

Studi Optimalisasi Durasi Waktu Sinyal Lampu Lalu Lintas Untuk Meningkatkan Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Bersinyal Di Jln. Pahlawan, Jln Imam Bonjol Dan Jln. Perintis Kemerdekaan)

Ferry Juniardi

Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura
E-mail: ferry_juniardi_suardi@yahoo.com

Abstract– Evaluasi kinerja simpang pada simpang Jalan Pahlawan – Jalan Imam Bonjol – Jalan Perintis Kemerdekaan selama sepuluh tahun yaitu tahun 2007, tahun 2009, tahun 2011, tahun 2013, tahun 2015 dan tahun 2017. Perencanaan waktu siklus adalah sebagai solusi dari pengaturan simpang, serta merencanakan fase sinyal dengan tetap menerapkan belok kiri langsung tanpa menunggu waktu hijau (LTOR). Pada evaluasi kinerja simpang bersinyal di persimpangan Jalan Pahlawan – Jalan Imam Bonjol – Jalan Perintis Kemerdekaan didapat antian, tundaan dan derajat kejenuhan yang besar, ini berarti kinerja simpang sudah tidak mampu lagi melayani lalu lintas yang ada. Dari perencanaan waktu siklus hingga 10 tahun kedepan tiap tahunnya didapat waktu siklus sebagai berikut, tahun 2007 waktu siklusnya adalah 107 detik, tahun 2009 waktu siklusnya adalah 110 detik, tahun 2011 waktu siklusnya adalah 118 detik, tahun 2013 waktu siklusnya adalah 122 detik, tahun 2015 waktu siklusnya adalah 125 detik dan tahun 2017 waktu siklusnya adalah 129 detik.

Keywords– Optimalisasi, Durasi Waktu, Kinerja

1. Pendahuluan

Persimpangan adalah salah satu bentuk konfigurasi geometrik jalan yang menempati posisi utama dalam hal hambatan di perjalanan. Karena di persimpangan kendaraan dari berbagai ruas jalan bertemu. Hal ini akan menyebabkan terjadinya konflik yang dapat berakibat pada penurunan kapasitas jalan, penurunan tingkat keamanan dan meningkatnya keterlambatan.

Faktor utama yang menentukan kapasitas dan tingkat pelayanan dari hampir semua jenis prasarana jalan adalah keadaan geometrik dan besarnya kebutuhan lalu lintas, sinyalisasi dengan sinar tiga warna (Hijau, Kuning, Merah) digunakan untuk memisahkan arus konflik pada suatu saat. Jika keselamatan lalu lintas jadi pertimbangan dasar, setiap arah gerakan harus dipisahkan.

Lampu lalu lintas diterapkan dengan beberapa alasan, antara lain :

1. Menghindari kemacetan dipersimpangan akibat konflik arus lalu lintas, sehingga dapat memberi jaminan suatu kapasitas dapat dipelihara walaupun

dalam keadaan lalu lintas sibuk. Sinyal lalu lintas umumnya diperlukan untuk simpang dengan arus lalu lintas yang lebih dari 1000 kend/jam pada simpang - simpang dengan jalan dua lajur, arus lebih dari 1500 kend/jam pada simpang – simpang dengan jalan empat lajur atau lebih.

2. Menyediakan fasilitas penyeberangan di jalan utama (mayor) bagi kendaraan maupun pejalan kaki dari jalan minor.
3. Mengurangi jumlah kecelakaan yang diakibatkan dari kendaraan yang konflik (MKJI 96).

Pada persimpangan Jln. Imam Bonjol (Jln. Tanjungpura) – Jln. Perintis Kemerdekaan – Jln. Imam Bonjol (Jln. Adi Sucipto) dan Jln. Pahlawan pengaturan yang ada saat ini masih belum ada kendala walaupun sering terjadi antrian panjang dan kemacetan pada saat jam – jam sibuk. Namun yang menjadi pertanyaannya adalah bagaimana jika sinyal saat ini digunakan untuk sepuluh tahun yang akan datang sementara penambahan penduduk berkembang semakin pesat yang berakibat pada bertambahnya volume kendaraan yang akan melintasi persimpangan tersebut.

2. Permasalahan

Berdasarkan kenyataan diatas maka penulis mencoba untuk mengangkat permasalahan yang ada yaitu masih bisakah sinyal (Cycle time) yang ada sekarang jika digunakan untuk sepuluh tahun yang akan datang seiring dengan bertambahnya volume kendaraan yang ada di kota Pontianak.

3. Tujuan

Tujuan yang akan dicapai adalah mengevaluasi kondisi sinyal yang ada sekarang apakah masih relevan untuk sepuluh tahun kedepan seiring dengan bertambahnya volume kendaraan yang ada di Kota Pontianak.

4. Tinjauan Pustaka

4.1. Pengaturan Lalu lintas Pada Persimpangan

Secara umum pengaturan lalu lintas pada persimpangan dilakukan dengan menggunakan lampu lalu lintas (simpang bersinyal) dan tanpa menggunakan lampu lalu lintas (simpang tak bersinyal).

4.1.1. Simpang Tidak Bersinyal

Persimpangan tanpa menggunakan lampu lalu lintas disebut simpang tidak bersinyal. Biasanya pada persimpangan tanpa sinyal digunakan pada persimpangan yang volume lalu lintasnya cukup rendah dan mempunyai fungsi setingkat yang merupakan perpotongan jalan lokal dengan lokal lainnya.

4.1.2. Simpang Bersinyal

Persimpangan jalan yang dilengkapi lampu lalu lintas didefinisikan sebagai semua peralatan pengatur lalu lintas yang menggunakan tenaga listrik kecuali flasher (lampu kedip), rambu dan marka jalan untuk mengarahkan atau memperingatkan pengemudi kendaraan bermotor, pengendara sepeda atau pejalan kaki.

Setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi – fungsi yang tersebut di bawah ini :

1. Mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur.
2. Meningkatkan kapasitas lalu lintas pada perempatan jalan.
3. Mengurangi frekwensi jenis kecelakaan tertentu.
4. Mengkoordinasikan lalu lintas di bawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan menerus pada kecepatan tertentu.
5. Memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyeberangan kendaraan lain atau pejalan kaki.
6. Mengatur penggunaan jalur lalu lintas.
7. Sebagai pengendali pada jalan masuk menuju jalan bebas hambatan (*entrance freeway*).
8. Memutuskan arus lalu lintas bagi lewatnya kendaraan darurat (*ambulance*) atau pada jembatan gerak.

4.2. Pengukuran Kinerja

Pengukuran kinerja umumnya meliputi : tundaan (*delay*), jumlah henti (*stop*), dan panjang antrian (*queue length*). Setiap pengukuran kinerja dinyatakan sebagai nilai yang menyatakan total atau rata – rata untuk keseluruhan persimpangan, untuk pendekat tertentu, menyatakan total atau untuk setiap pergerakan dalam persimpangan. Nilai rata – rata seringkali dinyatakan berdasarkan per-kendaraan. Nilai maksimum untuk setiap kinerja tersebut juga penting untuk diukur pengukuran lain yang juga digunakan untuk menentukan kinerja adalah tingkat pelepasan (*throughput*) dan waktu perjalanan total (*total travel time*).

4.3. Pengaturan Simpang Dengan Sinyal

Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas karena beberapa alasan, pada umumnya berhubungan dengan keselamatan dan efektifitas pergerakan dari arus kendaraan dan pejalan kaki yang saling bertemu pada saat melintas persimpangan.

5. Metodologi Penelitian

5.1. Metodologi Survey

Untuk bahan analisa skripsi ini, diperlukan data – data dari persimpangan Jln. Imam Bonjol (Jln. Tanjungpura) – Jln. Perintis Kemerdekaan – Jln. Imam Bonjol (Jln. Adi Sucipto) – Jln. Pahlawan di kota Pontianak yang mana diperoleh dengan cara metode observasi dilapangan.

5.2. Pengukuran Geometrik Persimpangan

Metode pada survey ini adalah dengan mengadakan pengukuran langsung dilapangan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan data lebar jalan serta lebar median pada masing – masing lengan persimpangan.

5.3. Survey waktu putar

Pada survey waktu putar (*cycle time*) juga digunakan metode pengamatan langsung dilapangan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan waktu putaran (*cycle time*)nya, yaitu mencatat berapa waktu hijau, kuning dan merah pada setiap putaran. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan stopwatch.

5.4. Pengukuran Kendaraan Datang

Pengukuran / pencatatan dilakukan dengan menghitung semua kendaraan yang lewat yaitu kendaraan berat, kendaraan ringan, kendaraan bermotor dan kendaraan tak bermotor setiap periode waktu 1 jam selama 12 jam pada saat jam sibuk dan pada saat jam tidak sibuk berturut – turut pada hari Sabtu, Minggu, dan Senin, dimana hari Senin mewakili hari sibuk, Sabtu mewakili hari tidak sibuk dan Minggu mewakili hari libur.

5.5. Pengukuran Kendaraan Keluar

Yang diukur disini yaitu banyaknya kendaraan berat, kendaraan ringan, kendaraan bermotor dan kendaraan tak bermotor yang keluar melalui stop line tapi tanpa harus berhenti mengikuti lampu merah (belok kiri kendaraan langsung jalan) setiap periode waktu 1 jam pada setiap lengan simpang. Peralatan yang dipakai yaitu jam tangan, counter, alat tulis dan peralatan lainnya yang diperlukan untuk pengambilan data ini.

5.6. Rekapitulasi Hasil Survei

5.6.1. Survei Volume Lalu lintas

Volume kendaraan dihitung berdasarkan IHCM (Indonesia Highway Capacity Manual) 1993 yang menggolongkan kendaraan menjadi 4 (empat) jenis, yaitu :

- Kendaraan Ringan (LV)
 - a. Kendaraan angkutan umum : oplet, minibus
 - b. Kendaraan pribadi : sedan, pick up, jeep
- Kendaraan Berat (HV) : truk dan bus
- Kendaraan Bermotor (MC) : sepeda motor
- Kendaraan Tak Bermotor (UM) : sepeda

Adapun rekapitulasi hasil dari survei volume lalu lintas adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Survei Selama Seminggu

No	Arah Jalan	HV	LV	MC	UM
1	Pahlawan - Tanjungpura	971	14793	32287	2064
2	Pahlawan - Perintis Kemerdekaan	2418	16161	36954	990
3	Pahlawan - Imam Bonjol	942	12754	39258	2497
4	Tanjungpura - Perintis Kemerdekaan	3846	18337	51482	1104
5	Tanjungpura - Imam Bonjol	2754	22128	50525	2301
6	Tanjungpura - Pahlawan	712	17036	14172	960
7	Perintis Kemerdekaan - Imam Bonjol	1500	5799	28913	799
8	Perintis Kemerdekaan - Pahlawan	1515	12884	34620	860
9	Perintis Kemerdekaan - Tanjungpura	2413	20112	50370	834
10	Imam Bonjol - Pahlawan	1081	10585	26536	1726
11	Imam Bonjol - Tanjungpura	3095	26746	60903	2017
12	Imam Bonjol - Perintis Kemerdekaan	2024	6445	23783	580

Sumber : Hasil Survei

5.6.2. Data Geometrik Persimpangan

Persimpangan Jln. Perintis Kemerdekaan – Jln. Imam Bonjol dan Jln. Pahlawan memiliki kaki-kaki persimpangan sebanyak empat kaki persimpangan. Survei geometrik persimpangan menghasilkan data, seperti terlihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 2. Geometrik Persimpangan

Nama Jalan	Jlh Lajur (m)	Lebar Pendekat (m)	Lebar Jln. Masuk (m)	Lebar Jln. Keluar (m)	Median (m)
Perintis Kemerdekaan	3	9,2	6,3	8,5	1,25
Imam Bonjol (Adi. S)	3	9,5	6,0	7,0	1,27
Pahlawan	3	11,8	8,0	8,6	1,4
Imam Bonjol (Tjgpura)	3	9,5	6,5	10,5	1,3

Sumber : Hasil Survei

5.6.3. Data Waktu Siklus

Pengaturan lalu lintas persimpangan menggunakan lampu lalu lintas dengan kendali waktu tetap. Lampu lalu lintas menggunakan sistem empat fase. Data waktu siklus persimpangan disajikan sebagai berikut :

Tabel 3. Data Waktu Siklus

Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)
Perintis Kemerdekaan	87	23	3	113
Imam Bonjol (Adi Sucipto)	88	22	3	113
Pahlawan	88	22	3	113
Imam Bonjol (Tanjungpura)	88	22	3	113

Sumber : Hasil Survei

6. ANALISA DATA

6.1. Analisa Volume Lalu Lintas

Karena penelitian dilakukan selama 3 hari maka untuk mendapatkan data volume lalu lintas selama seminggu adalah :

$$Q = X + Y + (Z \times 5)$$

Dimana :

Q = Volume lalu lintas selama seminggu

X = Volume lalu lintas hari Sabtu

Y = Volume lalu lintas hari Minggu

Z = Volume lalu lintas hari Senin

Untuk hari senin sampai jumat dianggap sama.

6.1.1. Perhitungan Lalu Lintas Mingguan Rata – Rata

Karena penelitian dilakukan selama 12 jam (06.00 – 18.00) per hari, dianggap lebih kurang mencakup 93% dari arus lalu lintas selama 24 jam. Sehingga faktor koreksi yang digunakan adalah 93%.

Contoh perhitungan volume lalu lintas seminggu untuk arah Jalan Pahlawan - Jalan Imam Bonjol (Jl. Adi Sucipto), kendaraan bermotor :

Volume lalu lintas kendaraan bermotor :

$$X = 6238$$

$$Y = 4745$$

$$Z = 5655$$

Maka volume lalu lintas seminggu untuk kendaraan bermotor adalah :

$$6238 + 4745 + (5655 \times 5) = 39258 \text{ kend/minggu}$$

Sedangkan volume lalu lintas rata – rata mingguannya adalah :

$$39258 \times (100 / 93) = 42213 \text{ kend/minggu}$$

Hasil perhitungan lengkap dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Perhitungan Lalu Lintas Mingguan Rata – Rata
POS : I (Jalan Pahlawan)

Klasifikasi Kendaraan	Jumlah Kendaraan			Faktor Koreksi	Lalu Lintas Mingguan Rata Rata (LMR)		
	Arah Lalu Lintas				Arah Lalu Lintas		
	A - B	A - C	A - D		A - B	A - C	A - D
Kend. Berat (HV)	971	2418	942	100/93	1044	2600	1013
Kend. Ringan (LV)	14793	16161	12754	100/93	15906	17377	13714
Kend. Bermotor (MC)	32287	36954	39258	100/93	34717	39735	42213
Kend. Tak Bermotor (UM)	2064	1491	2497	100/93	2219	1603	2685

POS : II (Jalan Tanjungpura)

Klasifikasi Kendaraan	Jumlah Kendaraan			Faktor Koreksi	Lalu Lintas Mingguan Rata Rata (LMR)		
	Arah Lalu Lintas				Arah Lalu Lintas		
	B - C	B - D	B - A		B - C	B - D	B - A
Kend. Berat (HV)	3846	2754	712	100/93	4135	2961	766
Kend. Ringan (LV)	18337	22128	17036	100/93	19717	23793	18319
Kend. Bermotor (MC)	51482	50525	14172	100/93	55357	54328	15239
Kend. Tak Bermotor (UM)	1104	2301	960	100/93	1187	2474	1032

POS : III (Jalan Perintis Kemerdekaan)

Klasifikasi Kendaraan	Jumlah Kendaraan			Faktor Koreksi	Lalu Lintas Mingguan Rata Rata (LMR)		
	Arah Lalu Lintas				Arah Lalu Lintas		
	C - D	C - A	C - B		C - D	C - A	C - B
Kend. Berat (HV)	1500	1515	2413	100/93	1613	1629	2595
Kend. Ringan (LV)	5799	12884	20112	100/93	6235	13854	21626
Kend. Bermotor (MC)	28913	34620	50370	100/93	31089	37226	54161
Kend. Tak Bermotor (UM)	799	860	834	100/93	859	897	897

POS : IV (Jalan Imam Bonjol)

Klasifikasi Kendaraan	Jumlah Kendaraan			Faktor Koreksi	Lalu Lintas Mingguan Rata Rata (LMR)		
	Arah Lalu Lintas				Arah Lalu Lintas		
	D - A	D - B	D - C		D - A	D - B	D - C
Kend. Berat (HV)	1081	3095	2024	100/93	1162	3328	2176
Kend. Ringan (LV)	10585	26746	6445	100/93	11382	28759	6930
Kend. Bermotor (MC)	26536	60903	23783	100/93	28533	65487	25573
Kend. Tak Bermotor (UM)	1726	2017	580	100/93	1856	2169	624

Sumber : Analisa Data

Keterangan :

- A = Jl. Pahlawan
B = Jl. Imam Bonjol (Jl. Tanjungpura)
C = Jl. Perintis Kemerdekaan
D = Jl. Imam Bonjol (Jl. Adi Sucipto)

6.2. Volume Jam Perencanaan (VJP)

Lalu lintas Harian Rata – rata Tahunan (LHRT) yang diperoleh dalam analisa adalah dalam bentuk kendaraan per hari. Namun untuk keperluan desain adalah dalam bentuk volume kendaraan per jam sebagai Volume Jam Perencanaan (VJP). Dalam penentuan jam perencanaan ada dua cara yang dipergunakan yaitu :

- Penentuan VJP berdasarkan faktor K
- Penentuan VJP berdasarkan jam sibuk

6.2.1. Penentuan VJP Berdasarkan Faktor K

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1996 Jika hanya lalu lintas harian rata – rata yang ada sedangkan tidak diketahui distribusi lalu lintas per jam maka arus lalu lintas untuk desain dapat diestimasi dari AADT (*Average Annual Daily Traffic*) sebagai berikut :

$$Q_{Veh} = AADT \times K$$

Dimana :

K = Nilai normal variabel lalu lintas umum berkisar 8% - 12%

AADT = Lalu lintas harian rata – rata tahunan

Selanjutnya nilai normal variabel lalu lintas diambil 8% karena persimpangan ini terletak pada lingkungan komersial dan jalan arteri dengan ukuran kota kurang dari satu juta penduduk pada tahun 2007.

6.2.2. Penentuan VJP Berdasarkan Jam Sibuk

Volume Jam Perencanaan (VJP) yang digunakan untuk keperluan desain suatu pengaturan lalu lintas juga dapat ditentukan berdasarkan volume jam – jam sibuk yang terjadi.

Dari hasil survei volume lalu lintas yang dilaksanakan selama tiga hari dapat diketahui volume kendaraan untuk masing – masing ruas jalan simpang, sehingga fluktuasi arus lalu lintas yang terjadi per jam selama 12 jam survei(06.00 – 18.00) dapat dilihat pada grafiknya.

6.2.3. Perbandingan VJP Berdasarkan Faktor K dengan VJP Berdasarkan Jam Sibuk

Perbandingan perhitungan VJP berdasarkan nilai K dengan VJP berdasarkan jam sibuk dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 7. Perbandingan Perhitungan Volume Jam Perencanaan (VJP) dalam smp / jam

No	Ruas Jalan	Arah	VJP Faktor K	VJP Jam Sibuk
1	Jl. Pahlawan - Jl. Tanjungpura	A - B	249,18	300,40
2	Jl. Pahlawan - Jl. Perintis Kemerdekaan	A - C	295,54	339,90
3	Jl. Pahlawan - Jl. Imam Bonjol	A - D	241,65	286,60
4	Jl. Tanjungpura - Jl. Perintis Kemerdekaan	B - C	372,35	422,30
5	Jl. Tanjungpura - Jl. Imam Bonjol	B - D	396,46	429,70
6	Jl. Tanjungpura - Jl. Pahlawan	B - A	230,31	248,20
7	Jl. Perintis Kemerdekaan - Jl. Imam Bonjol	C - D	149,89	128,40
8	Jl. Perintis Kemerdekaan - Jl. Pahlawan	C - A	241,14	243,80
9	Jl. Perintis Kemerdekaan - Jl. Tanjungpura	C - B	368,91	357,60
10	Jl. Imam Bonjol - Jl. Pahlawan	D - A	191,55	219,30
11	Jl. Imam Bonjol - Jl. Tanjungpura	D - B	475,44	470,70
12	Jl. Imam Bonjol - Jl. Perintis Kemerdekaan	D - C	153,14	438,60

Karena jam sibuk yang terjadi disetiap ruas jalan tidak seragam maka VJP yang dipergunakan dalam perhitungan ini adalah VJP yang berdasarkan faktor K menurut MKJI 1996.

6.3. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Lalu Lintas

6.3.1. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Untuk menentukan jumlah penduduk pada suatu daerah untuk tahun yang akan datang dapat diperoleh dengan menggunakan metode bunga majemuk, sebagai berikut :

$$P_n = P_o (1 + i)^n$$

Dimana :

P_n = Penduduk pada tahun yang diramalkan

P_o = Penduduk pada tahun peninjauan

i = Angka pertumbuhan pada periode tertentu

n = Jumlah tahun yang diperhitungkan

Tabel 8. Data Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk	i %	i rata - rata (%)
1990	356.658	25,51	3,58
1995	447.632	14,41	
2000	512.120	14,64	
2005	587.086	2,77	
2006	603.348		

Sumber : BPS Propinsi Kalimantan Barat

Dari Tabel 8. didapat nilai rata – rata, maka proyeksi penduduk dapat dihitung sebagai berikut :

Tabel 9. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kotamadya Pontianak Tahun 2007 - 2017

No	Tahun	i rata -rata (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	2007	3,58	624.948
2	2008	3,58	647.321
3	2009	3,58	670.495
4	2010	3,58	694.499
5	2011	3,58	719.362
6	2012	3,58	745.115
7	2013	3,58	771.790
8	2014	3,58	799.420
9	2015	3,58	828.039
10	2016	3,58	857.683
11	2017	3,58	888.388

Sumber : Analisa Data

6.3.2. Proyeksi Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk proyeksi pertumbuhan lalu lintas dimasa yang akan datang digunakan data sebagai berikut :

- Data VJP jam – jam yang diestimasi dari hasil survei.
- Data pertumbuhan kendaraan bermotor yang dikotamadya Pontianak.

Tabel 10. Data Lalu Lintas BPS Kalimantan Barat

No	Jenis Kendaraan	2002	2003	2004	2005	2006	i (rata - rata)
1	Sepeda Motor	171.970	188.926	207.554	228.019	250.501	9,86
2	Mobil Penumpang	25.556	28.180	31.075	34.266	37.785	10,27
3	Mobil Bus	1.275	1.393	1.458	1.525	1.596	5,92
4	Mobil Barang	12.452	14.369	15.403	16.512	17.700	
	Jumlah	211.252	232.869	255.490	280.322	307.583	

Sumber : BPS Propinsi Kalimantan Barat

Dari Tabel 10 didapat angka pertumbuhan volume lalu lintas untuk masing – masing kendaraan, maka dapat

dihitung rata – rata proyeksi lalu lintas untuk tahun 2017 (10 tahun).

Contoh perhitungan proyeksi lalu lintas untuk arah Jalan Pahlawan – Jalan Imam Bonjol (Jalan Tanjungpura), Untuk kendaraan bermotor :

$$LHR_{2017} = LHR_o (1 + 0,0986)^{10}$$

Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 11. Proyeksi VJP Tahun 2017 (10 Tahun)

Type	Angka	VJP Tahun 2017 (kend/jam)											
Kendaraan	Pertumbuhan (%)	A			B			C			D		
		A - B	A - C	A - D	B - C	B - D	B - A	C - D	C - A	C - B	D - A	D - B	D - C
HV	5.92	20	48	18	76	53	14	30	30	48	21	60	39
LV	10.27	436	476	375	540	651	502	170	380	593	311	787	189
MC	9.86	914	1047	1114	1460	1432	402	819	981	1429	753	1726	674
UM	2	28	10	34	15	30	13	11	12	12	23	27	7

Sumber : Analisa Data

Keterangan : A = Jl. Pahlawan

B = Jl. Imam Bonjol (Jl. Tanjungpura)

D = Jl. Imam Bonjol (Jl. Adi Sucipto)

C = Jl. Perintis Kemerdekaan

6.4. Evaluasi Kinerja Simpang Untuk Tahun 2007

Untuk perhitungan kapasitas dan kinerja simpang diperlukan data – data sebagai berikut :

- Besar arus dari tiap kaki simpang (Q) didapat dari hasil peramalan VJP dalam smp/jam.

- Lebar efektif

$$(W_e) = W_a = - W_{LOR} \text{ atau } W_e = W_{MASUK}$$

- Arus jenuh disesuaikan

$$(S) = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_g \times F_p$$

Arus jenuh dasar dihitung dengan rumus $S_o = 600 \times W_e$

Dari data penduduk Kota Pontianak hasil peramalan diapat $F_{CS} = 0,94$

Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{SF}) dianggap tinggi sehingga nilai $F_{SF} = 0,87$

6.4.1. Kapasitas

Jalan Pahlawan

$$C = g / c \times S$$

$$S_o = 600 \times W_e$$

$$= 600 \times 8,0$$

$$= 4800 \text{ smp/jam}$$

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_g \times F_p$$

$$= 4800 \times 0,94 \times 0,87 \times 1 \times 1$$

$$= 3925 \text{ smp/jam}$$

$$g = 22 \text{ detik}$$

$$Q = 786 \text{ smp/jam}$$

$$c = 113 \text{ detik}$$

$$C = \frac{22}{113} \times 3925$$

$$= 764 \text{ smp/jam}$$

$$DS = (Q \times c) / (S \times g) = Q / C$$

Hasil perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan dapat dilihat ditabel dibawah ini :

Tabel 12. Hasil Perhitungan Kapasitas (Tahun 2007)

Nama Jalan	So	S	Q	C	DS
Pahlawan	4800	3925	786,38	764,16	1,029
Tanjungpura	3900	3189	999,12	620,87	1,609
Perintis Kemerdekaan	3780	3091	759,94	601,79	1,263
Imam Bonjol	3600	2944	820,13	573,17	1,431

Tabel 13. Hasil Perhitungan Kapasitas (Tahun 2009)

Berdasarkan hasil perencanaan sinyal tahun 2007

Nama Jalan	So	S	Q	C	DS
Pahlawan	4800	3925	646,80	613,28	1,055
Tanjungpura	3900	3189	755,97	664,38	1,138
Perintis Kemerdekaan	3780	3091	736,35	708,35	1,040
Imam Bonjol	3600	2944	754,10	705,33	1,069

Tabel 14. Hasil Perhitungan Kapasitas (Tahun 2011)

Berdasarkan hasil perencanaan sinyal tahun 2009

Nama Jalan	So	S	Q	C	DS
Pahlawan	4800	3925	779,56	606,59	1,285
Tanjungpura	3900	3189	912,45	724,77	1,259
Perintis Kemerdekaan	3780	3091	887,28	702,50	1,263
Imam Bonjol	3600	2944	907,23	722,62	1,255

Tabel 15. Hasil Perhitungan Kapasitas (Tahun 2013)

Berdasarkan hasil perencanaan sinyal tahun 2011

Nama Jalan	So	S	Q	C	DS
Pahlawan	4800	3925	939,99	631,99	1,487
Tanjungpura	3900	3189	1101,76	729,69	1,510
Perintis Kemerdekaan	3780	3091	1069,64	707,26	1,512
Imam Bonjol	3600	2944	1092,06	723,53	1,509

Tabel 16. Hasil Perhitungan Kapasitas (Tahun 2015)

Berdasarkan hasil perencanaan sinyal tahun 2013

Nama Jalan	So	S	Q	C	DS
Pahlawan	4800	3925	1133,91	659,66	1,719
Tanjungpura	3900	3189	1330,86	723,55	1,839
Perintis Kemerdekaan	3780	3091	1290,05	701,32	1,839
Imam Bonjol	3600	2944	1315,25	717,45	1,833

Tabel 17. Hasil Perhitungan Kapasitas (Tahun 2017)

Berdasarkan hasil perencanaan sinyal tahun 2015

Nama Jalan	So	S	Q	C	DS
Pahlawan	4800	3925	1368,37	623,02	2,196
Tanjungpura	3900	3189	1608,15	506,19	3,177
Perintis Kemerdekaan	3780	3091	1556,50	490,63	3,172
Imam Bonjol	3600	2944	1584,84	467,30	3,391

Sumber : analisa data

6.4.2. Kinerja Samping

Jalan Pahlawan

- Panjang Antrian

Jumlah smp yang tersisa selama fase hijau sebelumnya

$$NQ = 0,25 \times C \left[(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8(DS-0,5)}{C}} \right]$$

Jumlah antrian yang datang selama fase merah

$$NQ_2 = C \times \frac{1 - GR}{(1 - GR) DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$GR = 22/113$$

$$= 0,195$$

- Jumlah kendaraan antri

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

Panjang antrian (QL) dengan luas rata – rata yang dipergunakan per smp (20 m²)

$$QL = \frac{NQ \times 20}{W_{MASUK}}$$

- **Kendaraan Terhenti**

Jumlah henti untuk masing – masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata – rata berhenti per smp.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

- **Tundaan**

Tundaan untuk setiap pendekat terjadi akibat pengaruh interaksi antar arus lalu lintas (DT) dan geometrik persimpangan (DG)

$$DT = c \times \frac{0,5 \left(1 - GR \right)^2}{\left(1 - GR \right) DS} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

$$DG = \left(1 - P_{SV} \right) \times P_T \times 6 + \left(P_{SV} \times 4 \right)$$

$$P_{SV} = 0,54$$

$$P_T = 0,46$$

- **Tundaan rata – rata yang terjadi adalah :**

$$D = DT + DG \text{ (detik)}$$

Hasil perhitungan kinerja simpang yang meliputi antrian, tundaan dan jumlah henti kendaraan dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 18. Hasil Perhitungan Kinerja Simpang (Tahun 2007)

Nama Jalan	Q	NQ1	NQ2	NQ	QL	NS	DT	DG	D
Pahlawan	663,90	41,10	136,94	178,04	445,10	7,69	204,31	3,43	207,74
Tanjungpura	1094,40	217,13	117,29	334,42	1028,97	8,76	1265,83	3,35	1269,18
Perintis Kemerdekaan	821,00	118,14	108,68	226,82	720,05	7,92	742,32	4,51	746,83
Imam Bonjol	786,90	157,21	87,56	244,76	815,88	8,92	995,09	3,38	998,46

Tabel 19. Hasil Perhitungan Kinerja Simpang (Tahun 2009)
Berdasarkan hasil perencanaan sinyal tahun 2007

Nama Jalan	Q	NQ1	NQ2	NQ	QL	NS	DT	DG	D
Pahlawan	801,24	46,52	129,42	175,94	439,85	6,30	283,51	3,43	286,94
Tanjungpura	1319,06	86,27	113,94	300,20	923,70	6,53	477,13	3,35	480,48
Perintis Kemerdekaan	984,80	44,82	186,41	231,23	734,06	6,73	271,06	4,51	275,57
Imam Bonjol	947,49	60,68	173,63	234,31	781,03	7,09	320,00	3,38	323,37

Tabel 20. Hasil Perhitungan Kinerja Simpang (Tahun 2011)
Berdasarkan hasil perencanaan sinyal tahun 2009

Nama Jalan	Q	NQ1	NQ2	NQ	QL	NS	DT	DG	D
Pahlawan	967,37	125,68	126,83	252,51	631,28	7,48	754,44	3,43	757,87
Tanjungpura	1590,57	140,60	254,36	394,96	1215,26	7,12	707,14	3,35	710,49
Perintis Kemerdekaan	1182,14	137,74	182,64	320,38	1017,09	7,77	741,48	4,51	745,99
Imam Bonjol	1141,42	138,95	182,49	321,44	1071,46	8,07	700,99	3,38	704,37

Tabel 21. Hasil Perhitungan Kinerja Simpang (Tahun 2013)
Berdasarkan hasil perencanaan sinyal tahun 2011

Nama Jalan	Q	NQ1	NQ2	NQ	QL	NS	DT	DG	D
Pahlawan	1168,39	188,70	137,91	326,61	816,52	8,02	1082,30	3,43	1085,73
Tanjungpura	1918,80	224,69	257,58	482,27	1483,91	7,21	1115,84	3,35	1119,19
Perintis Kemerdekaan	1420,00	218,57	184,46	403,03	1279,46	8,14	1142,25	4,51	1146,76
Imam Bonjol	1375,67	222,64	183,18	405,81	1352,71	8,46	1115,05	3,38	1118,43

Tabel 22. Hasil Perhitungan Kinerja Simpang (Tahun 2015)
Berdasarkan hasil perencanaan sinyal tahun 2013

Nama Jalan	Q	NQ1	NQ2	NQ	QL	NS	DT	DG	D
Pahlawan	1411,66	259,82	150,49	410,31	1025,77	8,33	1424,34	3,43	1427,77
Tanjungpura	2315,68	319,00	253,04	572,04	1760,13	7,08	1593,16	3,35	1596,51
Perintis Kemerdekaan	1706,82	309,28	180,76	490,04	1555,69	8,23	1612,03	4,51	1616,54
Imam Bonjol	1658,74	314,63	180,32	494,95	1649,83	8,56	1584,76	3,38	1588,13

Tabel 23. Hasil Perhitungan Kinerja Simpang (Tahun 2017)
Berdasarkan hasil perencanaan sinyal tahun 2015

Nama Jalan	Q	NQ1	NQ2	NQ	QL	NS	DT	DG	D
Pahlawan	1706,15	358,24	134,43	492,68	1231,70	8,28	2075,08	3,43	2078,51
Tanjungpura	2795,72	464,01	123,73	587,75	1808,45	6,03	3303,48	3,35	3306,83
Perintis Kemerdekaan	2052,83	449,06	88,19	537,25	1705,55	7,50	3309,12	4,51	3313,63
Imam Bonjol	2000,87	461,91	76,58	538,49	1794,96	7,72	3561,69	3,38	3565,07

Sumber : analisa data

Dengan derajat kejenuhan yang relatif tinggi disetiap simpang serta tundaan, antrian yang besar menandakan kinerja pada simpang yang ditinjau buruk dan perlu diadakan perencanaan waktu siklus kembali agar kinerja simpang tersebut lebih baik.

6.5. Perencanaan Sinyal

Dari hasil evaluasi kinerja simpang dapat diketahui bahwa sinyal yang ada saat ini sudah tidak layak lagi digunakan untuk tahun, 2007, 2009, 2011, 2013, 2015 dan 2017, oleh karena itu sebagai solusinya adalah sinyal yang ada saat ini perlu direncanakan kembali.

Untuk perhitungan waktu sinyal, data – data yang diperlukan adalah :

- Rasio arus (FR) : Q / S
- Lost time (LT) : dari MKJI '97 diambil nilai LT 4 detik per fase
- Rasio arus simpang (IFR) : penjumlahan FR dari tiap kaki simpang
- Rasio fase (PR) : FR / IFR

6.5.1. Penentuan Waktu Sinyal

Waktu siklus sebelum disesuaikan :

$$c_u = \frac{1,5LT + 5}{1 - \sum FR}$$

➤ Rasio fase (PR)

$$PR = FR / IFR$$

➤ Waktu hijau, g (detik)

$$g = (c_u - LT) \times PR$$

➤ Waktu Siklus Disesuaikan :

$$c = \sum g + LT$$

➤ Waktu Kuning

- Dari hasil survey didapat rata – rata kecepatan kendaraan disetiap ruas jalan pada saat melewati stop line asal sampai ke stop line tujuan adalah 8 m/detik.

- Waktu persepsi atau reaksi pengemudi (t) menurut ITE nilai yang umum dipakai adalah 1 detik.

- Tingkat perlambatan (a) diambil berdasarkan ketentuan ITE sebesar 3 m/detik².

- Kemiringan pendekat (persen/100) samadengan nol

- Percepatan grafitasi (G) diambil samadengan 10 m/detik².

Jadi waktu kuning :

$$Y = t + \frac{v}{2a + 2Gg}$$

$$Y = 1 + \frac{8}{2.3 + 2.10.0/100} = 2,33 \text{ detik} \approx 3 \text{ detik}$$

➤ Waktu Merah

- Jalan Pahlawan tahun 2007

$$R = \text{waktu siklus} - (\text{waktu hijau} + \text{waktu kuning}) \\ = 107 - (17 + 3) \\ = 87 \text{ detik}$$

Perhitungan lengkap dapat dilihat pada tabel 24 :

Tabel 24. Hasil Perhitungan Waktu Siklus, c (detik) Th. 2007

Nama Jalan	Q	FR	cu	PR	g	c
Pahlawan	536,90	0,137	107	0,188	17	107
Tanjungpura	626,60	0,196		0,270	24	
Perintis Kemerdekaan	611,40	0,198		0,272	25	
Imam Bonjol	627,20	0,197		0,270	24	
ΣFR		0,728				
Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)		
Pahlawan	87	17	3	107		
Tanjungpura	80	24	3	107		
Perintis Kemerdekaan	79	25	3	107		
Imam Bonjol	80	24	3	107		

Tabel 25. Hasil Perhitungan Waktu Siklus, c (detik) Th. 2009

Nama Jalan	Q	FR	cu	PR	g	c
Pahlawan	646,80	0,165	110	0,224	21	110
Tanjungpura	755,97	0,193		0,261	25	
Perintis Kemerdekaan	736,35	0,188		0,255	24	
Imam Bonjol	754,10	0,192		0,261	25	
ΣFR		0,737				
Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)		
Pahlawan	86	21	3	110		
Tanjungpura	82	25	3	110		
Perintis Kemerdekaan	83	24	3	110		
Imam Bonjol	82	25	3	110		

Tabel 26. Hasil Perhitungan Waktu Siklus, c (detik) Th. 2011

Nama Jalan	Q	FR	cu	PR	g	c
Pahlawan	779,56	0,166	112	0,224	22	112
Tanjungpura	912,45	0,194		0,262	25	
Perintis Kemerdekaan	887,28	0,189		0,254	25	
Imam Bonjol	907,23	0,193		0,260	25	
ΣFR		0,742				
Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)		
Pahlawan	87	22	3	112		
Tanjungpura	84	25	3	112		
Perintis Kemerdekaan	84	25	3	112		
Imam Bonjol	84	25	3	112		

Tabel 27. Hasil Perhitungan Waktu Siklus, c (detik) Th. 2013

Nama Jalan	Q	FR	cu	PR	g	c
Pahlawan	939,99	0,165	114	0,221	22	114
Tanjungpura	1101,76	0,190		0,255	25	
Perintis Kemerdekaan	1069,64	0,198		0,266	26	
Imam Bonjol	1092,06	0,192		0,257	25	
ΣFR		0,745				
Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)		
Pahlawan	89	22	3	114		
Tanjungpura	86	25	3	114		
Perintis Kemerdekaan	85	26	3	114		
Imam Bonjol	86	25	3	114		

Tabel 28. Hasil Perhitungan Waktu Siklus, c (detik) Th. 2015

Nama Jalan	Q	FR	cu	PR	g	c
Pahlawan	1133,91	0,176	119	0,233	24	119
Tanjungpura	1330,86	0,194		0,256	26	
Perintis Kemerdekaan	1290,05	0,195		0,258	26	
Imam Bonjol	1315,25	0,191		0,253	26	
ΣFR		0,755				
Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)		
Pahlawan	92	24	3	119		
Tanjungpura	90	26	3	119		
Perintis Kemerdekaan	90	26	3	119		
Imam Bonjol	90	26	3	119		

Tabel 29. Hasil Perhitungan Waktu Siklus, c (detik) Th. 2017

Nama Jalan	Q	FR	cu	PR	g	c
Pahlawan	1368,37	0,181	123	0,2374	25	123
Tanjungpura	1608,15	0,194		0,2539	27	
Perintis Kemerdekaan	1556,50	0,197		0,2583	28	
Imam Bonjol	1584,84	0,191		0,2504	27	
ΣFR		0,764				
Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)		
Pahlawan	95	25	3	123		
Tanjungpura	93	27	3	123		
Perintis Kemerdekaan	92	28	3	123		
Imam Bonjol	93	27	3	123		

Sumber : analisa data

Dari hasil coba – coba waktu siklus dan berdasarkan parameter antrian, tundaan, dan derajat kejenuhan maka didapat waktu siklus optimum seperti dibawah ini :

Tabel 30. Waktu Siklus Optimum Tahun 2007

Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)
Pahlawan	87	17	3	107
Tanjungpura	80	24	3	107
Perintis Kemerdekaan	80	24	3	107
Imam Bonjol	78	26	3	107

Tabel 31. Waktu Siklus Optimum Tahun 2009

Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)
Pahlawan	90	17	3	110
Tanjungpura	82	25	3	110
Perintis Kemerdekaan	82	25	3	110
Imam Bonjol	80	27	3	110

Tabel 32. Waktu Siklus Optimum Tahun 2011

Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)
Pahlawan	96	19	3	118
Tanjungpura	88	27	3	118
Perintis Kemerdekaan	88	27	3	118
Imam Bonjol	86	29	3	118

Tabel 33. Waktu Siklus Optimum Tahun 2013

Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)
Pahlawan	99	20	3	122
Tanjungpura	91	28	3	122
Perintis Kemerdekaan	91	28	3	122
Imam Bonjol	89	30	3	122

Tabel 34. Waktu Siklus Optimum Tahun 2015

Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)
Pahlawan	102	20	3	125
Tanjungpura	93	29	3	125
Perintis Kemerdekaan	93	29	3	125
Imam Bonjol	91	31	3	125

Tabel 35. Waktu Siklus Optimum Tahun 2017

Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)
Pahlawan	105	21	3	129
Tanjungpura	96	30	3	129
Perintis Kemerdekaan	96	30	3	129
Imam Bonjol	94	32	3	129

Sumber : analisa data

6.5.2. Penentuan Waktu Siklus Dinamis

Dari hasil coba – coba waktu siklus dinamis dan berdasarkan antrian, tundaan, dan derajat kejenuhan maka didapat waktu siklus dinamis optimum tahun 2007 pagi, siang dan sore hari seperti dibawah ini :

Tabel 36. Waktu Siklus Dinamis Pagi hari Optimum Th. 2007

Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)
Pahlawan	62	12	3	77
Tanjungpura	58	16	3	77
Perintis Kemerdekaan	59	15	3	77
Imam Bonjol	56	18	3	77

Sumber : analisa data

Tabel 37. Waktu Siklus Dinamis Siang hari Optimum Th 2007

Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)
Pahlawan	76	18	3	97
Tanjungpura	71	23	3	97
Perintis Kemerdekaan	75	19	3	97
Imam Bonjol	73	21	3	97

Tabel 38. Waktu Siklus Dinamis Sore hari Optimum Th. 2007

Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Waktu Putaran (detik)
Pahlawan	78	16	3	97
Tanjungpura	72	22	3	97
Perintis Kemerdekaan	73	21	3	97
Imam Bonjol	72	22	3	97

Sumber : analisa data

7. Kesimpulan

Dari hasil evaluasi kinerja simpang bersinyal pada simpang Jalan Pahlawan – Jalan Imam Bonjol – Jalan Perintis Kemerdekaan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kemacetan yang terjadi pada saat jam sibuk adalah akibat arus yang melebihi kapasitas jalan, sehingga derajat kejenuhan yang ditimbulkan melebihi 0,8 yang berakibat kendaraan susah bergerak dan terjadinya tundaan yang besar.
2. Derajat kejenuhan tahun 2007 untuk Jl. Pahlawan adalah 1,029, Jl. Tanjungpura adalah 1,609, Jl. Perintis Kemerdekaan adalah 1,263, Jl. Imam Bonjol adalah 1,431.
3. Dari derajat kejenuhan yang tinggi menyebabkan terjadinya antrian yang panjang sehingga dapat diketahui bahwa kinerja simpang saat ini tidak baik.
4. Dari hasil prediksi jumlah kendaraan yang melewati simpang Jalan Pahlawan – Jalan Imam Bonjol – Jalan Perintis Kemerdekaan sampai sepuluh tahun mendatang dan berdasarkan evaluasi kinerja simpang pengaturan simpang bersinyal yang ada saat ini sudah

tidak layak lagi digunakan hingga sepuluh tahun mendatang.

5. Waktu siklus yang direncanakan sedikit lebih pendek dari waktu siklus yang ada sekarang, ini dimaksudkan agar antrian yang terjadi di setiap ruas jalan tidak terlampau panjang dan juga untuk membatasi arus yang masuk ke Jembatan Kapuas I agar tidak melebihi kapasitasnya.
6. Waktu siklus optimum ditentukan dengan cara mencoba – coba waktu hijau sebanyak beberapa kali sampai didapatkan derajat kejenuhan (DS) yang paling kecil, panjang antrian (NQ) yang paling pendek serta tundaan (D) yang paling kecil sebagai parameter utamanya.
7. Waktu siklus dinamis yang dihitung digunakan sebagai alternatif sinyal jika waktu siklus berdasarkan jam sibuk tidak mampu melayani kebutuhan lalu lintas yang terjadi pada simpang tersebut.

Referensi

- [1]. Hobbs. FD, (1995), **Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas**, Edisi kedua, Gadjah Mada University Press.
- [2]. Oglesby H. Clarkson & Hicks R. Gary, (1993), **Teknik Jalan Raya**, Edisi keempat jilid 1, Erlangga.
- [3]. Sukirman, Silvia, (1994), **Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Jalan**, Nova.
- [4]. Tamin Z. Ofyar, (2000), **Perencanaan dan Pemodelan Transportasi**, Edisi kedua, Institut Teknologi Bandung.
- [5]. Malkhamah, Siti, Ir, M.Sc, (1996), **Survei, Lampu Lalu Lintas dan Pengantar Manajemen Lalu Lintas**, Edisi ketiga, KMTS FT UGM.
- [6]. Singarimbun, Masri & Effendi, Sofian, (editor), (1986), **Metode Penelitian Survei**, Edisi Revisi, LP3ES.

