
Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³

¹Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang
Jalan Tlaga Warna, Tlogomas, Malang – 65144, Indonesia
rifky.unitrimalang@gmail.com

²Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang
Jalan Tlaga Warna, Tlogomas, Malang – 65144, Indonesia
blimaoktaviastuti@gmail.com

³Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang
Jalan Tlaga Warna, Tlogomas, Malang – 65144, Indonesia
delandcivil2@gmail.com

ABSTRAK

An intersection is a place that turns or branches from a straight line. Crossroads with signals, namely road users who pass through the intersection in accordance with the operation of the traffic signal. The sulphate signaled intersection has a high density level as a result of the heavy traffic volume and does not match the road capacity in Belimbing sub-district, Malang city. The research method is by field observation or data collection where the researcher records information through direct events that are being witnessed during the research, one of which is a traffic volume survey conducted using the average traffic survey (LHR) method. The average daily traffic survey is carried out for one week from Monday - Sunday, where the length of observation is 16 hours starting from 06:00 - 22:00 WIB. The evaluation results at the sulphate-signalized intersection show that the degree of saturation of the morning peak hours on each approach is 0.98 North, 1.38 South, 1.79 East and has exceeded the DS value required in the 1997 MKJI, namely 0.75. While the DS value in the Western approach is 0.71 and has met the DS value required in the 1997 MKJI. The predicted results of the sulfate signalized intersection in the 10th year show that the DS value in each approach is 1.10 North, 1.51 South, East 1.78 and West 1.08 and greatly exceeds the DS value in the 1997 MKJI which is 0.75. Changes in WINS, WLETS and making a direct left turn and redesigning cycle times are alternative solutions that are proven to increase the level of service at the intersection from F (obstructed current) to C (stable flow).

Keywords: Signalized Intersection, Performance, Evaluation, Prediction, Solution.

PENDAHULUAN

Kota Malang biasa dijuluki kota pendidikan dan kota wisata, Kota Malang juga merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur setelah Kota Surabaya. Luas Kota Malang yaitu 145,28 km² dan dibagi menjadi 5 kecamatan (dari total 666 kecamatan di Jawa Timur) yaitu kecamatan klojen, kecamatan belimbing, kecamatan kedungkandang, kecamatan lowokwaru dan kecamatan sukun, dengan total populasi masyarakat Kota Malang pada tahun 2020 mencapai 875.771 jiwa dan sebaran penduduk 5.744 jiwa/km². Seiring bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan kendaraan roda dua dan roda empat di Kota Malang dari tahun ke tahun selalu bertambah sedangkan kapasitas jalan belum sepenuhnya dibenahi. Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik) total semua jenis kendaraan di Kota Malang pada tahun

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

2019 yaitu 482.816 unit hampir separuh dari total populasi penduduk Kota Malang. Jumlah kendaraan yang terlalu banyak menyebabkan permasalahan terjadi pada lalu lintas khususnya di persimpangan.

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan yang bertemu dan berpotongan dimana terjadi pergerakan lalu lintas yang menerus, membelok dan memotong yang mengakibatkan konflik yang menyebabkan permasalahan pada persimpangan (Hobbs, 1995)[1]. Salah satu persimpangan yang mempunyai tingkat kepadatan yang tinggi yaitu simpang empat bersinyal Sulfat yang mempertemukan Jl. Simpang Sulfat Utara – Jl. Simpang Sulfat Selatan – Jl. Terusan Sulfat dan Jl. Raya Sulfat, di kecamatan Belimbing kota Malang. Ditinjau dari segi struktural dan fungsional persimpangan sulfat merupakan persimpangan sebidang dan bersinyal (Khisty, 2005)[2]

Persimpangan ini merupakan salah satu simpang yang cukup vital dalam jalur transportasi, akan tetapi pada simpang tersebut sering terjadi kemacetan dan antrian panjang, panjang antrian yang terjadi dapat mengganggu akses keluar masuk yang dari dan menuju persimpangan tersebut. Perkembangan perumahan yang cukup pesat dan pertumbuhan penduduk di sekitar simpang Sulfat juga mengakibatkan sering terjadi kemacetan. Selain itu ada beberapa faktor juga yang menyebabkan kemacetan yaitu waktu siklus lampu sinyal lalu lintas pada persimpangan dan ada dua ruas jalan lebarnya hanya mencapai 4 m, yaitu Jl. Simpang Sulfat Utara dan Jl. Simpang Sulfat Selatan.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ina, Maria Ernestin Tamo (2018)[3] menerangkan bahwa jumlah volume kendaraan yang tidak seimbang dengan kapasitas jalan dan persimpangan sehingga timbulnya penumpukan arus lalu lintas serta membuat antrian sangat panjang sehingga menyebabkan kemacetan pada jam sibuk dan terjadinya tundaan dan antrian panjang di persimpangan Sulfat. Hasil survey menunjukkan bahwa nilai kapasitas sebesar 1181,9 smp/jam, derajat kejenuhan (DS) 1,29, panjang antrian 556,12 m dan nilai tundaan 327,78 kend/det dengan tingkat pelayanan F. Oleh karena permasalahan yang terjadi pada persimpangan Sulfat tersebut perlu adanya evaluasi ulang terhadap kinerja simpang empat bersinyal Sulfat pada kondisi ekisting, kinerja simpang pada 10 tahun mendatang dan mencari solusi alternatif untuk meminimalisir kemacetan di persimpangan Sulfat, Kota Malang. Prediksi kinerja simpang sudah pernah dilakukan oleh Waas, Richrisna Helena (2018)[4]

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah suatu penelitian yang pada dasarnya menggunakan pendekatan deduktif-induktif. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif, dimana dasar penelitian masih berpatokan pada teori yang sudah ada dan menjadi alat penelitian sejak memilih dan menemukan masalah, membangun hipotesis maupun melakukan pengamatan langsung di lapangan sampai dengan menguji data.

Pada penelitian ini data kuantitatif antara lain geometrik jalan, perilaku lalu lintas dan lalu lintas harian rata-rata, serta metode perhitungan yang digunakan berupa rumus-rumus perhitungan berdasarkan pada tahun MKJI 1997.

2 Alat Penelitian

1. Formulir penelitian disesuaikan dengan jumlah kendaran.
2. Pita ukur (*roll meter*) untuk mendapatkan data geometrik jalan dan ukuran kendaraan.
3. Jam tangan sebagai penunjuk waktu selama pelaksanaan survey
4. Alat hitung kendaraan yang pintas atau biasa disebut *hand counter*
5. Alat tulis dan peralatan tulis lainnya
6. Kamera digital sebagai alat pemotretan kondisi jalan

B. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang akan direncanakan yakni simpang empat lengan, dengan arus lalu lintas yang cukup padat, yaitu pada persimpangan Jl. Simpang Sulfat Utara – Jl. Simpang Sulfat Selatan – Jl. Terusan Sulfat – Jl. Raya Sulfat, kecamatan Belimbing, Kota Malang, Jawa Timur.

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

C. Metode Pengumpulan Data

- 1) Observasi
 Survei volume lalu lintas, Survei geometrik dan Survei hambatan samping
- 2) Data Sekunder
 Data pertumbuhan kendaraan dan pertumbuhan penduduk kota Malang lima tahun terakhir sebagai acuan untuk memprediksi simpang sepuluh tahun mendatang (Malang, BPS Kota 2021 [5])

Tabel 1 Data sekunder dari instansi terkait

No	Instansi	Data yang dibutuhkan	Dokumen
1	Badan Pusat Statistik (BPS)	Data jumlah penduduk Kota Malang dari tahun 2021 Pertumbuhan kendaraan bermotor	Penduduk Kota Malang Pertumbuhan kendaraan pada tahun 2015 - 2021

Sumber: Hasil Survey, 2021

D. Teknik Analisis Data

- a. Menghitung volume lalu lintas (q)
- b. Menghitung kapasitas (smp/jm)

$$C = S \times g/c \quad (1)$$
 Dimana :
 C = kapasitas (smp/jam)
 S = arus jenuh ((smp/jam hijau)
 G = waktu hijau (detik)
 C = waktu siklus (detik)
- c. Menghitung derajat kejenuhan (DS)

$$DS = Q/C \quad (2)$$
 Dimana :
 DS = Derajat kejenuhan
 Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
 C = Kapasitas (smp/jam)
- d. Panjang antrian
- e. Kendaraan Terhenti
- f. Tundaan
- g. Prediksi Kinerja simpang bersinyal sulfat 10 tahun mendatang

$$P_n = P_o (1+i)^n \quad (3)$$
 Dimana :
 P_n = Nilai pada tahun ke 10
 P_o = Volume kendaraan pada tahun dasar
 i = Laju pertumbuhan kendaraan
 n = Jangka waktu
- h. Manajemen lalu lintas. Langkah utama dalam manajemen lalu lintas adalah membuat penggunaan kapasitas dan ruas jalan seefektif mungkin, sehingga pergerakan lalu lintas yang lancar merupakan syarat utama (Malkamah, 1996)[6]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simpang Sulfat merupakan simpang bersinyal dengan empat lengan. Kawasan simpang sulfat merupakan kawasan komersil dimana tata guna lahan disekitaran simpang sulfat terdapat pertokoan, kantor yang menjadi lahan perekonomian. Simpang ini berada di Kecamatan Belimbing, Kota Malang,

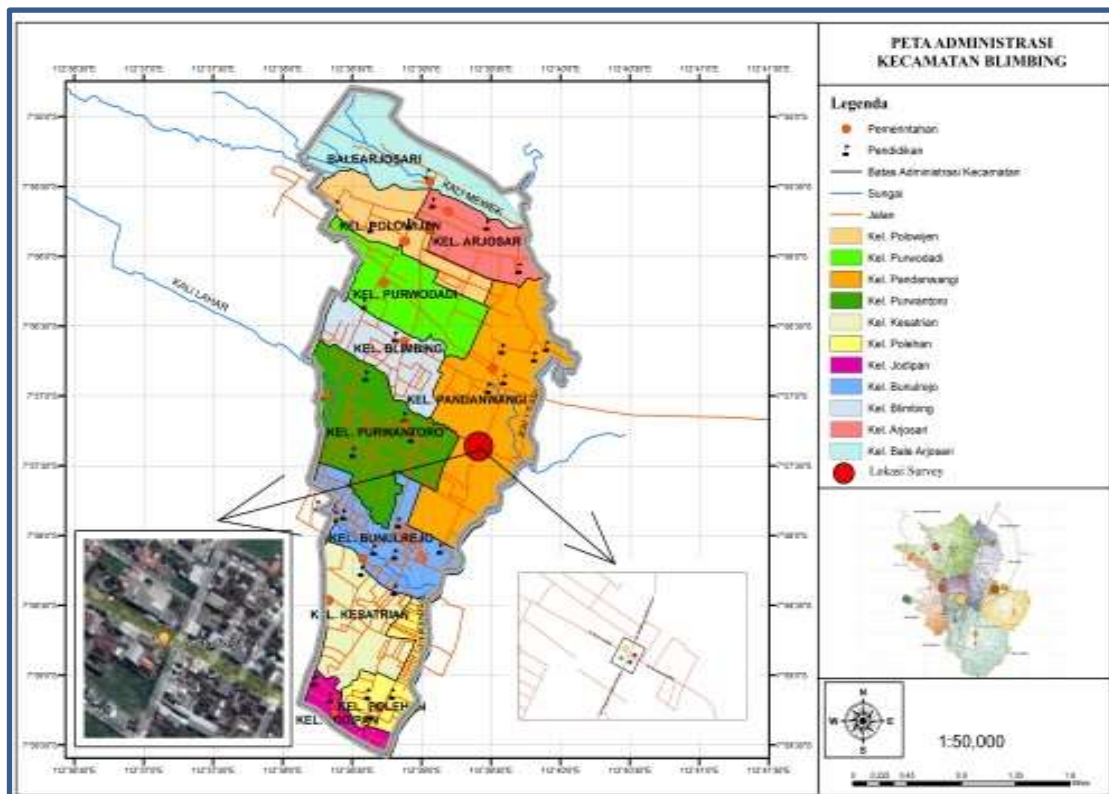
Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

Jawa Timur. Kedua lengan simpang merupakan jalan mayor diantaranya yaitu pendekat utara dan pendekat selatan (Jl.Raya Sulfat dan Jl.Terusan Sulfat) yang merupakan salah satu titik pertemuan arus lalu lintas dari dan menuju Kabupaten Malang. Sedangkan pendekat timur dan barat merupakan jalan minor (Jl.Simpang Sulfat Utara dan Jl.Simpang Sulfat Selatan).

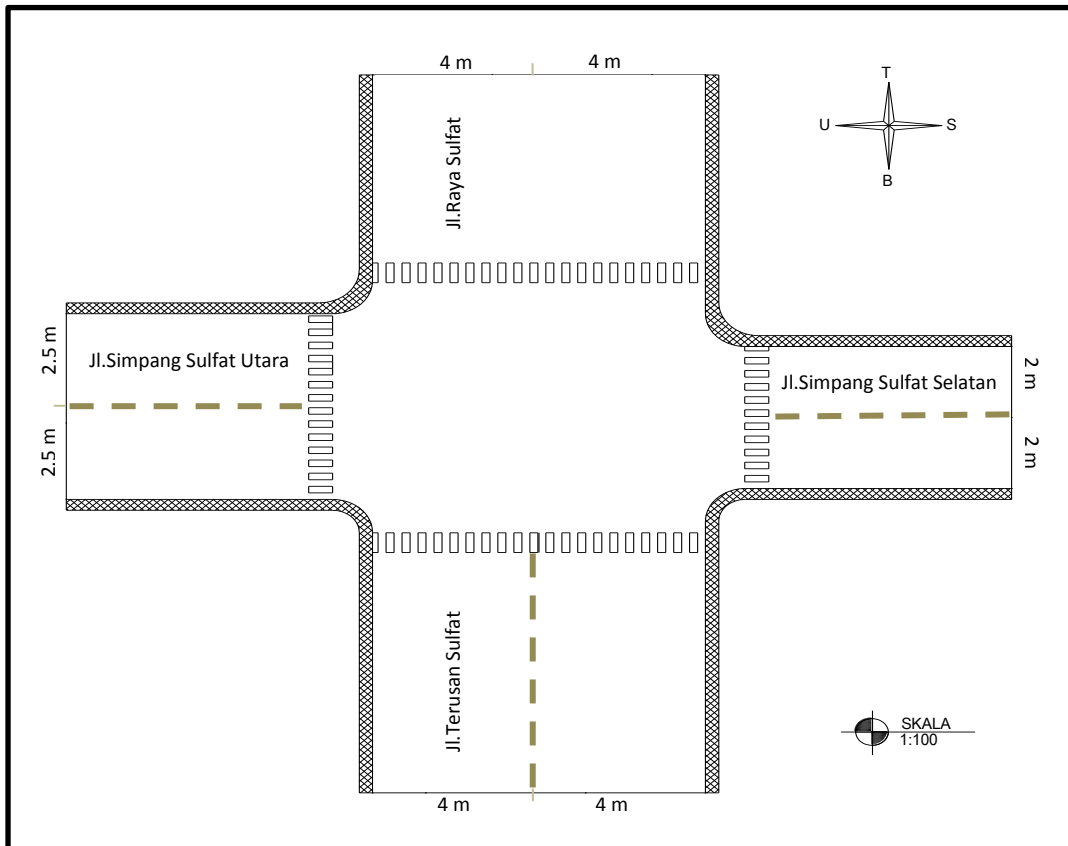
Tabel 2 Data lebar pendekat

No	Pendekat	Lebar Pendekat (m)			
		W_A	W_{MASUK}	W_{LATOR}	W_{KELUAR}
1	Jl.Raya Sulfat (Utara)	4 m	4 m		4 m
2	Jl.Terusan Sulfat (Selatan)	4 m	4 m		4 m
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (Timur)	2,5 m	2,5 m		2,5 m
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (Barat)	2 m	2 m		2 m



Gambar 1. Orientasi Wilayah Studi

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

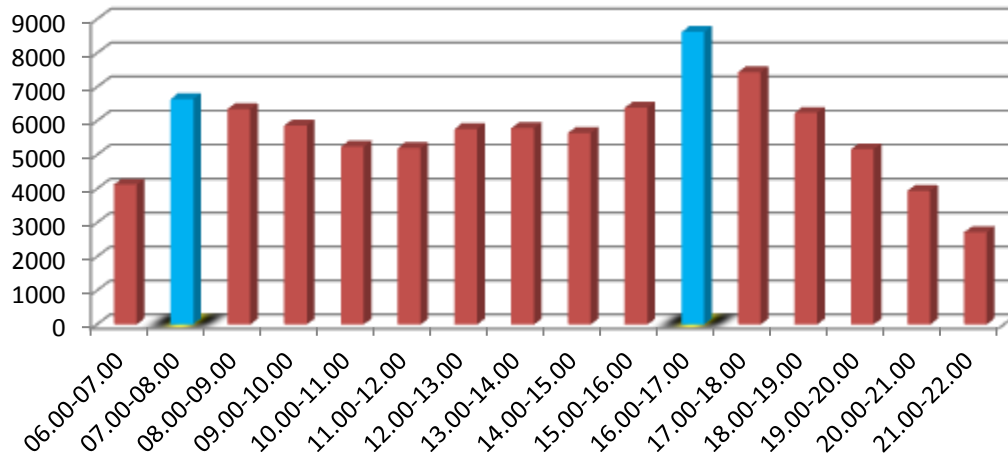


Gambar 2. Peta Lokasi Dan Kondisi Geometrik

A. Volume Arus Lalu Lintas (Q)

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik per stuan waku pada lokasi tertentu (Tamin 2003)[7].Pencatatan volume lau lintas pada masing-masing pendekat persimpangan diambil volume lalulintas tertinggi dari periode waktu selama 7 hari yaitu hari senin jam 07.00 – 08.00 dan jam 16.00 – 17.00.

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120



Gambar 3. Grafik arus lalu lintas hari senin

Selanjutnya dilakukan perhitungan volume kendaraan per jam menjadi smp per jam, contoh perhitungan jam 07.00 – 08.00 (Pagi) dan jam 16.00 – 17.00 (Sore) pada masing – masing pendekatan sebagai berikut:

Tabel 3 emp pada pendekatan terlindung dan terlawan

Jenis Kendaraan	Emp untuk tipe pendekatan	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

LV = 439 kend/jam
 = 439 x koefisien LV smp/jam
 = 439 x 1 = 439 smp/jam
 Total seluruh kendaraan smp/jam
 = LV + HV + MC
 = (439 + 78 + 615)
 = 1132 smp/jam (Pendekat utara)

Tabel 4 volume arus lalulintas Q (smp/jam)

Waktu	Pendekat	LV	HV	MC	(Arus Q)	
					(Kend/jam)	(smp/jam)
Pagi	U (Jl.Raya Sulfat)	439	60	1538	2037	1132
	S (Jl.Terusan Sulfat)	516	42	1782	2340	1283
	T (Jl.Simpang Sulfat Utara)	483	26	1119	1628	964
	B (Jl.Simpang Sulfat Selatan)	160	10	471	641	361
Sore	U (Jl.Raya Sulfat)	893	26	2749	3668	2026
	S (Jl.Terusan Sulfat)	394	28	1821	2243	1159
	T (Jl.Simpang Sulfat Utara)	231	24	1494	1749	860
	B (Jl.Simpang Sulfat Selatan)	169	16	780	965	502

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

1. Penggunaan Sinyal

Perilaku lalu lintas dengan lampu lalu lintas umumnya mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur dan mengkoordinasikan lalu lintas dibawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan menerus pada kecepatan tertentu (Oglesby & Hicks, 1999)[8]. Waktu merah semua (*All Red*) dan waktu hilang (LTI). Perhitungan All Red menggunakan rumus berikut yaitu:

$$\frac{(L_{EV}+l_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \quad (4)$$

Pendekat Utara (Jl.Raya Sulfat)

$$\frac{(19+5)}{10} - \frac{11}{10} = 1,3 \text{ detik}$$

Tabel 5 Waktu merah, waktu kuning dan waktu hilang (LTI)

Fase	Pendekat	Waktu merah semua	Waktu kuning	Waktu hilang
1	Jl.Terusan Sulfat	1,3 detik	2 detik	3,3 detik
2	Jl.Raya Sulfat	0,6 detik	2 detik	2,6 detik
3	Jl.Simpang Sulfat Utara	0,3 detik	2 detik	2,3 detik
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan	0,4 detik	2 detik	2,4 detik
Waktu hilang total				10,6 detik

2. Arus jenuh disesuaikan (S)

Arus jenuh disesuaikan dihitung menggunakan rumus:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (5)$$

$$S = 4160 \times 0,94 \times 0,95 \times 1,0 \times 1 \times 0,98 \times 0,96$$

$$= 3494 \text{ (Pendekat Utara)}$$

Tabel 6. Nilai S dan Rasio arus/Arus jenuh

No	Pendekat	S	FR	IFR/FRcrit	PR
1	Jl.Raya Sulfat (U)	3494	0,32	0,37	0,87
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3457	0,37		1,00
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	2932	0,32		0,87
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3285	0,15		0,40

3. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

a. Waktu siklus sebelum penyesuaian

$$c_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (6)$$

b. Waktu siklus yang disesuaikan

$$c = \Sigma g + LTI \quad (7)$$

Tabel 7. Nilai Waktu Siklus dan Waktu Hijau

No	Pendekat	waktu siklus sebelum penyesuaian (dtk)	Waktu siklus yang disesuaikan (dtk)	Waktu hijau (g)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	33,17	163,6	54
2	Jl.Terusan Sulfat (S)			44
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)			30
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)			25

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

- a. Kapasitas
 $C = S \times g/c$ (8)
 $= 3494 \times 54/163,6$
 $= 1153$ (Pendekat Utara)
- b. Derajat Kejenuhan
 $DS = Q/C$ (9)
 $= 1132/1153$
 $= 0,98$ (Pendekat Utara)

Tabel 8 Nilai Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

No	Pendekat	Kapasitas (C)	Derajat kejenuhan (DS)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	1153	0,98
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	930	1,38
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	538	1,79
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	502	0,71

Berdasarkan hasil perhitungan diatas bahwa nilai derajat kejenuhan pada ketiga pendekat yaitu pendekat Utara 0,98, pendekat Selatan 1,38, pendekat Timur 1,79 telah melampaui nilai yang disyaratkan dalam MKJI 1997 yaitu sebesar $< 0,75$. Hal ini berarti simpang tersebut sudah lewat jenuh. Dimana akan menyebabkan antrian panjang pada lalu lintas puncak. Sedangkan nilai derajat kejenuhan pada pendekat Barat sudah memenuhi nilai yang disyaratkan dalam MKJI 1997 yaitu sebesar $< 0,75$. Nilai derajat kejenuhan pada pendekat Barat yaitu sebesar 0,71.

4. Panjang antrian (QL)

Hitung panjang antrian (QL) dengan mengalihkan NQ_{MAX} dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m2) kemudian dibagikan dengan lebar masuk.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \quad (10)$$

$$= \frac{79,5 \times 20}{4}$$

$$= 397 \text{ smp (Pendekat utara)}$$

Tabel 9 Nilai panjang antrian

No	Pendekat	NQ1 (smp/jam)	NQ2 (smp/jam)	NQ (smp/jam)	QL (smp)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	11	50	62	397
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	178	67	245	885
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	214	52	266	1384
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	0,71	18	18	405

5. Kendaraan terhenti

Perhitungan angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend/jam.

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOT}} \quad (11)$$

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

$$= \frac{11710}{3740}$$

$$= 3,13 \text{ (stop/smp)}$$

Tabel 10. Nilai kendaraan terhenti

No	Pendekat	NS (stop/smp)	N _{SV} (smp/jam)	NS _{TOT} (stop/smp)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	1,08	1222	3,13
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3,79	4849	
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	5,48	5282	
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	0,99	357	

6. Perhitungan tundaan rata-rata seluruh simpang (DI) yaitu:

$$DI = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \quad (12)$$

$$= \frac{2526026}{8287}$$

$$= 304 \text{ det/smp}$$

Tabel 11. Nilai Tundaan

No	Pendekat	Tundaan (detik/smp)				DI
		DT	DG _j	D	D x Q	
1	Jl.Raya Sulfat (U)	89	4,64	93	105276	304
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	744	6,30	750	962250	
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	1487	2,17	1489	1435396	
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	60	4,01	64	23104	

B. Prediksi kinerja simpang sulfat 10 tahun mendatang

Evaluasi pertumbuhan arus lalu lintas digunakan sebagai asumsi kenaikan jumlah arus lalu lintas yang melewati simpang Sulfat pada tahun 2031. Untuk mendapatkan angka pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor sesuai dengan jenisnya, digunakan data sekunder berupa data jumlah kendaraan bermotor di Kota Malang pada periode tahun 2017–2021.

Tabel 12. Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Kota Malang 5 tahun terakhir

TAHUN	Jumlah kendaraan bermotor			Total	Pertumbuhan (%)		
	LV	HV	MC		LV	HV	MC
2021	98.899	21.818	491.329	612.046			
2020	98.392	21.767	482.817	602.976	0,51	0,23	1,76
2019	97.079	21.668	477.687	596.434	1,35	0,45	1,07
2018	95.320	21.435	476.017	592.772	1,84	1,08	0,34
2017	90.058	20.968	456.693	567.719	5,84	2,22	4,23
				Rata - rata	2,39	1,00	1,85

Untuk mendapatkan volume lalu lintas kendaraan bermotor (MV) 10 tahun mendatang menggunakan persamaan berikut yaitu:

$$P_n = P_o (1+i)^n \quad (13)$$

$$= 439 (1+2,39\%)^{10}$$

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

=555 ken/jam (LV)

Tabel 13. Volume lalu lintas tahun ke 10 smp/jam

Waktu	Pendekat	LV	HV	MC	(Arus Q) Tahun ke-10	
					(kend/jam)	(smp/jam)
Pagi	U (Jl.Raya Sulfat)	555	66	1847	2468	1380
	S (Jl.Terusan Sulfat)	653	47	2140	2840	1570
	T (Jl.Simpang Sulfat Utara)	612	28	1344	1984	1186
	B (Jl.Simpang Sulfat Selatan)	203	11	566	780	444
Sore	U (Jl.Raya Sulfat)	1130	28	3302	4460	2487
	S (Jl.Terusan Sulfat)	499	31	2694	3224	1617
	T (Jl.Simpang Sulfat Utara)	292	26	1794	2112	1043
	B (Jl.Simpang Sulfat Selatan)	214	18	937	1169	612

1. Kapasitas dan derajat kejenuhan

Adapun hasil perhitungan kapasitas (C) derajat kejenuhan (DS) dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 14. Nilai kapasitas dan derajat kejenuhan

No	Pendekat	S	c	g	C	Q	DS
		smp/jam	smp/jam				
1	Jl.Raya Sulfat (U)	3793	163,6	54	1252	1380	1,10
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3872		44	1042	1570	1,51
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	3635		30	667	1186	1,78
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3714		25	568	612	1,08

Setelah mengetahui nilai arus lintas (Q) dan kapasitas (C) didapatkan nilai derajat kejenuhan (DS) pada masing - masing pendekat pada tahun ke 10 yaitu Utara 1,10, Selatan 1,51, Timur 1,78 dan Barat 1,08. Nilai yang didapat sangat melampau nilai yang disyaratkan dalam MKJI 1997, sehingga dapat disimpulkan bahwa kemacetan dan tundaan yang terjadi di simpang sulfat pada 10 tahun mendatang sangatlah parah dan masuk dalam kategori tingkat pelayanan F.

C. Solusi Alternatif

1. Alternatif I (Perubahan W_{MASUK} , W_{KELUAR} dan mengadakan belok kiri langsung) Transformasi geometri adalah perubahan ukuran, bentuk penyajian, dan posisi dari suatu objek (A, Aashto, 2001)[9]. Setelah survey yang telah selesai dilaksanakan, peneliti melihat kondisi geometric simpang sulfat masih ada potensi untuk bisa melebarkan geometik pada masing - masing pendekat. Berikut merupakan perubahan geometrik yang dijadikan sebagai alternatif I yaitu:

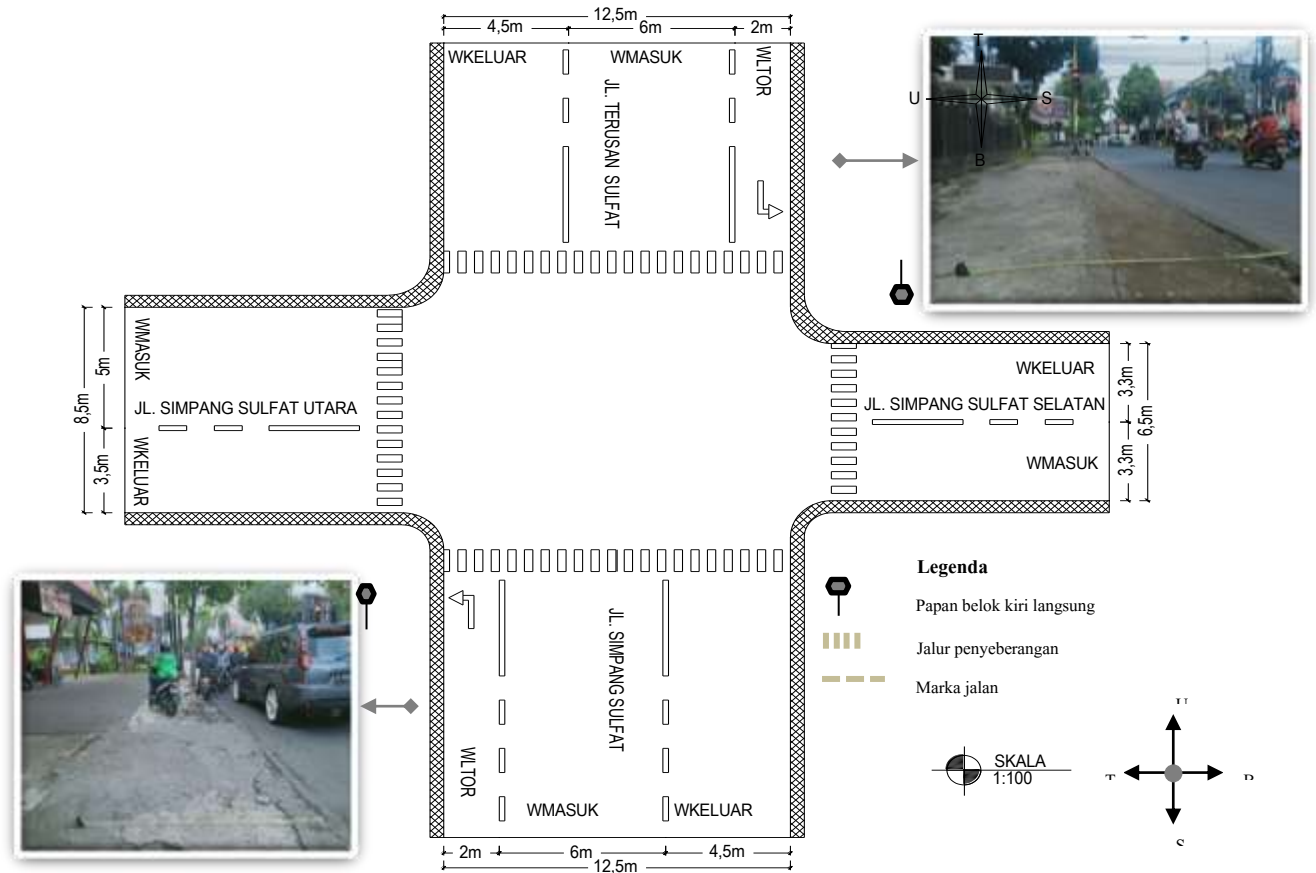
Tabel 15. Data perubahan geometrik simpang

Pendekat	Kondisi Ekisting			
	W_{MASUK} (m)	W_{KELUAR} (m)	W_{LATOR} (m)	W_e (m)
Jl.Raya Sulfat (U)	4	4	-	4
Jl.Terusan Sulfat (S)	4	4	-	4
Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	2,5	2,5	-	2,5
Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	2	2	-	2
Pendekat	Perubahan Alternatif I			
	W_{MASUK} (m)	W_{KELUAR} (m)	W_{LATOR} (m)	W_e (m)
Jl.Raya Sulfat (U)	8	4,5	2	6

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

Jl.Terusan Sulfat (S)	8	4,5	2	6
Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	5	3,5	-	5
Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3,3	3,3	-	3,3



Gambar 4. Pelebaran Geometrik

a. Arus jenuh dasar (S_0). Berikut merupakan perhitungan arus jenuh dasar setelah perubahan W_{MASUK} , W_{KELUAR} dan sudah menjadi arus lalu lintas terlindung.

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 600 \times W_e & (16) \\
 &= 600 \times 6 \\
 &= 3600 \text{ (Pendekat Utara)}
 \end{aligned}$$

Tabel 16 Nilai S_0 dan S

No	Pendekat	S_0	S
1	Jl.Raya Sulfat (U)	3600	3283
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3600	3351
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	3600	3146
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3600	3214

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

- b. Kapasitas (C). Setelah mendapatkan nilai alternatif I (Perubahan W_{MASUK} , W_{KELUAR} dan mengadakan belok kiri langsung) kemudian dilanjutkan perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan seperti berikut:

$$C = S \times g/c \quad (17)$$

$$= 3283 \times 54/163$$

$$= 1087 \text{ (Pendekat Utara)}$$

- c. Derajat kejenuhan (DS)

$$DS = Q/C$$

$$= 1132/1087$$

$$= 1,04 \text{ (Pendekat Utara)}$$

Tabel 17. Nilai kapasitas dan derajat kejenuhan alternatif I

No	Pendekat	Arus lalu lintas (Q)	Kapasitas (C)	Derajat kejenuhan (DS)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	1132	1087	1,04
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	1283	904	1,41
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	964	579	1,66
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	361	492	0,73

Derajat kejenuhan Alternatif I pada ketiga pendekat yaitu pendekat utara 1,04, pendekat selatan 1,41, pendekat timur 1,66 dan belum memenuhi nilai yang disyaratkan dalam MKJI 1997. Sedangkan nilai DS pada pendekat barat sebesar 0,73 dan sudah memenuhi nilai jenuh yang disyaratkan dalam MKJI 1997 yaitu $< 0,75$.

2. Alternatif II (Perancangan ulang waktu siklus). Berikut perhitungan waktu hijau (g) pada semua lengan (pendekat) berdasarkan standar acuan MKJI 1997.

$$g = (Cua - LTI) PR$$

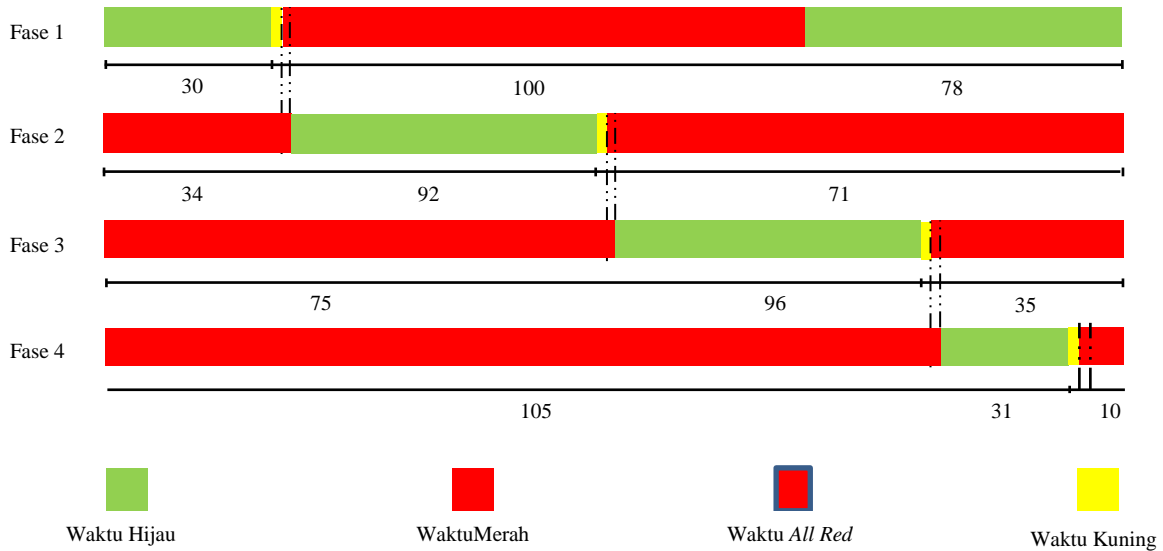
$$= (130 - 10,6) 1,00$$

$$= 108 \text{ detik (Pendekat Selatan)}$$

Tabel 18. Data perubahan waktu siklus alternatif II

No	Fase Hijau	Waktu nyala lampu (detik)				Siklus
		Merah	Kuning	Waktu hijau	All red	
1	Fase 1 (S)	100	2	108	2	227
2	Fase 2 (U)	105	2	92	2	
3	Fase 3 (T)	110	2	96	2	
4	Fase 4 (B)	115	2	31	2	

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120



Gambar 5. Diagram Waktu Siklus Alternatif II

Tabel 19. Nilai kapasitas dan derajat kejenuhan alternatif II

No	Pendekat	S	Q (smp/jam)	C	DS
1	Jl.Raya Sulfat (U)	3714	1132	1767	0,64
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3655	1283	1481	0,85
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	3160	964	1336	0,72
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3467	361	473	0,76

- Alternatif III (Penggabungan Alternatif I dan Alternatif II). Berikut ini merupakan data-data yang didapat pada perhitungan alternatif I dan alternatif II.

Tabel 20. Data nilai perubahan pada alternatif I dan alternatif II

No	Pendekat	S ₀	S	g (det/smp)	c (det/smp)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	3600	3283	108	
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3600	3351	92	
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	3600	3146	96	227
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3600	3214	31	

Setelah mendapatkan nilai perubahan pada alternatif I dan alternatif II, kemudian dilanjutkan perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif III di masing-masing pendekat seperti yang ada pada tabel berikut:

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³
EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

Tabel 21. Rekapitulasi nilai DS dan C yang didapat pada alternatif III

No	Pendekat	Q (smp/jam)	Kapasitas	Derajat Kejenuhan
1	Jl.Raya Sulfat (U)	1132	1561	0,72
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	1283	1891	0,67
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	964	1330	0,72
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	361	611	0,59

Pada penerapan alternatif diatas menunjukkan bahwa derajat kejenuhan (DS) yang memiliki hasil paling terkecil adalah alternatif III. Maka dari itu alternatif III merupakan solusi yang ideal untuk pemecahan masalah yang terjadi di simpang sulfat.

Tabel 22. Persentase Penurunan Nilai DS alternatif III

No	Pendekat	Tahun ke-10	Alternatif III	Persentase penurunan DS
1	Jl.Raya Sulfat (U)	1,10	0,72	0,38
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	1,51	0,67	0,84
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	1,78	0,72	1,06
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	1,08	0,59	0,49

Setelah melakukan perhitungan pada masing-masing alternatif yang ditawarkan didapat nilai derajat kejenuhan (DS) yang berbeda. Nilai DS yang memenuhi syarat yang ada dalam MKJI 1997 (< 0,75) yaitu alternatif III. Maka dari itu alternatif III merupakan solusi yang iséal untuk pemecahan masalah yang terjadi di simpang sulfat. Penelitian ini sejalan dengan penelitian dari Ari, Andriyanto (2020)[10] dimana alternatif yang ditawarkan ada tiga yaitu alternatif I Optimasi Sinyal, alternatif II Pelebaran Jalan dan alternatif III Optimasi Sinyal dan Pelebaran Jalan atau penggabungan alternatif I dan alternatif II. Dengan menggunakan metode alternatif yang ditawarkan terbukti dapat menurunkan nilai tundaan dan merubah tingkat pelayanan jalan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa pada bab sebelumnya maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil evaluasi pada simpang berinyal sulfat menunjukkan bahwa nilai derajat kejenuhan jam puncak pagi pada masing-masing pendekat yaitu Utara 0,98, Selatan 1,38, Timur 1,79 dan telah melampaui nilai DS yang disyaratkan dalam MKJI 1997 yaitu < 0,75. Sedangkan nilai DS pada pendekat Barat 0,71 dan sudah memenuhi nilai DS yang disyaratkan dalam MKJI 1997.
2. Hasil prediksi kinerja simpang bersinyal sulfat pada tahun ke 10 menunjukkan bahwa nilai DS pada masing - masing pendekat yaitu Utara 1,10, Selatan 1,51, Timur 1,78 dan Barat 1,08 dan sangat melampaui nilai DS dalam MKJI 1997 yaitu < 0,75. Sehingga kemacetan dan tundaan yang terjadi pada 10 tahun mendatang sangat tinggi dan masuk dalam kategori tingkat pelayanan F.
3. Alternatif III, Perubahan W_{MASUK} , W_{KELUAR} dan mengadakan belok kiri langsung dan perancangan ulang waktu siklus (Penggabungan Alternatif I dan Alternatif II) merupakan solusi alternatif yang terbukti bisa meningkatkan tingkat pelayanan simpang dari F (Arus yang terhambat) menjadi C (Arus stabil). Maka dari itu alternatif III merupakan solusi yang ideal untuk pemecahan masalah yang terjadi di simpang sulfat.

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Delan Efri Aldo³

**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

REFERENSI

- [1] F. D. Hoobs, “Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas. Diterjemahkan oleh Suprpto TM dan Waldijino.” Gajah Mada University Press. Yogyakarta. Hal, 1995.
- [2] C. J. Khisty and B. K. Lall, “Dasar-dasar rekayasa transportasi,” *Erlangga, Jakarta*, 2005.
- [3] M. E. T. Inna, “STUDI PENGENDALIAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL (STUDI KASUS SIMPANG EMPAT JALAN SIMPANG SULFAT UTARA–JALAN SIMPANG SULFAT SELATAN–JALAN TERUSAN SULFAT–JALAN RAYA SULFAT).” ITN Malang, 2018.
- [4] R. H. Waas, “Analisis Prediksi Kinerja Simpang Bersinyal Dalam Kondisi Eksisting Dan 5 Tahun Kedepan Pada Ruas Jalan Rijali Untuk Mendapatkan Solusi Manajemen Lalu Lintas Yang Optimal,” *Manumata J. Ilmu Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 38–46, 2018.
- [5] B. P. S. K. Malang, “Kota Malang dalam Angka 2016,” *BPS Provinsi Jawa Timur. Tersedia di www.jatim.bps.go.id, diakses pada*, vol. 1, 2017.
- [6] S. Malkhamah, “Survei, Lampu Lalulintas, dan Pengantar Manajemen Lalulintas (Edisi ketiga).” Biro Penerbit. KMTS FT UGM, 1996.
- [7] O. Z. Tamin, “Perencanaan dan Pemodelan Transportasi: Contoh soal dan aplikasi,” *Bandung ITB*, 2003.
- [8] C. H. Oglesby and R. G. Hicks, “Teknik Jalan Raya Jilid 1,” *Erlangga, Jakarta*, 1999.
- [9] A. Aashto, “Policy on geometric design of highways and streets,” *Am. Assoc. State Highw. Transp. Off. Washington, DC*, vol. 1, no. 990, p. 158, 2001.
- [10] A. Andriyanto, E. I. Imananto, and A. Ma’ruf, “EVALUASI KINERJA SIMPANG PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JL. ASEMBAGUS–JL. SERUNI KABUPATEN SITUBONDO,” *STUDENT J. GELAGAR*, vol. 2, no. 1, pp. 9–17, 2020.