktu hijau efektif untuk pejalan kaki) dan g_v (waktu hijau untuk kendaraan).

Sedangkan MKJI 1997 digunakan untuk menghitung arus lalu lintas (Q), kapasitas ruas jalan (C) dan derajat kejenuhan (DS).

Nilai-nilai yang didapatkan tersebut digunakan sebagai acuan untuk menghitung d_p (tundaan pejalan kaki) dan d_v (tundaan kendaraan). Untuk dapat menentukan nilai C (waktu siklus) yang akan digunakan, terlebih dahulu harus dihitung area tempat menunggu bagi pejalan kaki yang akan menyeberang jalan dan jumlah pejalan kaki dalam antrian. Dari situ akan diketahui waktu antrian (t_q) bagi pejalan kaki penyeberang jalan, dimana nilainya adalah sama dengan waktu hijau (g_v) bagi kendaraan. Waktu antrian tersebut dihitung berdasarkan volume pejalan kaki yang akan menyeberang jalan, sehingga untuk setiap kelompok waktu (sebelum plaza buka, saat plaza buka dan setelah plaza tutup pada hari akhir pekan maupun hari kerja) adalah berbeda nilainya. Nilai t_q ini kemudian digunakan untuk menentukan waktu siklus yang digunakan dengan cara mencari nilai g_v yang sama atau mendekati nilai t_q tersebut, sehingga akan dapat diketahui nilai C (waktu siklus).

Tabel 2 Rekapitulasi Penentuan Waktu Siklus yang Digunakan

Waktu	Hari	v_i	t_q	C
Sebelum	Hari akhir pekan	23.8750 \approx 24	750	820
	Hari kerja	23.3750 \approx 24	750	820
Saat	Hari akhir pekan	112.1667 \approx 113	159.29	270
	Hari kerja	64.2292 \approx 65	276.92	360
Setelah	Hari akhir pekan	20.2500 \approx 21	857.143	940
	Hari kerja	20.2500 \approx 21	857.143	940

Hasil analisis menunjukkan bahwa:

- (1) Waktu siklus pada waktu sebelum buka plaza pada hari akhir pekan dan hari kerja adalah sama, yaitu $C = 820$ detik.
- (2) Waktu siklus pada waktu saat buka plaza pada hari akhir pekan dan hari kerja tidak sama. Nilai C pada saat buka plaza pada hari akhir pekan sebesar 270 detik adalah lebih kecil dari pada saat buka plaza pada hari kerja sebesar 360 detik.

- (3) Waktu siklus pada waktu setelah penutupan plaza pada hari akhir pekan dan hari kerja adalah sama, yaitu $C = 940$ detik.
- (4) Waktu siklus terpendek terjadi pada saat buka plaza pada hari akhir pekan, yaitu $C = 270$ detik.
- (5) Waktu siklus terpanjang terjadi pada waktu setelah penutupan plaza, baik pada hari akhir pekan maupun pada hari kerja, $C = 940$ detik.

Tabel 3 Waktu Siklus dan Tundaan

Hari	Waktu	C	gp	dp	gv	dv
Hari akhir pekan	Sebelum	820	68.107	344.721	747.893	4.701
	Saat	270	103.564	51.298	162.436	32.341
	Setelah	940	72.247	400.529	863.753	3.863
Hari kerja	Sebelum	820	68.107	344.721	747.892	4.477
	Saat	360	79.481	109.293	276.519	13.714
	Setelah	940	72.247	400.529	863.753	3.730

KESIMPULAN DAN SARAN

- (1) Pengaturan lampu lalu lintas untuk penyeberangan pejalan kaki secara “*semi adaptive time*” dengan tingkat pelayanan pejalan kaki A di ruas Jalan Pahlawan Kota Madiun dilakukan pada hari akhir pekan (Sabtu dan Minggu) dan hari kerja (Senin, Selasa, Rabu, Kamis, dan Jumat).
 - a) Pada hari akhir pekan:
 1. $C = 820$ detik diberlakukan pada pukul 08.00 – 10.00 (sebelum plaza buka).
 2. $C = 270$ detik diberlakukan pada pukul 10.00 – 21.00 (saat plaza buka).
 3. $C = 940$ detik diberlakukan pada pukul 21.00 – 22.00 (setelah plaza tutup).
 - b) Pada hari kerja:
 1. $C = 820$ detik diberlakukan pada pukul 08.00 – 10.00 (sebelum plaza buka).
 2. $C = 360$ detik diberlakukan pada pukul 10.00 – 21.00 (saat plaza buka).
 3. $C = 940$ detik diberlakukan pada pukul 21.00 – 22.00 (setelah plaza tutup).
- (2) Kinerja ruas jalan dengan adanya pengaturan lampu lalu lintas pada tempat penyeberangan pejalan kaki adalah sebagai berikut :
 - a) Pada hari akhir pekan:
 1. $C = 820$ detik pada pukul 08.00 – 10.00 (sebelum plaza buka) dengan derajat kejenuhan (DS) = 0,357 mengakibatkan tundaan kendaraan (d_v) = 4,701 detik/kendaraan.
 2. $C = 270$ detik pada pukul 10.00 – 21.00 (saat plaza buka) dengan DS = 0,561 mengakibatkan $d_v = 32,341$ detik/kendaraan.
 3. $C = 940$ detik pada pukul 21.00 – 22.00 (setelah plaza tutup) dengan DS = 0,217 mengakibatkan $d_v = 3,863$ detik/kendaraan.
 - b) Pada hari kerja:
 1. $C = 820$ detik pada pukul 08.00 – 10.00 (sebelum plaza buka) dengan DS = 0,320 mengakibatkan $d_v = 4,477$ detik/kendaraan.
 2. $C = 360$ detik pada pukul 10.00 – 21.00 (saat plaza buka) dengan DS = 0,383 mengakibatkan $d_v = 13,714$ detik/kendaraan.
 3. $C = 940$ detik pada pukul 21.00 – 22.00 (setelah plaza tutup) dengan DS = 0,186 mengakibatkan $d_v = 3,730$ detik/kendaraan.

Instansi-instansi yang berwenang (Dinas Perhubungan dan Dinas Pekerjaan Umum) agar menyediakan dan atau memperbaiki fasilitas pejalan kaki serta memberikan sanksi atau denda kepada pengguna jalan yang belum/tidak memperhatikan dan memprioritaskan sirkulasi pejalan kaki di fasilitasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2000. *Highway Capacity Manual 2000*. Washington: Transportation Research Board.
- Anonim, 1985. *Highway Capacity Manual 1985*. Washington: Transportation Research Board.
- Anonim, 1997. *Perekayasaan Fasilitas Pejalan Kaki di Wilayah Kota*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perhubungan, Departemen Perhubungan.
- Anonim. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Ditjen Bina Marga.
- Munawar, Ahmad. 2004. *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan*, Yogyakarta: Beta Offset.
- Anonim. 2005. *Info Kota*, Madiun. <http://www.Madiunkota.go.id/menuku/kotagadis/2.html>.
- Taufikurrahman, 2001. *Studi Karakteristik Penyeberang Jalan Dan Analisis Kebutuhan Fasilitas Penyeberangan Jalan Di Pusat Kota Malang*. Tesis Tidak Diterbitkan. Malang: Teknik Sipil Rekayasa Transportasi Pasca Sarjana Universitas Brawijaya, 2001.
- Widodo, Sugeng. 2001. *Penelitian Optimasi Ruang Pusat Kegiatan Kota (PKK) Melalui Penataan Sistem Jaringan Jalan Pejalan Kaki di Kota Malang*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Sipil FT Universitas Merdeka, 2001.
- Sudianto, Barnabas Untung. 2005. *Ketidakadilan Berlalu lintas Pejalan Kaki*. <http://people.peduli-bencana.or.id/bus/artikel/1.shtml>.

