

OPTIMALISASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL WARUNG JAMBU DI KOTA BOGOR

PERFORMANCE OPTIMIZATION OF WARUNG JAMBU SIGNALLED INTERCEPTIONS IN BOGOR CITY

Azzam Hafiz Assyifa¹, Yudi Karyanto², Rika Marlia³

Program Studi D – III Manajemen Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD Bekasi, Jalan Raya Pasar Setu No. 89, Cibuntu,
Cibitung, Kabupaten Bekasi, 17520

azzamassyifa697@gmail.com¹, yudikaryanto65@gmail.com², rika.marlia@ptdisttd.ac.id³

Abstract

One of the signalized intersections that has the worst performance in the city of Bogor is the Warung Jambu intersection. Warung Jambu intersection is an intersection with four legs located in North Bogor sub-district, Bogor City. Simpang Warung Jambu implements a protected six-phase arrangement. According to Minister of Transportation Regulation Number 96 of 2015 concerning Guidelines for Implementing Traffic Management and Engineering Activities, the performance of the Warung Jambu Interchange has a service level value of F because the average intersection delay is above 60 seconds for vehicles, namely 77 seconds/pcu, so the performance of the Warung Jambu Interchange is very poor and has an average degree of saturation of 0.67 with an average queue length of 73 meters. In this study, the performance of the Warung Jambu Interchange was optimized by providing two proposals using Traffic Management and Engineering techniques using the 2023 Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI) method. The first proposal calculated the optimal cycle time for the current traffic volume conditions while still using the settings six phases and the second proposal calculates the optimal cycle time with four phase settings. The aim of this research is an effort to improve the service at Simpang Warung Jambu so that it can create smooth traffic flow and hopefully reduce traffic problems in the area. After analyzing the performance of Simpang Warung Jambu in the existing condition, proposed condition I, and proposed condition II and comparing the three conditions, it can be seen that the performance of Simpang Warung Jambu has increased in both proposed condition I and proposed condition II. However, the best proposal is in proposal II condition with an average queue length of 59 meters, an average intersection delay of 31 seconds/pcu and an intersection service level with a value of D.

Keywords: Signalized intersections, optimization, intersection delays, queue length, degree of saturation

Abstrak

Salah satu simpang bersinyal yang memiliki kinerja terburuk di Kota Bogor adalah Simpang Warung Jambu. Simpang Warung Jambu merupakan simpang dengan empat kaki yang terletak pada kecamatan Bogor Utara, Kota Bogor. Simpang Warung Jambu menerapkan pengaturan enam fase terlindung. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas kinerja Simpang Warung Jambu memiliki nilai tingkat pelayanan F karena tundaan simpang rata – rata diatas 60 detik perkendaraan yaitu selama 77 detik/smp sehingga kinerja Simpang Warung Jambu sangat buruk dan memiliki rata – rata derajat kejenuhan 0,67 dengan rata – rata panjang antrian mencapai 73 meter. Pada kajian ini dilakukan pengoptimalisasian kinerja Simpang Warung Jambu dengan memberikan dua usulan menggunakan teknik Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas dengan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2023. Usulan pertama melakukan perhitungan waktu siklus optimal pada kondisi volume lalu lintas saat ini dengan tetap menggunakan pengaturan enam fase dan usulan kedua melakukan perhitungan waktu siklus optimal dengan pengaturan empat fase. Tujuan penelitian ini sebagai upaya untuk meningkatkan pelayanan Simpang Warung Jambu agar dapat menciptakan kelancaran arus lalu lintas dan diharapkan dapat mengurangi permasalahan lalu lintas di daerah tersebut. Setelah dilakukan analisis kinerja Simpang Warung Jambu kondisi eksisting, kondisi usulan I, dan kondisi usulan II serta dilakukan perbandingan dari ketiga kondisi tersebut maka dapat diketahui bahwa kinerja Simpang Warung Jambu mengalami peningkatan baik pada kondisi usulan I

maupun kondisi usulan II. Namun, untuk usulan terbaiknya ada pada kondisi usulan II dengan rata – rata panjang antrian 59 meter, tundaan simpang rata – rata 31 detik/smp dan tingkat pelayanan simpang dengan nilai D.

Kata Kunci: Simpang bersinyal, optimalisasi, tundaan simpang, panjang antrian, derajat kejenuhan

PENDAHULUAN

Simpang bersinyal adalah simpang yang mengharuskan pengguna jalan yang akan melewati simpang harus mengikuti sinyal sesuai dengan pengoperasian (Morlok, 1991). Berdasarkan Evaluasi kinerja Dinas Perhubungan Kota Bogor tahun 2023, bahwa Simpang bersinyal di Kota Bogor berjumlah 23 simpang dan simpang tak bersinyal di Kota Bogor berjumlah 33 simpang. Simpang – simpang tersebut dapat menimbulkan permasalahan bagi kelancaran arus lalu lintas di Kota Bogor apabila pada simpang terjadi waktu tundaan yang lama dan antrian yang panjang dengan kondisi arus lalu lintas yang tinggi, maka dari itu persimpangan menjadi salah satu fokus penyelesaian permasalahan transportasi yang harus diperhatikan agar terciptanya kelancaran arus lalu lintas di Kota Bogor.

Kelancaran pergerakan arus lalu lintas dapat tercapai dengan menghilangkan konflik yang terjadi pada persimpangan yaitu mengatur pergerakan yang ada pada persimpangan dengan menambahkan fasilitas berupa Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas. Dari 23 simpang bersinyal di Kota Bogor, Simpang Warung Jambu menjadi salah satu perhatian bagi Dinas Perhubungan Kota Bogor karena setiap jam sibuknya (16.00 – 17.00 WIB) petugas Dinas Perhubungan Kota Bogor turun ke lapangan untuk menertibkan langsung arus lalu lintas pada simpang tersebut. Sebab, pada Simpang Warung Jambu ini berdekatan dengan perbatasan antara Kabupaten Bogor dengan Kota Bogor sehingga pada simpang ini arus lalu lintasnya tergolong tinggi dan berdasarkan analisis kondisi eksisting menyebabkan permasalahan berupa tundaan simpang rata – rata selama 77 detik dan rata – rata panjang antrian simpang mencapai 73 meter serta rata – rata derajat kejenuhan 0,67. Berdasarkan hasil inventarisasi simpang oleh tim Praktik Kerja Lapangan Kota Bogor tahun 2024, bahwa kinerja Simpang Warung Jambu yang buruk tersebut juga disebabkan oleh tipe lingkungan jalan komersial pertokoan dengan hambatan samping yang tinggi terutama pada kaki pendekat barat jalan Ahmad Yani 1 pada sore hari banyak pedagang kaki lima yang berjualan di sisi jalan. Selain itu waktu siklus APILL pada Simpang Warung Jambu belum sesuai dengan kondisi volume lalu lintas saat ini.

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini berada pada Kelurahan Bantarjati, Kecamatan Bogor Utara, Kota Bogor berupa simpang bersinyal yaitu Simpang Warung Jambu. Pada kaki pendekat utara terdapat jalan Ks. Tubun 1, pada kaki pendekat selatan terdapat jalan Pajajaran 7, pada kaki pendekat barat terdapat jalan Ahmad Yani 1, dan pada kaki pendekat timur terdapat jalan Achmad Adnawijaya. Penelitian ini dilaksanakan bersamaan dengan pelaksanaan Praktek Kerja Lapangan (PKL) dan Magang di Dinas Perhubungan Kota Bogor yang dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan bulan Mei 2024.

B. Metode Pengumpulan Data

Data yang diperlukan berupa data primer dan data sekunder mengenai kondisi wilayah studi yang akan dilakukan penelitian sehingga analisisnya dapat digunakan untuk perencanaan, pengaturan, dan pengendalian.

1. Data Sekunder

Data sekunder yang diperlukan untuk menyusun kajian ini berupa data inventarisasi simpang yang diperoleh dari hasil survei inventarisasi simpang oleh Tim PKL Kota Bogor tahun 2024.

2. Data Primer

Data – data primer untuk kajian Optimalisasi Simpang didapatkan dengan melakukan survei – survei berikut:

a. Survei Pencacahan Gerakan Membelok Terklasifikasi

Metodologi pada survei ini adalah melakukan pengamatan dan perhitungan atau pencacahan sesuai jenis kendaraan secara langsung pada setiap kaki pendekat simpang dengan pelaksanaan survei selama 3 periode (pagi, siang, dan sore) jam tersibuk dalam satu hari. Survei ini dilakukan dengan interval waktu 15 menit dalam 2 jam setiap periode jam sibuknya. Tujuan pelaksanaan survei pencacahan gerakan membelok terklasifikasi ini adalah untuk mengetahui kapasitas simpang dan menganalisa sistem pengendalian persimpangan. Berikut adalah peralatan yang diperlukan untuk menunjang pelaksanaan survei pencacahan

41 gerakan membelok terklasifikasi:

- 1) Alat pencacah (Counter atau bisa dengan aplikasi pencacah pada handphone);
- 2) Stopwatch;
- 3) Formulir survei;
- 4) Alat tulis; dan
- 5) Papan clipboard.

b. Survei Waktu Siklus

Metodologi pada survei ini adalah melakukan pengamatan dan pencatatan durasi waktu merah, waktu antar hijau, waktu hijau, dan total waktu siklus yang terjadi disetiap kaki pendekat simpang. Survei ini dilakukan dihari kerja dan tidak ada kegiatan yang mempengaruhi karakteristik pergerakan kendaraan. Berikut adalah peralatan yang diperlukan untuk menunjang pelaksanaan survei waktu siklus:

- 1) Stopwatch;
- 2) Formulir survei;
- 3) Alat tulis; dan
- 4) Papan clipboard.

C. Metode Analisis Data

1. Analisis Kinerja Simping Bersinyal Kondisi Eksisting

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kinerja persimpangan dengan kondisi eksisting menggunakan acuan perhitungan pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2023. Hasil dari analisis kinerja simpang kondisi eksisting ini akan digunakan sebagai data awal untuk dilakukannya skenario usulan dalam upaya pengoptimalisasian simpang.

2. Analisis Kondisi Usulan

Analisis kondisi usulan ini dilakukan setelah didapatkan data hasil analisis kinerja simpang kondisi eksisting. Kemudian dilakukan skenario usulan optimalisasi sebagai upaya untuk meningkatkan kinerja persimpangan dengan memberikan usulan yang tepat, efisien, dan efektif. Usulan – usulan yang diberikan untuk meningkatkan kinerja Simping Warung Jambu antara lain:

a. Kondisi Usulan I

Melakukan perhitungan waktu siklus optimal terhadap kondisi lalu lintas yang terjadi saat ini dengan tetap menggunakan pengaturan enam fase.

b. Kondisi Usulan II

Melakukan perubahan jumlah pengaturan fase dari enam fase menjadi empat fase dan melakukan perhitungan waktu siklus optimal terhadap kondisi lalu lintas yang terjadi saat ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kinerja Simping Warung Jambu Kondisi Eksisting

Untuk mendapatkan tingkat pelayanan kinerja Simping Warung Jambu kondisi eksisting, maka dilakukan analisis kinerja Simping Warung Jambu kondisi eksisting sebagai berikut:

1. Arus Jenuh (J)

a. Arus Jenuh Dasar (J_0)

Contoh perhitungan arus jenuh dasar: $J_0 = 600 \times L_E$.

Kaki Pendekat Barat : $J_0 = 600 \times 9 = 5.400$ smp/jam.

Berikut tabel nilai arus jenuh dasar pada setiap kaki pendekat simpang Warung Jambu:

Tabel 1. Arus Jenuh Dasar Simping Warung Jambu

No	Kaki Pendekat	Lebar Efektif (meter)	Arus Jenuh Dasar (smp/jam)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	12	7.200
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	10	6.000
3	Timur	6	3.600
4	Barat	9	5.400
5	Utara (Hanya Lurus)	8	4800
6	Selatan (Hanya Lurus)	8	4800

Sumber: Hasil Analisis 2024

- b. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK})
Kota Bogor memiliki populasi penduduk sebesar 1.070.719 jiwa maka populasi penduduk tersebut termasuk besar dengan interval 1,0 – 3,0 juta jiwa sehingga didapatkan nilai 1,00 untuk faktor penyesuaian ukuran kota setiap kaki pendekat Simpang Warung Jambu.

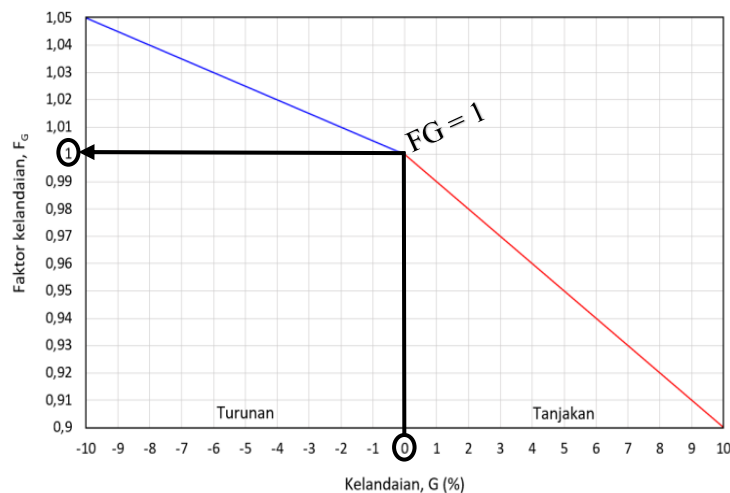
- c. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{HS})

Tabel 2. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping Simpang Warung Jambu

No	Kaki Pendekat	Tipe Fase	Tipe Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Rasio Kendaraan Tak Bermotor	FHS
1	Utara (Lurus dan Kanan)	P (Terlindung)	Komersial	Tinggi	0,0013	0,93
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	P (Terlindung)	Komersial	Tinggi	0,0033	0,93
3	Timur	P (Terlindung)	Komersial	Tinggi	0,0027	0,93
4	Barat	P (Terlindung)	Komersial	Tinggi	0,0029	0,93
5	Utara (Hanya Lurus)	P (Terlindung)	Komersial	Tinggi	0,0030	0,93
6	Selatan (Hanya Lurus)	P (Terlindung)	Komersial	Tinggi	0,0015	0,93

Sumber: Hasil Analisis 2024

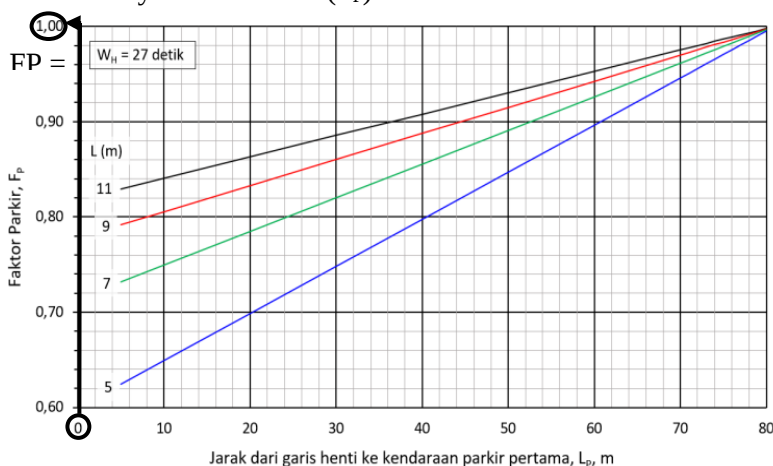
- d. Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)



Gambar 1. Hasil Analisis Pendekatan pada Grafik Faktor Penyesuaian Kelandaian

Sumber: Hasil Analisis 2024

- e. Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)



Gambar 2. Hasil Analisis Pendekatan pada Grafik Faktor Penyesuaian Parkir

Sumber: Hasil Analisis 2024

- f. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})

Faktor penyesuaian belok kanan: $F_{Bka} = 1,0 + R_{Bka} \times 0,26$.

Kaki pendekat barat: $F_{Bka} = 1,0 + 0,34 \times 0,26 = 1,09$.

Tabel 3. Faktor Penyesuaian Belok Kanan Simpang Warung Jambu

No	Kaki Pendekat	RBKa	FBKa
1	Utara (Lurus dan Kanan)	0,47	1,12
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	0,21	1,05
3	Timur	0,65	1,17
4	Barat	0,34	1,09
5	Utara (Hanya Lurus)	0,00	1,00
6	Selatan (Hanya Lurus)	0,00	1,00

Sumber: Hasil Analisis 2024

- g. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

Faktor penyesuaian belok kiri: $F_{Bki} = 1,00 - R_{Bki} \times 0,16$.

Kaki pendekat barat: $F_{Bki} = 1,00 - 0,00 \times 0,16 = 1,00$.

Tabel 4. Faktor Penyesuaian Belok Kiri Simpang Warung Jambu

No	Kaki Pendekat	RBKi	FBKi
1	Utara (Lurus dan Kanan)	0,00	1,00
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	0,00	1,00
3	Timur	0,00	1,00
4	Barat	0,00	1,00
5	Utara (Hanya Lurus)	0,00	1,00
6	Selatan (Hanya Lurus)	0,00	1,00

Sumber: Hasil Analisis 2024

Berikut contoh perhitungan arus jenuh Simpang Warung Jambu: $J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{Bki} \times F_{Bka}$. Kaki pendekat barat: $J = 5.400 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,09 = 5.466$ smp/jam.

Tabel 5. Arus Jenuh Simpang Warung Jambu

No	Kaki Pendekat	FHS	FUK	FG	FP	FBKi	FBKa	J (smp/jam)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12	7.516
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	5.878
3	Timur	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17	3.910
4	Barat	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,09	5.466
5	Utara (Hanya Lurus)	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4.464
6	Selatan (Hanya Lurus)	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4.464

Sumber: Hasil Analisis 2024

2. Waktu Siklus (s)

FASE KE-	DIAGRAM FASE									
1. SELATAN LURUS & KANAN	18	2	3	167						
2. SELATAN HANYA LURUS	23		43		2	3	119			
3. UTARA HANYA LURUS	23		48			40		2	3	74
4. UTARA LURUS & KANAN	71					40		2	3	74
5. BARAT	116							29		2 3 40
6. TIMUR	150									35 2 3

Gambar 3. Diagram Fase Simpang Warung Jambu Kondisi Eksisting

Sumber: Hasil Analisis 2024

3. Kapasitas (C)

Contoh perhitungan kapasitas Simpang Warung Jambu kondisi eksisting: $C = J \times \frac{WH}{s}$. Kaki

pendekat barat: $C = 5.466 \times \frac{29}{190} = 834$ smp/jam.

Tabel 6. Kapasitas Simpang Warung Jambu Kondisi Eksisting

No	Kaki Pendekat	J (smp/jam)	Whi (detik)	s (detik)	C (smp/jam)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	7.516	40	190	1582
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	5.878	18		557
3	Timur	3.910	35		720
4	Barat	5.466	29		834
5	Utara (Hanya Lurus)	4.464	48		1128
6	Selatan (Hanya Lurus)	4.464	43		1010

Sumber: Hasil Analisis 2024

4. Derajat Kejenuhan (D_j)

Berikut contoh perhitungan derajat kejenuhan Simpang Warung Jambu kondisi eksisting: $D_j =$

$\frac{q}{c}$. Kaki pendekat barat: $D_j = \frac{553}{834} = 0,66$.

Tabel 7. Derajat Kejenuhan Simpang Warung Jambu Kondisi Eksisting

No	Kaki Pendekat	q (smp/jam)	C (smp/jam)	DJ
1	Utara (Lurus dan Kanan)	1.204	1.582	0,76
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	405	557	0,73
3	Timur	538	720	0,75
4	Barat	553	834	0,66
5	Utara (Hanya Lurus)	610	1.128	0,54
6	Selatan (Hanya Lurus)	590	1.010	0,58

Sumber: Hasil Analisis 2024

5. Panjang Antrian (P_A)

Berikut contoh perhitungan nilai N_{q1} , N_{q2} , N_q , dan panjang antrian Simpang Warung Jambu kondisi eksisting:

$$a. \quad N_{q1} = 0,25 \times s \times \{(DJ - 1) + \sqrt{(DJ - 1)^2 + \frac{8 \times DJ - 0,5}{s}}\}.$$

$$\text{Kaki pendekat barat: } N_{q1} = 0,25 \times 190 \times \{(0,66 - 1) + \sqrt{(0,66 - 1)^2 + \frac{8 \times 0,66 - 0,5}{190}}\} = 0,48 \text{ smp.}$$

$$b. \quad N_{q2} = s \times \frac{(1 - RH)}{(1 - RH \times DJ)} \times \frac{X \cdot q}{3.600}.$$

$$\text{Kaki pendekat barat: } N_{q2} = 190 \times \frac{(1 - 0,15)}{(1 - 0,15 \times 0,66)} \times \frac{553}{3.600} = 27,51 \text{ smp.}$$

$$c. \quad N_q = N_{q1} + N_{q2}.$$

$$\text{Kaki pendekat barat: } N_q = 0,48 + 27,51 = 27,98 \text{ smp.}$$

Setelah didapatkan nilai N_q , berikutnya dapat dicari nilai panjang antrian sebagai berikut: $P_A = N_q \times \frac{20}{LM}$. Kaki pendekat barat: $P_A = 27,98 \times \frac{20}{9} = 62 \text{ meter.}$

Tabel 8. Panjang Antrian Simpang Warung Jambu Kondisi Eksisting

No	Kaki Pendekat	N_{q1} (smp)	N_{q2} (smp)	N_q (smp)	P_A (meter)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	1,04	59,74	60,78	101
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	0,81	20,80	21,61	43
3	Timur	0,94	26,87	27,81	93
4	Barat	0,48	27,51	27,98	62
5	Utara (Hanya Lurus)	0,09	27,89	27,98	70
6	Selatan (Hanya Lurus)	0,20	27,75	27,95	70

Sumber: Hasil Analisis 2024

6. Rasio Kendaraan Henti

Berikut contoh perhitungan rasio kendaraan henti Simpang Warung Jambu kondisi eksisting: $R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3.600$. Kaki pendekat barat: $R_{KH} = 0,9 \times \frac{27,98}{553 \times 190} \times 3.600 = 0,86$.

Tabel 9. Rasio dan Jumlah Kendaraan Henti Simpang Warung Jambu Kondisi Eksisting

No	Kaki Pendekat	N_q (smp)	q (smp/jam)	s (detik)	Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})	Jumlah Kendaraan Henti (NKH): $q \times R_{KH}$ (smp)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	60,78	1.204	190	0,86	1.037
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	21,61	405		0,91	368
3	Timur	27,81	538		0,88	474
4	Barat	27,98	553		0,86	477
5	Utara (Hanya Lurus)	27,98	610		0,78	477
6	Selatan (Hanya Lurus)	27,95	590		0,81	477
Total			3.901			3310
Rasio Kendaraan Terhenti Rata - rata =						0,85

Sumber: Hasil Analisis 2024

7. Tundaan (T)

Berikut contoh perhitungan tundaan Simpang Warung Jambu Kondisi eksisting:

$$a. \quad \text{Tundaan Lalu Lintas } (T_{LL}) = s \times \frac{0,5 \times (1 - RH)^2}{(1 - RH \times DJ)} + \frac{N_{q1} \times 3.600}{C}.$$

$$\text{Kaki pendekat barat: } T_{LL} = 190 \times \frac{0,5 \times (1 - 0,15)^2}{(1 - 0,15 \times 0,66)} + \frac{0,48 \times 3.600}{834} = 77,94 \text{ detik.}$$

$$b. \quad \text{Tundaan Geometrik } (T_G) = (1 - R_{KH}) \times PB \times 6 + (R_{KH} \times 4).$$

$$\text{Kaki pendekat barat: } T_G = (1 - 0,86) \times 0,34 \times 6 + (0,86 \times 4) = 3,7 \text{ detik.}$$

$$c. \quad \text{Tundaan Rata - rata Akibat Lalu Lintas dan Geometrik } (T) = T_{LL} + T_G.$$

Kaki pendekat barat: $T = 77,94 + 3,7 = 82$ detik.

Tabel 10. Tundaan Simpang Warung Jambu Kondisi Eksisting

No	Kaki Pendekat	TLL (detik)	TG (detik)	T (detik)	Tundaan Total: $q \times T$ (smp detik)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	72,88	3,84	77	92371
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	88,86	3,75	93	37531
3	Timur	78,02	3,99	82	44138
4	Barat	77,94	3,73	82	45157
5	Utara (Hanya Lurus)	61,75	3,13	65	39600
6	Selatan (Hanya Lurus)	66,24	3,23	69	40973
Total Tundaan =					299769
Tundaan Simpang Rata - rata, detik/smp					77

Sumber: Hasil Analisis 2024

B. Analisis Usulan Optimalisasi Kinerja Simpang Warung Jambu

1. Kinerja Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan I

a. Arus Jenuh (J)

Tabel 11. Arus Jenuh Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan I

No	Kaki Pendekat	FHS	FUK	FG	FP	FBKi	FBKa	J (smp/jam)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12	7.516
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	5.878
3	Timur	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17	3.910
4	Barat	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,09	5.466
5	Utara (Hanya Lurus)	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4.464
6	Selatan (Hanya Lurus)	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4.464

Sumber: Hasil Analisis 2024

b. Waktu Siklus (s)

1) Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (Sbp)

$$\begin{aligned}
 Sbp &= \frac{1,5 \times WHH + 5}{1 - \Sigma Rq/J \text{ kritis}} \\
 &= \frac{1,5 \times 25 + 5}{1 - 0,74} \\
 &= 161 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

2) Waktu Hijau (W_H)

$$\begin{aligned}
 W_H \text{ Utara lurus \& kanan} &= (s - WHH) \times \frac{\frac{Rq}{J} \text{ kritis utara lurus \& kanan}}{\Sigma Rq/J \text{ kritis}} \\
 &= (161 - 25) \times \frac{0,16}{0,74} \\
 &= 30 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_H \text{ Utara hanya lurus} &= (s - WHH) \times \frac{\frac{Rq}{J} \text{ kritis utara hanya lurus}}{\Sigma \frac{Rq}{J} \text{ kritis}} \\
 &= (161 - 25) \times \frac{0,14}{0,74} \\
 &= 25 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_H \text{ Selatan lurus \& kanan} &= (s - WHH) \times \frac{\frac{Rq}{J} \text{ kritis selatan lurus \& kanan}}{\Sigma Rq/J \text{ kritis}} \\
 &= (161 - 25) \times \frac{0,07}{0,74} \\
 &= 13 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_H \text{ Selatan hanya lurus} &= (s - WHH) \times \frac{\frac{Rq}{J} \text{ kritis selatan hanya lurus}}{\Sigma Rq/J \text{ kritis}} \\
 &= (161 - 25) \times \frac{0,13}{0,74} \\
 &= 24 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_H \text{ Timur} &= (s - WHH) \times \frac{\frac{Rq}{J} \text{ kritis timur}}{\Sigma Rq/J \text{ kritis}} \\
 &= (161 - 25) \times \frac{0,14}{0,74} \\
 &= 25 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{H \text{ Barat}} &= (s - WHH) \times \frac{\frac{Rq}{J} \text{ kritis Barat}}{\sum Rq/J \text{ kritis}} \\
 &= (161 - 25) \times \frac{0,10}{0,74} \\
 &= 19 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

FASE KE-	DIAGRAM FASE									
1. SELATAN LURUS & KANAN	13	2	3	143						
2. SELATAN HANYA LURUS	18	24	2	3	114					
3. UTARA HANYA LURUS	18	25	34	2	3	79				
4. UTARA LURUS & KANAN	47			30	2	3	79			
5. BARAT	82				19	2	3	55		
6. TIMUR	106					25	2	3	25	

Gambar 4. Diagram Fase Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan I
Sumber: Hasil Analisis 2024

c. Kapasitas (C)

Tabel 12. Kapasitas Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan I

No	Kaki Pendekat	J (smp/jam)	Whi (detik)	s (detik)	C (smp/jam)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	7.516	30	161	1.381
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	5.878	13		465
3	Timur	3.910	25		617
4	Barat	5.466	19		634
5	Utara (Hanya Lurus)	4.464	25		700
6	Selatan (Hanya Lurus)	4.464	24		677

Sumber: Hasil Analisis 2024

d. Derajat Kejenuhan (D_j)

Tabel 13. Derajat Kejenuhan Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan I

No	Kaki Pendekat	q (smp/jam)	C (smp/jam)	DJ
1	Utara (Lurus dan Kanan)	1.204	1.381	0,87
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	405	465	0,87
3	Timur	538	617	0,87
4	Barat	553	634	0,87
5	Utara (Hanya Lurus)	610	700	0,87
6	Selatan (Hanya Lurus)	590	677	0,87

Sumber: Hasil Analisis 2024

e. Panjang Antrian (P_A)

Tabel 14. Panjang Antrian Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan I

No	Kaki Pendekat	Nq1 (smp)	Nq2 (smp)	Nq (smp)	PA (meter)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	2,36	52,49	54,85	91
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	2,36	17,98	20,34	41
3	Timur	2,36	23,58	25,94	86
4	Barat	2,36	24,39	26,75	59
5	Utara (Hanya Lurus)	2,36	26,74	29,10	73
6	Selatan (Hanya Lurus)	2,36	25,86	28,22	71

Sumber: Hasil Analisis 2024

f. Rasio Kendaraan Henti

Tabel 15. Rasio Kendaraan Henti Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan I

No	Kaki Pendekat	Nq (smp)	q (smp/jam)	s (detik)	Rasio Kendaraan Henti (RKH)	Jumlah Kendaraan Henti (NKH): q x RKH (smp)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	54,85	1.204	161	0,91	1.101
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	20,34	405		1,01	408
3	Timur	25,94	538		0,97	520
4	Barat	26,75	553		0,97	537
5	Utara (Hanya Lurus)	29,10	610		0,96	584
6	Selatan (Hanya Lurus)	28,22	590		0,96	566
Total			3.901			3716
Rasio Kendaraan Terhenti Rata - rata =						1,00

Sumber: Hasil Analisis 2024

g. Tundaan (T)

Tabel 16. Tundaan Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan I

No	Kaki Pendekat	TLL (detik)	TG (detik)	T (detik)	Tundaan Total: q x T (smp detik)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	44,6	3,9	48	58375
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	62,4	4,0	66	26919
3	Timur	53,6	4,0	58	31001
4	Barat	55,5	3,9	59	32873
5	Utara (Hanya Lurus)	52,0	3,8	56	34093
6	Selatan (Hanya Lurus)	52,7	3,8	57	33372
Total Tundaan =					216633
Tundaan Simpang Rata - rata, detik/smp					56

Sumber: Hasil Analisis 2024

2. Kinerja Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan II

a. Arus Jenuh (J)

Tabel 17. Arus Jenuh Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan II

No	Kaki Pendekat	FHS	FUK	FG	FP	FBKi	FBKa	J (smp/jam)
1	Utara	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,08	7.240
2	Selatan	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	5.701
3	Timur	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17	3.910
4	Barat	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,09	5.466

Sumber: Hasil Analisis 2024

b. Waktu Siklus (s)

1) Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (Sbp)

$$\begin{aligned}
 Sbp &= \frac{1,5 \times WHH + 5}{1 - \sum \frac{Rq}{J} \text{ kritis}} \\
 &= \frac{1,5 \times 20 + 5}{1 - 0,66} \\
 &= 104 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

2) Waktu Hijau (W_H)

$$\begin{aligned}
 W_{H \text{ Utara}} &= (s - WHH) \times \frac{\frac{Rq}{J} \text{ kritis Utara}}{\sum \frac{Rq}{J} \text{ kritis}} \\
 &= (104 - 20) \times \frac{0,25}{0,66} \\
 &= 32 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{H \text{ Selatan}} &= (s - WHH) \times \frac{\frac{Rq}{J} \text{ kritis Selatan}}{\sum \frac{Rq}{J} \text{ kritis}} \\
 &= (104 - 20) \times \frac{0,17}{0,66} \\
 &= 22 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{H \text{ Barat}} &= (s - WHH) \times \frac{\frac{Rq}{J} \text{ kritis Barat}}{\sum \frac{Rq}{J} \text{ kritis}} \\
 &= (104 - 20) \times \frac{0,10}{0,66} \\
 &= 13 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{H \text{ Timur}} &= (s - WHH) \times \frac{\frac{Rq}{J} \text{ kritis Timur}}{\sum \frac{Rq}{J} \text{ kritis}} \\
 &= (104 - 20) \times \frac{0,14}{0,66} \\
 &= 17 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

FASE KE-	DIAGRAM FASE				
1. SELATAN	22	23	77		
3. UTARA	27	32	23	40	
5. BARAT	64		13	23	22
6. TIMUR	82			17	23

Gambar 5. Diagram Fase Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan II

Sumber: Hasil Analisis 2024

c. Kapasitas (C)

Tabel 18. Kapasitas Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan II

No	Kaki Pendekat	J (smp/jam)	Whi (detik)	s (detik)	C (smp/jam)
1	Utara	7.240	32	104	2.208
2	Selatan	5.701	22		1.211
3	Timur	3.910	17		655
4	Barat	5.466	13		673

Sumber: Hasil Analisis 2024

d. Derajat Kejenuhan (D_j)

Tabel 19. Derajat Kejenuhan Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan II

No	Kaki Pendekat	q (smp/jam)	C (smp/jam)	DJ
1	Utara	1.814	2.208	0,82
2	Selatan	995	1.211	0,82
3	Timur	538	655	0,82
4	Barat	553	673	0,82

Sumber: Hasil Analisis 2024

e. Panjang Antrian (P_A)

Tabel 10. Panjang Antrian Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan II

No	Kaki Pendekat	Nq1 (smp)	Nq2 (smp)	Nq (smp)	PA (meter)
1	Utara	1,55	48,68	50,23	84
2	Selatan	1,55	27,47	29,01	58
3	Timur	1,55	15,03	16,58	55
4	Barat	1,55	15,60	17,15	38

Sumber: Hasil Analisis 2024

f. Rasio Kendaraan Henti

Tabel 11. Rasio Kendaraan Henti Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan II

No	Kaki Pendekat	Nq (smp)	q (smp/jam)	s (detik)	Rasio Kendaraan Henti (RKH)	Jumlah Kendaraan Henti (NKH): q x RKH (smp)
1	Utara	50,23	1.814	104	0,86	1.563
2	Selatan	29,01	995		0,91	903
3	Timur	16,58	538		0,96	516
4	Barat	17,15	553		0,97	534
Total			3.901			3515
Rasio Kendaraan Terhenti Rata - rata =						0,90

Sumber: Hasil Analisis 2024

g. Tundaan (T)

Tabel 12. Tundaan Simpang Warung Jambu Kondisi Usulan II

No	Kaki Pendekat	TLL (detik)	TG (detik)	T (detik)	Tundaan Total: q x T (smp detik)
1	Utara	22,66	3,7	26	47841
2	Selatan	28,08	3,7	32	31596
3	Timur	33,61	4,0	38	20242
4	Barat	35,01	3,9	39	21529
Total Tundaan =					121208
Tundaan Simpang Rata - rata, detik/smp					31

Sumber: Hasil Analisis 2024

C. Perbandingan Kinerja Simpang Warung Jambu Kondisi Eksisting, Kondisi Usulan I, dan Kondisi Usulan II

1. Angka Derajat Kejenuhan

Tabel 13. Perbandingan Derajat Kejenuhan Simpang Warung Jambu Kondisi Eksisting dengan Kondisi Usulan I dan Usulan II

No	Kaki Pendekat (6 Fase) Eksisting	Derajat Kejenuhan	Kaki Pendekat (6 Fase) Usulan I	Derajat Kejenuhan	Kaki Pendekat (4 Fase) Usulan II	Derajat Kejenuhan
1	Utara (Lurus dan Kanan)	0,76	Utara (Lurus dan Kanan)	0,87	Utara	0,82
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	0,73	Selatan (Lurus dan Kanan)	0,87	Selatan	0,82
3	Timur	0,75	Timur	0,87	Timur	0,82
4	Barat	0,66	Barat	0,87		
5	Utara (Hanya Lurus)	0,54	Utara (Hanya Lurus)	0,87	Barat	0,82
6	Selatan (Hanya Lurus)	0,58	Selatan (Hanya Lurus)	0,87		
Rata - rata =		0,67	Rata - rata =	0,87	Rata - rata =	0,82

Sumber: Hasil Analisis 2024

2. Panjang Antrian

Tabel 14. Perbandingan Panjang Antrian Simpang Warung Jambu Kondisi Eksisting dengan Kondisi Usulan I dan Usulan II

No	Eksisting	Panjang Antrian (m)	Usulan I	Panjang Antrian (m)	Usulan II	Panjang Antrian (m)
1	Utara (Lurus dan Kanan)	101	Utara (Lurus dan Kanan)	91	Utara	84
2	Selatan (Lurus dan Kanan)	43	Selatan (Lurus dan Kanan)	41	Selatan	58
3	Timur	93	Timur	86	Timur	55
4	Barat	62	Barat	59		
5	Utara (Hanya Lurus)	70	Utara (Hanya Lurus)	73	Barat	38
6	Selatan (Hanya Lurus)	70	Selatan (Hanya Lurus)	71		
Rata - rata =		73	Rata - rata =	70	Rata - rata =	59

Sumber: Hasil Analisis 2024

3. Tundaan Simpang

Tabel 15. Perbandingan Tundaan Simpang Warung Jambu Kondisi Eksisting dengan Kondisi Usulan I dan Usulan II

Eksisting		Usulan I		Usulan II	
Tundaan Simpang Rata - rata (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang Rata - rata (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang Rata - rata (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
77	F	56	E	31	D

Sumber: Hasil Analisis 2024

KESIMPULAN

Berikut kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil analisis dan pembahasan data yang telah dilakukan:

- Simpang Warung Jambu kondisi eksisting memiliki waktu siklus 190 detik dengan rata – rata derajat kejenuhan mencapai 0,67, rata – rata panjang antrian 73 meter, dan tundaan simpang rata – rata selama 77 detik/smp sehingga menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 tahun 2015 nilai tingkat pelayanan Simpang Warung Jambu adalah F (sangat buruk) karena kondisi tundaan lebih dari 60 detik.
- Usulan optimalisasi yang dilakukan untuk meningkatkan kinerja Simpang Warung Jambu di Kota Bogor sebagai berikut:
 - Kondisi usulan I yaitu dilakukannya perhitungan waktu siklus optimal dengan tetap menggunakan pengaturan enam fase. Waktu siklus optimal yang didapat adalah 161 detik dengan kinerja Simpang Warung Jambu memiliki tundaan simpang rata – rata selama 56 detik/smp, rata – rata panjang antrian 70 meter, dan rata – rata derajat kejenuhan 0,87 sehingga menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 tahun 2015 bahwa kinerja Simpang Warung Jambu kondisi usulan I mendapatkan nilai tingkat pelayanan E (buruk) karena kondisi tundaan lebih dari 40 detik sampai 60 detik perkendaraan.

- b. Kondisi usulan II yaitu melakukan perhitungan waktu siklus optimal dengan merubah jumlah pengaturan fase dari enam fase menjadi empat fase. Waktu siklus optimal yang didapat adalah 104 detik dengan kinerja Simpang Warung Jambu memiliki tundaan simpang rata – rata selama 31 detik/smp, rata – rata panjang antrian 59 meter, dan rata – rata derajat kejenuhan 0,82 sehingga menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 tahun 2015 bahwa kinerja Simpang Warung Jambu kondisi usulan II mendapatkan nilai tingkat pelayanan D (mendekati buruk) karena kondisi tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik perkendaraan.
3. Tingkat pelayanan dan kinerja Simpang Warung Jambu mengalami peningkatan setelah dilakukan usulan optimalisasi, baik dengan analisis kondisi usulan I maupun kondisi usulan II. Namun untuk usulan optimalisasi terbaiknya adalah kondisi usulan II karena rata – rata derajat kejenuhan, rata – rata panjang antrian, dan tundaan simpang rata – ratanya lebih rendah dibandingkan dengan kondisi usulan I sehingga nilai tingkat pelayanan Simpang Warung Jambu meningkat dari F menjadi D.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 2009, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 tentang Lalu Lintas Angkutan Jalan
- _____, 2014, Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 49 tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas
- _____, 2015, Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas
- Badan Pusat Statistik, 2017, Kota Bogor dalam angka, Bogor.
- Dirjen Bina Marga, 1997, Manual Kapasitas Jalan Indonesia, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, Jakarta.
- Dinas Perhubungan Kota Bogor, 2023, Evaluasi Kinerja Dinas Perhubungan Kota Bogor, Kota Bogor.
- Tim PKL Kota Bogor, 2024, Laporan Umum Taruna Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD Program D III Manajemen Transportasi Jalan, Bekasi.
- Ilham Fathur Rahman, 2023, Peningkatan Kinerja Persimpangan Bersinyal Di Kabupaten Nganjuk (Studi Kasus: Simpang Ganung dan Simpang Guyangan), Kertas Kerja Wajib (KKW) Taruna Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD Program D III Manajemen Transportasi Jalan, Bekasi.
- Rehan Rahmat, 2023, Kinerja Simpang Tiga Tak Bersinyal Pasar Balai Tangah Lintau Buo Utara, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Sumatera Barat.
- Patrias, Krisnandio Sepnanda, 2022, Analisis Koordinasi Sinyal Antar Simpang (Studi Kasus: Simpang Empat Wirobrajan dan Simpang Empat Ngabean, Yogyakarta.
- Ahmad Tosy Hartino, Muhammad Mona Adha, 2020, Optimalisasi Pendidikan Kewarganegaraan Sebagai Upaya Meningkatkan Civic Knowledge Peserta Didik Melalui Media Sosial, Universitas Lampung, Lampung.
- Fedrickson Haradongan, 2019, Kajian Manajemen Rekayasa Lalu Lintas di Simpang Perawang – Minas Kabupaten Siak, Puslitbang Transportasi Jalan dan Perkeretaapian, Jakarta.
- I Made Kariyana, Gede Sumarda, I Gede Aryanta Putra, 2021, Analisis Perbandingan Arus Jenuh Pada Pendekat Simpang Terlindung dan Terlawan Dengan Metode MKJI dan Metode Time Slice (Studi Kasus: Simpang Subita dan Simpang Waribang), Universitas Ngurah Rai, Bali.