

OPTIMALISASI SIMPANG APILL PULUTAN DAN KECANDRAN

OPTIMATION ON THE SIGNALIZED INTERSECTION PULUTAN AND KECANDRAN

Caesario Nanda Buana¹, Sudirman Anggada², Nyimas Arnita Aprilia³

Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD

Jalan Raya Setu No. 5, Cibitung, Bekasi, Jawa Barat 17520

caesarionanda@gmail.com

Riwayat Perjalanan Naskah

9 Agustus 2022, 14 Agustus 2022, 24 Agustus 2022

Abstract

Salatiga City is a small town in Central Java Province, Indonesia. The city has an area of 56,781 km². The city of Salatiga is a city that is located on the regional route of Central Java because it serves as a liaison or is crossed by the Semarang route to Surakarta or other areas. The city of Salatiga has several signalized and unsignalized intersections. The intersection is an important part of the road where there are roads that meet with intersecting traffic flows using the same road section, the intersection of traffic flows can cause vehicle queues and can even lead to traffic accidents. Pulutan Intersection and Kecandran Intersection are signalized intersections with 4-phase control, but their performance has not functioned optimally. To measure the performance and the appropriate type of intersection control in this study using the 1997 Indonesian Road Capacity Manual method. In this study an analysis of the intersection includes the degree of saturation, queue length, and average delay as service standards for intersection performance. To obtain several recommendations to improve the optimization of this intersection, an analysis was carried out to produce several proposals, including changes in the phase and cycle time of the intersection, the application of different cycle times for each busy hour, and coordinating the two intersections so that the performance of the intersection is more optimal.

Keywords: Junction Optimization, degree of saturation, queue length, and delay

Abstrak

Kota Salatiga adalah salah satu kota kecil di Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Kota ini memiliki luas wilayah 56,781 km². Kota Salatiga merupakan kota yang letaknya berada di jalur regional Jawa Tengah karena sebagai penghubung atau dilintasi jalur Semarang menuju Surakarta atau daerah

lainnya. Kota Salatiga terdapat beberapa persimpangan baik bersinyal maupun tak bersinyal. Persimpangan adalah bagian penting dari jalan yang mana terdapat ruas jalan bertemu dengan arus lalu lintas berpotongan menggunakan ruas jalan yang sama, perpotongan arus lalu lintas tersebut dapat menyebabkan antrian kendaraan bahkan dapat mengakibatkan kecelakaan lalu lintas. Simpang Pulutan dan Simpang Kecandran merupakan simpang bersinyal dengan pengendalian 4 fase, namun kinerjanya belum berfungsi secara optimal. Untuk mengukur kinerja serta tipe kendali simpang yang sesuai dalam penelitian ini menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Dalam penelitian ini analisis terhadap persimpangan antara lain derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan rata-rata sebagai standar pelayanan kinerja simpang. Untuk memperoleh beberapa rekomendasi untuk peningkatan optimalisasi simpang ini maka dilakukan analisis hingga menghasilkan beberapa usulan, antara lain perubahan fase dan waktu siklus simpang, penerapan waktu siklus yang berbeda untuk masing-masing jam sibuk, dan pengkoordinasian kedua simpang tersebut agar kinerja simpang lebih optimal.

Kata Kunci: Optimalisasi Simpang, Derajat Kejenuhan, Panjang Antrian, dan Tundaan

PENDAHULUAN

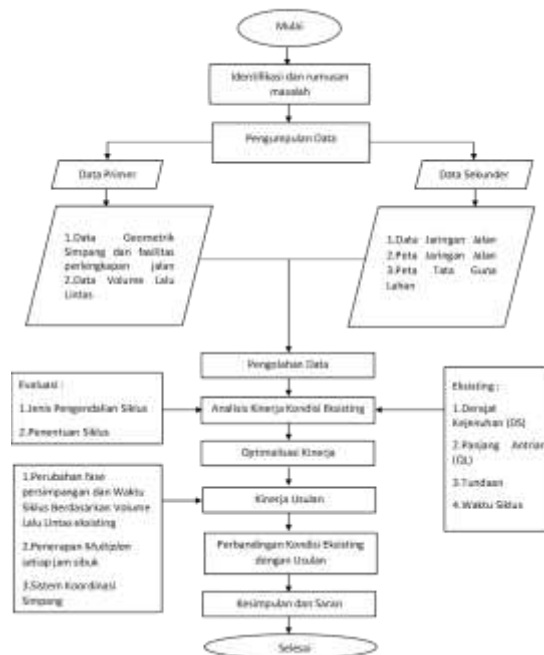
Simpang Pulutan dan Simpang Kecandran merupakan simpang bersinyal yang terletak pada Jalan Lingkar Salatiga yang merupakan jalan arteri dan statusnya adalah jalan nasional tentunya kedua simpang ini dilewati mulai dari kendaraan kecil hingga kendaraan besar. Selain itu kedua simpang ini merupakan penghubung antara zona internal dan zona eksternal.

Simpang Pulutan merupakan simpang dengan pengendalian APILL 4 fase dengan derajat kejenuhan sebesar 0,50, panjang antrian 23,33 meter, dan tundaan sebesar 41,75 detik/smp (LOS "E") untuk penilaian *level of service* berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas.

Simpang Kecandran merupakan simpang dengan pengendalian APILL 4 fase dengan derajat kejenuhan sebesar 0,64, panjang antrian 41,67 meter, dan tundaan sebesar 60,33 detik/smp (LOS "F") untuk penilaian *level of service* berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Analisis yang digunakan adalah analisis berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Untuk memaksimalkan fungsi APILL.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis melakukan langkah-langkah dalam meneliti dengan bagan alir penelitian seperti pada gambar berikut:



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

Kemudian dalam melakukan penelitian, penulis membuat sebuah alur pikir penelitian yang memiliki tujuan agar pembaca lebih mudah dalam memahami langkah-langkah dalam penelitian. Berikut ini merupakan alur pikir penelitian.



Gambar 2 Alur Pikir Penelitian

ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

1. Kondisi Eksisting

a. Simpang Pulutan

Simpang Pulutan adalah simpang dengan tipe simpang 412 yang artinya simpang memiliki 4 lengan 1 lajur pada pendekat minor dan 2 lajur pada pendekat utama atau mayor.

1) Geometri

Berikut ini merupakan geometri Simpang Pulutan pada Tabel 1.

Tabel 1 Geometri Simpang Pulutan

Nama Simpan g	Tipe Simpan g	Kaki Simpan g	Nama Jalan	Lebar Pendekat (m)			
				Pendeka t Wa	W masu k	W lto r	W kelua r
Simpan g Pulutan	412	Utara	Jalan Lingkar Salatiga I	8,5	6	2,5	6
		Selatan	Jalan Lingkar Salatiga II	8,5	6	2,5	6
		Timur	Jalan Dipomenggolo	5,5	3	2,5	3
		Barat	Jalan H. Ilyas	5,5	3	2,5	3

2) Arus Jenuh

Berdasarkan MKJI 1997 untuk menghitung arus jenuh dasar (S_o) dan untuk menghitung arus jenuh (S) digunakan rumus yang sudah dikalikan dengan F_{cs} , F_{sf} , F_g , F_p , F_{rt} , F_{lt} .

Tabel 2 Arus Jenuh Simpang Pulutan

No	Kaki Simpang	S_o (smp/ jam)	F_{cs}	F_{sf}	F_g	F_p	F_{rt}	F_{lt}	S (smp /jam)
1	Jalan Lingkar Salatiga I	3.600	0,83	0,93	1,00	1,00	1,01	1,00	2.809
2	Jalan Lingkar Salatiga II	3.600	0,83	0,93	1,00	1,00	1,03	1,00	2.861
3	Jalan Dipomenggolo	1.800	0,83	0,95	1,00	1,00	1,05	1,00	1.501
4	Jalan H. Ilyas	1.800	0,83	0,95	1,00	1,00	1,04	1,00	1.478

3) Waktu Siklus dan Fase Simpang

Dibawah ini merupakan diagram fase dari Simpang Pulutan dimana waktu siklusnya sebesar 117 detik dan memiliki 4 fase.

NAMA KAKI SIMPANG	FASE	DIAGRAM FASE APIL										SIKLUS TOTAL
Jalan Lingkar Salatiga I (Utara)	1	30	3	2	30	2	30	2	15	2		117
Jalan Lingkar Salatiga II (Selatan)	2	30	2	30	3	2	30	2	15	2		117
Jalan Benda I (Timur)	3	30	2	30	2	25	3	2	15	2		117
Jalan Imam Benda II (Barat)	4	30	2	30	2	30	2	12	3	2		117

Gambar 3 Diagram Siklus Simpang Pulutan

4) Derajat Kejenuhan

Berikut ini merupakan derajat kejenuhan eksisting Simpang Pulutan dengan derajat kejenuhan rata rata 0,50.

Tabel 3 Derajat Kejenuhan Simpang Pulutan

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Arus lalu lintas (smp)	Kapasitas (smp/jam)	DS
1	Jalan Lingkar Salatiga I	U	369	720	0,51
2	Jalan Lingkar Salatiga II	S	387	736	0,53
3	Jalan Dipomenggolo	T	139	321	0,43
4	Jalan H. Ilyas	B	79	152	0,52

5) Panjang Antrian

Berikut ini merupakan panjang antrian pada kaki Simpang Pulutan dengan panjang antrian rata-rata 23,33 meter.

Tabel 4 Panjang Antrian Simpang Pulutan

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	NQmax (smp)	Lebar masuk (Wmasuk) (meter)	Panjang Antrian (QL) (meter)
1	Jalan Lingkar Salatiga I	U	8	6	26,67
2	Jalan Lingkar Salatiga II	S	8	6	26,67
3	Jalan Dipomenggolo	T	4	3	26,67
4	Jalan H. Ilyas	B	2	3	13,33

6) Tundaan

Berikut ini merupakan tundaan Simpang Pulutan dengan tundaan rata rata sebesar 41,76 det/smp yang mana indeks pelayanannya adalah “E”.

Tabel 5 Tundaan Simpang Pulutan

NO	Kaki Simpang	Arus Lalu Lintas (Q) (smp/jam)	Jumlah Kendaraan terhenti (NSV) (smp/jam)	Tundaan lalu lintas Rata rata (DT) (det/smp)	Tundaan lalu lintas Geometri (DG) (det/smp)	Tundaan Rata rata (D=DT+ DG) (det/smp)	Tundaan total DxQ (det/smp)
1	Jalan Lingkar Salatiga I	369	146	37,37	2,27	39,64	14.643
2	Jalan Lingkar Salatiga II	387	154	37,65	2,39	40,04	15.479
3	Jalan Dipomenggolo	139	55	39,85	1,95	41,80	5.793
4	Jalan H. Ilyas	79	36	50,82	2,13	52,95	4.182
						Tundaan Simpang rata-rata (det/smp)	41,76

b. Simpang Kecandran

Simpang Kecandran adalah simpang dengan tipe simpang 412 yang artinya simpang memiliki 4 lengan 1 lajur pada pendekat minor dan 2 lajur pada pendekat utama atau mayor.

1) Geometrik

Berikut ini merupakan geometri dari Simpang Kecandran.

Tabel 6 Geometrik Simpang Kecandran

Nama Simpang	Tipe Simpang	Kaki Simpang	Nama Jalan	Lebar Pendekat (m)			
				Pendekat Wa	W masuk	W ltor	W keluar
Simpang Kecandran	412	Utara	Jalan Lingkar Salatiga II	8,5	6	2,5	6

		Selatan	Jalan Lingkar Salatiga III	8,5	6	2,5	6
		Timur	Jalan Imam Bonjol III	6,5	4	2,5	4
		Barat	Jalan Imam Bonjol IV	6,5	4	2,5	4

2) Arus Jenuh

Berdasarkan MKJI 1997 untuk menghitung arus jenuh dasar (S_o) dan untuk menghitung arus jenuh (S) digunakan rumus yang sudah dikalikan dengan F_{cs} , F_{sf} , F_g , F_p , F_{rt} , F_{lt} .

Tabel 7 Arus Jenuh Simpang Kecandran

No	Kaki Simpang	S_o (smp/ jam)	F_{cs}	F_{sf}	F_g	F_p	F_{rt}	F_{lt}	S (smp /jam)
1	Jalan Lingkar Salatiga II	3.600	0,83	0,95	1,00	1,00	1,04	1,00	2.890
2	Jalan Lingkar Salatiga III	3.600	0,83	0,95	1,00	1,00	1,04	1,00	2.890
3	Jalan Imam Bonjol III	2.400	0,83	0,95	1,00	1,00	1,06	1,00	1.964
4	Jalan Imam Bonjol IV	2.400	0,83	0,95	1,00	1,00	1,05	1,00	1.945

3) Waktu Siklus dan Fase Simpang

Dibawah ini merupakan diagram fase dari Simpang Kecandran dimana waktu siklusnya sebesar 132 detik dan memiliki 4 fase.

NAMA KAKI SIMPANG	FASE	DIAGRAM FASE APILL										SIKLUS TOTAL
Jalan Lingkar Salatiga II (Utara)	1											132
		35	3	2	30	2	28	2	28	2		
Jl.Lingkar Salatiga III (Selatan)	2											132
		38	2	27	3	2	28	2	28	2		
Jl.Imam Bonjol III (Timur)	3											132
		38	2	30	2	25	3	2	28	2		
Jalan Imam Bonjol IV (Barat)	4											132
		38	2	30	2	28	2	25	3	2		

Gambar 4 Diagram Waktu Siklus Simpang Kecandran

4) Derajat Kejenuhan

Berikut ini merupakan derajat kejenuhan eksisting Simpang Kecandran dengan derajat kejenuhan rata rata 0,64.

Tabel 8 Derajat Kejenuhan Simpang Kecandran

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Arus lalu lintas (smp)	Kapasitas (smp/jam)	DS
1	Jalan Lingkar Salatiga II	U	494	766	0,64
2	Jalan Lingkar Salatiga III	S	534	591	0,90
3	Jalan Imam Bonjol III	T	185	372	0,50
4	Jalan Imam Bonjol IV	B	191	368	0,52

5) Panjang Antrian

Berikut ini merupakan panjang antrian pada kaki Simpang Kecandran dengan panjang antrian rata-rata 41,67 meter.

Tabel 9 Panjang Antrian Simpang Kecandran

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Nqmax (smp)	Lebar masuk (Wmasuk) (meter)	Panjang Antrian (QL) (meter)
1	Jalan Lingkar Salatiga II	U	12	6	40,00
2	Jalan Lingkar Salatiga III	S	20	6	66,67
3	Jalan Imam Bonjol III	T	6	4	30,00
4	Jalan Imam Bonjol IV	B	6	4	30,00

6) Tundaan

Berikut ini merupakan tundaan Simpang Kecandran sebesar 60,33 yaitu *level of service* “F”.

Tabel 10 Tundaan Simpang Kecandran

NO	Kaki Simpang	Arus Lalu Lintas (Q) (smp/jam)	Jumlah Kendaraan terhenti (NSV) (smp/Jam)	Tundaan lalu lintas Rata rata (DT) (detik/smp)	Tundaan lalu lintas Geometri (DG) (detik/smp)	Tundaan Rata rata (D=DT+DG) (detik/smp)	Tundaan total DxQ (det/smp)
1	Jalan Lingkar Salatiga II	494	241	44,89	2,66	47,55	23.479
2	Jalan Lingkar Salatiga III	534	365	73,60	3,44	77,04	41.118
3	Jalan Imam Bonjol III	185	87	47,86	2,45	50,31	9.283
4	Jalan Imam Bonjol IV	191	92	48,49	2,36	50,85	9.727
Tundaan Simpang rata-rata (det/smp)						60,33	

2. Usulan 1 (Penyesuaian waktu siklus dan pengurangan fase)

Perhitungan kondisi kinerja usulan yang terbaik akan diambil sebagai alternative pemecahan masalah yang ada. Usulan ini dilakukan agar kinerja persimpangan dapat ditingkatkan secara efektif dan efisien. Maka dari itu pada kondisi usulan 1 ini dikajilah penyesuaian waktu siklus optimum dan pengurangan fase. Namun pada MKJI 1997 untuk 3 fase waktu siklus yang disarankan adalah 50 detik - 80 detik. Didapatkan juga waktu hijau pada perhitungan menurut MKJI 1997 pada semua kaki simpang yaitu kurang dari 15 detik maka Namun menurut buku *Signal Timing Manual* minimal waktu hijau yang biasa digunakan adalah 15 detik, maka penulis asumsikan pada jalan mayor waktu hijau dikalikan 2 (dua) dan

pada jalan minor menggunakan standar minimum yaitu 15 detik dan untuk menunjang faktor keselamatan pada simpang tersebut.

a. Simpang Pulutan

Penentuan waktu siklus sebelum penyesuaian telah dihitung didapatkan yaitu 38 detik. Kemudian menjadi 70 detik setelah penyesuaian dan setelah itu dilakukan perhitungan berdasarkan MKJI 1997

Tabel 11 Usulan 1 Simpang Pulutan

No	Kaki Simpang	Waktu Hijau (gi) (detik)	Waktu Siklus	Kapasitas (C) (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (QL) (meter)	Tundaan (DT) (det/smp)
1	Jalan Lingkar Salatiga I	18	70	750	0,41	13,33	23,85
2	Jalan Lingkar Salatiga II	22	70	908	0,44	20,00	21,45
3	Jalan Dipomenggolo	15	70	389	0,13	6,67	24,18
4	Jalan H. Ilyas	15	70	389	0,10	6,67	24,07

Didapatkan derajat kejenuhan sebesar 0,27, panjang antrian sebesar 11,67 meter, dan tundaan rata rata 23,12 detik/smp dengan LOS "C".

b. Simpang Kecandran

Penentuan waktu siklus sebelum penyesuaian telah dihitung didapatkan yaitu 50 detik. Kemudian menjadi 84 detik setelah penyesuaian dan setelah itu dilakukan perhitungan berdasarkan MKJI 1997.

Tabel 12 Usulan 1 Simpang Kecandran

No	Kaki Simpang	Waktu Hijau (gi) (detik)	Waktu Siklus	Kapasitas (C) (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (QL) (meter)	Tundaan (DT) (det/smp)
1	Jalan Lingkar Salatiga II	26	84	903	0,55	26,67	27,07
2	Jalan Lingkar Salatiga III	28	84	963	0,55	33,33	25,95
3	Jalan Imam Bonjol III	15	84	326	0,57	20	35,81
4	Jalan Imam Bonjol IV	15	84	326	0,59	20	36,49

Didapatkan derajat kejenuhan sebesar 0,56, panjang antrian sebesar 25,00 meter, dan tundaan rata rata 29,40 detik/smp dengan LOS “D”.

3. Usulan 2 (Pengaturan *Multiplan*)

Pada Usulan 2 merupakan rencana *multiplan* atau pengaturan pada setiap jam sibuk yaitu jam sibuk pagi, jam sibuk siang, dan jam sibuk sore. Usulan 3 merupakan koordinasi persimpangan yaitu antara Simpang Pulutan dan Simpang Kecandran. Sebelum dilakukan koordinasi antar simpang, setiap simpang harus dilakukan optimalisasi terlebih dahulu bertujuan untuk mencari waktu siklus yang paling optimal pada kedua simpang yang diteliti.

a. Simpang Pulutan

Dilakukan analisis dengan menggunakan MKJI 1997 didapatkan hasil sebagai berikut untuk usulan 2 Simpang Pulutan.

Tabel 13 Usulan 2 Simpang Pulutan

N O	Kaki Simpang	Waktu Siklus (detik)			Derajat Kejenuhan			Antrian (meter)			Tundaan (detik/smp)		
		Pa gi	Sian g	Sor e	Pag i	Sian g	Sor e	Pagi	Sian g	Sore	Pagi	Sian g	Sore
1	Jalan Lingkar Salatiga I	74	65	72	0,4 1	0,41	0.4 3	13,3 3	6,67	13,3 3	23,8 5	22,9 6	23,5 5
2	Jalan Lingkar Salatiga II				0,4 4	0,44	0.5 3	20,0 0	13,3 3	20,0 0	21,4 5	19,6 5	21,6 7
3	Jalan Dipomengg olo				0,1 3	0,13	0.0 9	6,67	6,67	6,67	24,1 8	21,6 9	24,9 9
4	Jalan H. Ilyas				0,1 0	0,10	0.0 7	6,67	6,67	6,67	24,0 7	21,3 2	24,7 9

b. Simpang Kecandran

Dilakukan analisis dengan menggunakan MKJI 1997 didapatkan hasil sebagai berikut untuk usulan 2 Simpang Kecandran.

Tabel 14 Usulan 2 Simpang Kecandran

N O	Kaki Simpang	Waktu Siklus (detik)			Derajat Kejenuhan			Antrian (meter)			Tundaan (detik/smp)		
		Pa gi	Sian g	Sor e	Pa gi	Sian g	Sor e	Pag i	Sian g	Sor e	Pag i	Sian g	Sor e
1	Jalan Lingkar Salatiga I	84	78	84	0,5 5	0.52	0.5 6	26,6 7	26,6 7	33,3 3	27,0 7	25,0 1	26,0 2
2	Jalan Lingkar Salatiga II				0,5 5	0.51	0.5 7	33,3 3	26,6 7	33,3 3	25,9 5	24,7 2	27,6 5
3	Jalan Dipomengg olo				0,5 7	0.43	0.4 4	20,0 0	5,00	5,00	35,8 1	30,1 6	33,1 3
4	Jalan H. Ilyas				0,5 9	0.36	0.4 9	20,0 0	5,00	5,00	39,4 9	29,5 8	33,3 7

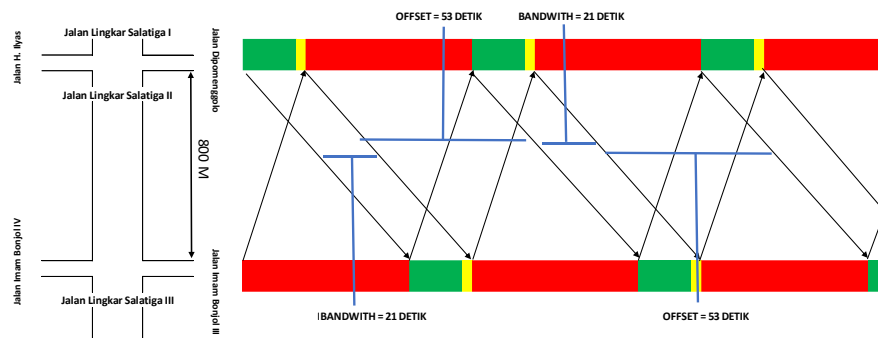
4. Usulan 3 (Koordinasi Simpang)

Setelah dilakukan optimalisasi tiap simpang, koordinasi simpang akan menggunakan waktu optimal kedua simpang sebagai batas bawah dan batas atas dalam menyamakan waktu siklus dengan pertimbangan kinerja yang paling optimal diantara kedua simpang dengan menyamakan waktu siklus kedua simpang menurut waktu siklus yang paling besar diantara dua simpang tersebut. Maka Simpang Pulutan dan Simpang Kecandran memiliki waktu siklus yang sama yaitu 84 detik.

Data kecepatan kendaraan pada ruas Jalan Lingkar Salatiga II didapatkan dari hasil survei MCO yang dilakuakn Tim Praktek Kerja Lapangan Kota Salatiga Tahun 2022 adalah 54,32 km/jam atau sekitar 15,09 m/s. kemudian untuk jarak Simpang Pulutan menuju Simpang Kecandran adalah 800 meter. Dengan bergitu didapatkan waktu offset sebesar sebagai berikut.

$$Offset = \frac{800}{15} = 53 \text{ detik}$$

Berikut ini adalah gambar diagram offset untuk koordinasi Simpang Pulutan dan Simpang Kecandran.



Gambar 5 Diagram Offset Koordinasi Simbang

5. Perbandingan Kinerja Eksisting dan Usulan

Berikut ini merupakan perbandingan kinerja simpang kondisi eksisting dan kondisi setelah dilakukan usulan pemecahan masalah. Dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15 Perbandingan Eksisting dan Usulan

Simpang	Waktu Siklus			Derajat Kejenuhan			Antrian			Tundaan		
				Rata-rata			Rata-rata			Rata-rata		
	Eksisting	Perubahan Fase	Koordinasi	Eksisting	Perubahan Fase	Koordinasi	Eksisting	Perubahan Fase	Koordinasi	Eksisting	Perubahan Fase	Koordinasi
		Detik					Meter			Detik		
Pulutan	117	70	84	0,50	0,27	0,26	23,33	11,67	10,53	41,75	23,12	25,24
Kecandran	132	84	84	0,64	0,56	0,56	41,67	25,00	25,00	60,33	29,40	29,40

KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk peningkatan kinerja kedua persimpangan tersebut diusulkan beberapa alternatif terbaik, seperti menghitung ulang waktu siklus, perubahan fase, menerapkan *multiplan* tiap jam sibuk, dan mengkoordinasikan Simpang Pulutan dan Simpang Kecandran.
2. Perbandingan antara kinerja eksisting dengan usulan 1, usulan 2, maupun usulan 3 pada semua usulan mengalami penurunan baik derajat kejenuhan, panjang antrian, serta tundaan rata-rata. *Level of Service* dari kedua simpang

tersebut juga mengalami peningkatan, Simpang Pulutan yang semula “E” naik menjadi “C” Simpang Kecandran semula “F” naik menjadi “D”.

SARAN

1. Perlu dilakukan penyesuaian siklus dan perubahan fase untuk optimalisasi kinerja simpang.
2. Perlu dilakukan pengaturan waktu siklus tiap jam sibuk menyesuaikan volume lalu lintas yang melewati persimpangan tersebut agar pelayanan simpang lebih efisien dan dapat mengimbangi volume lalu lintas yang melewati simpang tersebut.
3. Perlu dilakukan sistem koordinasi simpang bersinyal untuk Simpang Pulutan dan Simpang Kecandran untuk kinerja yang lebih efisien dan efektif.

REFERENSI

- _____. 1997, Manual Kapasitas Jalan Indonesia, Direktorat Jendral Bina Marga Indonesia-Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2021). Salatiga Dalam Angka 2021. Kota Salatiga: Badan Pusat Statistik Kota Salatiga.
- Hasanudin, M. A. U, dkk. (2019). Analisa Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Empat Tak Bersinyal (Studi Kasus: Persimpangan Jalan Banjer). *Jurnal Sipil Statik* Volume 7 No. 11 November 2019, Manado.
- TIM PKL Kota Salatiga. (2022). Pola Umum Manajemen Transportasi Jalan, Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD, Bekasi.
- Urbanik, Tom, Alison Tanaka, Bailey Lozner, Eric Lindstrom, Kevin Lee, Shaun Quayle, Scott Beaird, et al. (2015). *Signal Timing Manual - Second Edition*. *Signal Timing Manual - Second Edition*. <https://doi.org/10.17226/22097>.