

# EVALUASI KINERJA SIMPANG DAN BIAYA KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA SIMPANG BERSINYAL JALAN RAYA KASRI – JALAN RAYA GEMPOL– JALAN PATIMURA – JALAN WR. SUPRATMAN DI KABUPATEN PASURUAN

Muchammad Chafidhul Ulum<sup>1</sup>, Nusa Sebayang<sup>2</sup>, dan Annur Ma'ruf<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang  
Email: [ulumhafid@gmail.com](mailto:ulumhafid@gmail.com)

## ABSTRACT

An intersection is a part of the road that becomes a conflict point for various traffic movements. The Cow Statue Intersection in Pasuruan Regency is a signalized intersection which is included in the category of national roads or arterial roads in the primary road network system that connects the capital cities of Surabaya and Malang. This results in quite heavy traffic volumes. As a result, the number of motorized vehicles increases so that fuel consumption increases. The results of the analysis of the Cow Statue signalized intersection on the southern approach have a *Dj* exceeding 0.85 and a delay above 15 seconds. An average total of 101 liters of fuel consumption is wasted due to delays of one hour in existing conditions with a loss of IDR 920,414. The most appropriate alternative solution to the problem is to change it to 2 phases and widen the road on the eastern approach, so that the intersection performance results are better than the existing condition due to the reduction in *Dj* and delay for each approach. Apart from that, fuel consumption has decreased by 92%.

Keywords: Degree of Saturation, Delay, Cost of Congestion

## ABSTRAK

Persimpangan merupakan suatu bagian jalan yang menjadinya titik konflik dari berbagai pergerakan lalu lintas. Persimpangan Patung Sapi di Kabupaten Pasuruan, merupakan simpang bersinyal yang termasuk kategori jalan nasional atau jalan arteri dalam system jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibu kota Surabaya dan Malang. Hal ini mengakibatkan volume lalu lintas yang cukup padat. Akibatnya, jumlah kendaraan bermotor meningkat sehingga konsumsi BBM membengkak. Hasil analisis simpang bersinyal Patung Sapi pada pendekatan selatan memiliki *Dj* melebihi 0,85 dan tundaan di atas 15 detik. Total rata-rata sebanyak 101 liter konsumsi BBM terbuang akibat tundaan selama satu jam pada kondisi eksisting dengan kerugian sebesar Rp 920,414. Alternatif pemecahan masalah yang paling tepat adalah merubah menjadi 2 fase dan dilakukan pelebaran jalan pada pendekatan timur, sehingga hasil kinerja simpang lebih baik dari kondisi eksisting karena penurunan *Dj* dan tundaan untuk setiap pendekatan. Selain itu, konsumsi BBM mengalami penurunan sebesar 92 %.

Kata kunci: Derajat Kejenuhan, Tundaan, Biaya Kemacetan

## PENDAHULUAN

Persimpangan merupakan suatu bagian jalan yang menjadi pusat terjadinya titik konflik dari berbagai pergerakan arus lalu lintas. Pengaturan persimpangan dengan pengendalian lampu lalu lintas harus direncanakan dengan benar dan sesuai dengan kebutuhan arus lalu lintas, karena perencanaan yang tidak sesuai akan menimbulkan konflik baru dalam persimpangan dengan munculnya tundaan (delay) lalu lintas yang lebih besar, antrian

yang panjang serta menurunnya kapasitas simpang sebagai akibat tidak berfungsinya simpang secara optimal.

Simpang Patung Sapi merupakan salah satu simpang bersinyal di Kabupaten Pasuruan tepatnya berada di Kecamatan Pandaan. Letak simpang yang strategis yakni berada di daerah pabrik, pasar, sekolah, pertokoan, dan jalur utama dari simpang ini yaitu arah dari Surabaya ke Malang ataupun arah sebaliknya. Kinerja simpang Patung Sapi ini kurang baik karena sering mati untuk lampu lalu lintasnya sehingga

menimbulkan kemacetan yang cukup panjang, pada saat jam sibuk. kemacetan ini diperparah pada saat hari libur kondisi simpang empat Patung Sapi mengalami peningkatan jumlah kendaraan yang cukup signifikan karena banyak warga lokal maupun luar yang pergi berlibur ke daerah yang ada di Pasuruan maupun menuju ke Malang. Kondisi geometrik simpang Patung Sapi ini yang sedikit menanjak dan bergelombang juga berpengaruh untuk kecepatan sehingga kendaraan berjalan lambat. Sehingga menimbulkan antrian, arus jenuh dan kerugian biaya kemacetan pelaku pergerakan terkadang membutuhkan waktu yang lama saat berada pada persimpangan tersebut.

## DASAR TEORI

### Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu-lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

### Persimpangan

Persimpangan adalah dimana dua jalan atau lebih bergabung dan bersinggung, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas didalamnya.

### Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah simpang sebidang yang dilengkapi dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APLIL).

### Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas dilakukan untuk mengetahui jumlah kendaraan dan pejalan kaki pada ruas jalan ataupun persimpangan selama satu interval waktu tertentu.

### Panjang Antrian

Panjang antrian yaitu beberapa kendaraan yang berjejeran ke belakang pada suatu jalan (m).

### Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah rasio lalu lintas terhadap kapasitas pada suatu pendekatan. Batasan maksimal derajat kejenuhan sebesar ( $<0,85$ ).

## Tundaan

Tundaan bisa terjadi karena 2 hal :

1. Tundaan lalu lintas adalah tundaan yang disebabkan oleh interaksi antar kendaraan dalam arus lalu lintas.
2. Tundaan geometrik adalah tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan yang terganggu saat kendaraan membelok pada suatu simpang atau terhenti.

## Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan digunakan untuk menentukan kualitas jalan berdasarkan hasil tundaan.

Tabel 1 Indek Tingkat Pelayanan

ITP	Tundaan per kendaraan (dtk)
A	$\leq 5,0$
B	5,1 - 15,0
C	15,1 - 25,0
D	25,1 - 40,0
E	40,1 - 60,0
F	$> 60,0$

## Konsumsi Bahan Bakar

### Metode ATIS India

Konsumsi bahan bakar untuk setiap jenis moda transportasi secara umum sangat dipengaruhi oleh atribut kendaraan, atribut jalan, dan faktor regional pengoprasiaannya. (Watanadata et al dalam Julianto,2007).

Penelitian yang dilakukan oleh Lamsal (2013) di India dalam Automotive Traffic Information System (ATIS) menentukan konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis kendaraan. Dari hasil penelitiannya, diperoleh konsumsi bahan bakar dalam satuan mililiter per jam pada kondisi kendaraan idle yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Konsumsi BBM Menurut ATIS

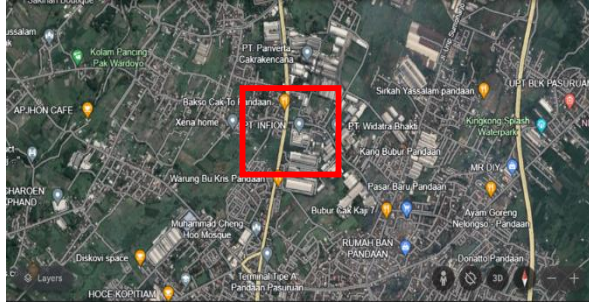
No	Jenis Kendaraan	Konsumsi BBM (ml/jam)
1	Sepeda Motor	170
2	Mobil	767
3	Truk atau Bus	833

Sumber : Automotive Traffic Information System (2013)

## METODELOGI STUDI

## Lokasi Studi

Lokasi studi pada simpang Patung Sapi Jl. Kasri, Jl. Gempol, Jl. Patimura dan Jl. WR. Supratam Kabupaten Pasuruan.



**Gambar 1.** Peta Simpang Patung Sapi Kabupaten Pasuruan.

## Metode Pengumpulan Data

Ada 2 data yang digunakan dalam proses pengumpulan data :

### 1. Data Primer

Data yang didapatkan dari survey langsung dilapangan, data yang diperoleh berupa data arus lalu lintas dan data geometrik jalan.

### 2. Data Sekunder

Data yang didapatkan dari internet atau meminta dari instansi yang terkait, data yang diperoleh berupa data kependudukan dan data kendaraan bermotor.

Tahapan pengumpulan data dengan survey dilapangan sebagai berikut :

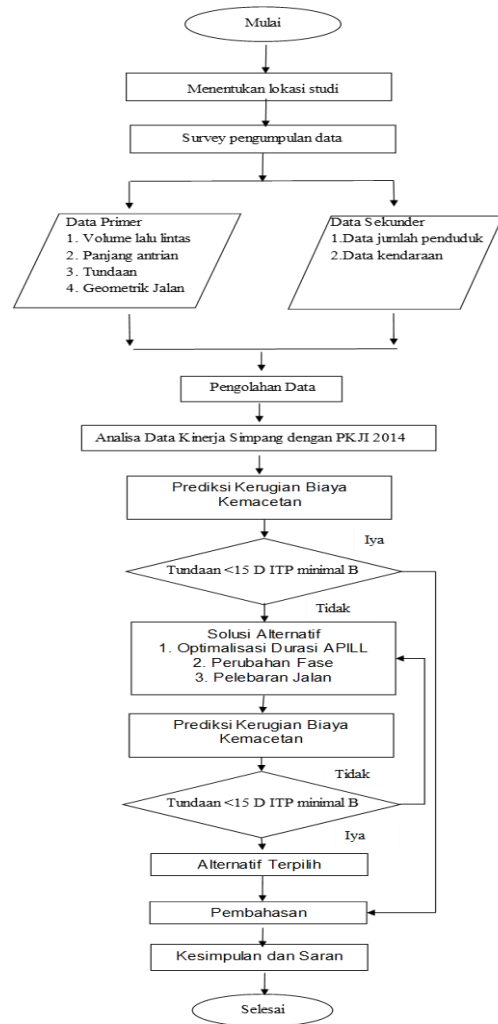
### 1. Persiapan

Ada beberapa hal yang perlu disiapkan :

- Formulir survey
- Menentukan titik lokasi pengamatan
- Menentukan waktu pengambilan data
- Menyiapkan tenaga kerja

2. Pengambilan data dilakukan selama 12 jam dari pukul 06.00-18.00 WIB Interval waktu pengambilan data setiap 15 menit. Pengambilan data dilakukan selama 3 hari dalam seminggu (Senin, Selasa dan Rabu).

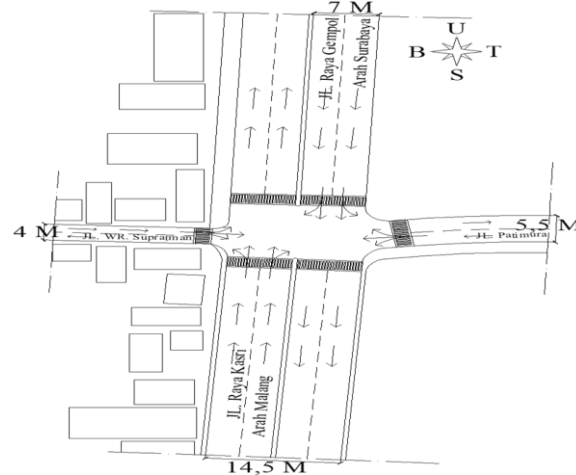
## Bagan Alir



**Gambar 2.** Bagan alir

## PEMBAHASAN

### Dimensi Geometrik dan Lampu Lalu Lintas



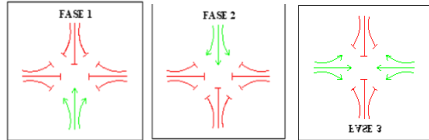
**Gambar 3.** Dimensi Geometrik

**Tabel 3. Data Geometrik Persimpangan**

No	Data	Pendekat Jalan			
		WR.Supratman	Patimura	Kasri	Gempol
1	Kode Pendekat	T (Timur)	B (Barat)	S (Selatan)	U (Utara)
2	Jumlah Lajur	1	1	2	2
3	Jumlah Jalur	2	2	2	2
4	Lebar Jalan	4	5.5	14	14
5	Median	Tidak Ada	Tidak Ada	Ada	Ada

Sumber : Hasil pengamatan di lapangan

Simpang Empat Patung Sapi Jl. Kasri, Jl. Gempol dan Jl. Patimura, Jl. WR. Supratman menggunakan 3 fase :



Sumber : Survey Lapangan

**Gambar 4. Pengaturan Fase Lalu Lintas Simpang Patung Sapi**

**Tabel 4. Data Waktu Sinyal**

Nama Jalan	Pendekat	Waktu sinyal			
		Merah	Kuning	Hijau	All red
Kasri	Selatan	60	3	30	2
Gempol	Utara	60	3	30	2
Patimura	Timur	70	3	20	2
WR. Supratman	Barat	70	3	20	2

Sumber : Survey Lapangan

Selektan	Fase I	30	3	2	60	
Utara	Fase II	35	30	3	2	25
Timur		70	20	3	2	
Barat	Fase III	70	20	3	2	

Sumber : Survey Lapangan

**Gambar 5. Pengaturan Waktu Sinyal**

**Analisis Jam Puncak**

**Tabel 5. Analisa Jam Puncak (Senin, 20 Februari 2023)**

Interval Waktu	Pendekat Utara	Pendekat Selatan	Pendekat Timur	Pendekat Barat
	Jl. Japann skr/jam	Jl. Kasri skr/jam	Jl. Patimura skr/jam	Jl. WR. Supratman skr/jam
06.00-07.00	971	1200	214	33
06.15-07.15	1015	1200	218	31
06.30-07.30	1040	1275	220	36
06.45-07.45	1035	1193	212	35
07.00-08.00	1074	1213	200	37
07.15-08.15	1052	1148	189	44
07.30-08.30	1103	987	192	40
07.45-08.45	1152	1025	197	41
08.00-09.00	1183	993	209	41
10.00-11.00	1243	1015	235	43
10.15-11.15	1186	1061	243	42
10.30-11.30	1143	1011	257	38
10.45-11.45	1085	904	248	37
11.00-12.00	1075	885	251	43
14.00-15.00	1083	864	333	60
14.15-15.15	1143	909	440	56
14.30-15.30	1139	894	444	54
14.45-15.45	1096	787	358	59
15.00-16.00	1061	827	370	59
15.15-16.15	1073	820	356	61
15.30-16.30	1157	884	447	61
15.45-16.45	1211	954	342	57
16.00-17.00	1251	954	331	58
16.15-17.15	1247	978	355	60
16.30-17.30	1248	985	365	61
16.45-17.45	1227	991	356	56
17.00-18.00	1196	994	346	58

Sumber : Pengolahan Data dan Analisa Volume Lalu Lintas

Dari hasil analisa pengolahan data Volume Lalu Lintas yang melewati Simpang Patung Sapi pada senin, 20 Februari 2023 jam puncak pagi terjadi pada pukul 06.30-07.30 dimana memiliki nilai sebesar 1275 skr/jam, siang terjadi pada pukul 10.30-11.30 dengan nilai 1061 skr/jam dan sore terjadi pada pukul 15.15-16.15 dengan nilai 994 skr/jam.

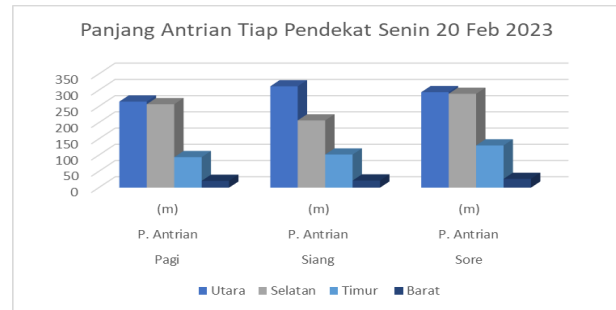
**Panjang Antrian dan Tundaan**

Berikut tabel data Panjang Antrian dan Tundaan pada jam puncak :

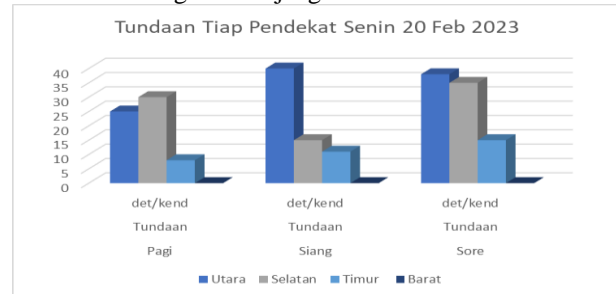
**Tabel 6. Analisa Jam Puncak (Senin ,20 Februari 2023)**

Pendekat	Pagi			Siang			Sore		
	Jam	P. Antrian (m)	Tundaan det/kend	Jam	P. Antrian (m)	Tundaan det/kend	Jam	P. Antrian (m)	Tundaan det/kend
	Utara Jl Gempol	08.25.40	265	25	10.02.15	312	40	17.31.55	294
Selatan Jl. Kasri	07.01.45	257	30	11.26.10	207	15	15.52.10	289	35
Timur Jl. Patimura	09.21.05	94	8	13.51.30	102	11	17.01.50	130	15
Barat Jl WR. Supratman	09.25.50	21	0	13.40.45	22	0	16.50.45	27	0

Sumber : Survey Lapangan



**Gambar 6 Diagram Panjang Antrian 20 Feb 2023**



**Gambar 7 Diagram Tundaan 20 Feb 2023**

**Kinerja Simpang Bersinyal**

Dari hasil survey dilapangan dan dianalisa perhitungannya ada ruas jalan yang mengalami permasalahan dapat diketahui dengan nilai  $D_j > 0,85$  dan pada pendekat selatan dan utara yang mengalami permasalahan tersebut.



## Analisa Konsumsi BBM

**Tabel 13.** Konsumsi BBM alternatif 2

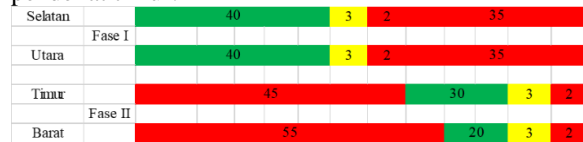
Periode Waktu	Konsumsi Bahan Bakar			Total Konsumsi BBM (liter)	Konsumsi Bahan Bakar			Total Biaya Konsumsi BBM (rupiah)
	SM	KR	KB		SM	KR	KB	
	(liter)	(liter)	(liter)		(rupiah)	(rupiah)	(rupiah)	
06.00-07.00	1.39	4.11	2.21	7.71	Rp 13,894	Rp 41,118	Rp 15,007	Rp 70,019
07.00-08.00	1.34	3.77	2.52	7.63	Rp 13,356	Rp 37,666	Rp 17,169	Rp 68,190
08.00-09.00	1.19	4.45	2.07	7.71	Rp 11,852	Rp 44,540	Rp 14,093	Rp 70,485
09.00-10.00	0.95	3.15	2.32	6.42	Rp 9,519	Rp 31,485	Rp 15,783	Rp 56,787
10.00-11.00	0.70	2.83	3.89	7.41	Rp 6,973	Rp 28,257	Rp 26,423	Rp 61,653
11.00-12.00	0.72	3.38	3.69	7.80	Rp 7,247	Rp 33,836	Rp 25,101	Rp 66,184
12.00-13.00	1.04	3.52	3.07	7.63	Rp 10,392	Rp 35,212	Rp 20,891	Rp 66,496
13.00-14.00	1.11	3.20	2.49	6.80	Rp 11,132	Rp 32,030	Rp 16,909	Rp 60,071
14.00-15.00	1.91	6.05	3.73	11.68	Rp 19,074	Rp 60,475	Rp 25,358	Rp 104,907
15.00-16.00	2.42	8.81	5.57	16.81	Rp 24,225	Rp 88,116	Rp 37,909	Rp 150,250
16.00-17.00	1.60	6.29	4.45	12.34	Rp 16,016	Rp 62,863	Rp 30,268	Rp 109,148
17.00-18.00	1.78	6.66	4.64	13.08	Rp 17,788	Rp 66,557	Rp 31,582	Rp 115,927
Total					Rp 161,467	Rp 562,156	Rp 276,493	Rp 1,000,117

Sumber : Analisa Perhitungan

Dari hasil perhitungan didapat total biaya kerugian 1 hari (12 jam) sebesar Rp 1,000,117 per hari.

### Alternatif 3

Untuk alternatif yang ke 3 tetap menggunakan tiga fase akan tetapi dilakukan pelebaran jalan pada pendekat timur.



**Gambar 10.** Pengaturan Waktu Siklus

Sumber : Analisa Perhitungan

Dari hasil analisa perhitungan didapati nilai sebagai berikut :

**Tabel 14.** Rekap Data Alternatif 3

Pendekat	Periode	Arus Lalu Lintas skr/jam	Waktu Hijau detik	Waktu Siklus detik	Tundaan Rata-rata det/skr	Panjang Antrian m	Derajat Kejenuhan	Tingkat Pelayanan
Utara	Pagi	1243	40	80	6	94	0,8	B
	Siang	1196	40	80	6	81	0,7	B
	Sore	1278	40	80	7	97	0,8	B
Selatan	Pagi	1275	40	80	8	108	0,8	B
	Siang	991	40	80	5	68	0,6	B
	Sore	1268	40	80	6	82	0,7	B
Timur	Pagi	338	30	80	7	36	0,6	B
	Siang	373	30	80	7	39	0,6	B
	Sore	522	30	80	11	58	0,7	B
Barat	Pagi	101	20	80	6	8	0,2	B
	Siang	122	20	80	8	10	0,3	B
	Sore	133	20	80	9	11	0,3	B

Sumber : Analisa Perhitungan

Untuk rekomendasi perbaikan kinerja simpang maka digunakan Alternatif 3 dimana tingkat pelayanan B.

## Analisa Konsumsi BBM

**Tabel 15.** Konsumsi BBM Alternatif 3

Periode Waktu	Konsumsi Bahan Bakar			Total Konsumsi BBM (liter)	Konsumsi Bahan Bakar			Total Biaya Konsumsi BBM (rupiah)
	SM	KR	KB		SM	KR	KB	
	(liter)	(liter)	(liter)		(rupiah)	(rupiah)	(rupiah)	
06.00-07.00	1.32	3.92	2.10	7.35	Rp 13,248	Rp 39,206	Rp 14,309	Rp 66,763
07.00-08.00	1.34	3.79	2.54	7.66	Rp 13,421	Rp 37,850	Rp 17,253	Rp 68,524
08.00-09.00	1.12	4.20	1.95	7.27	Rp 11,170	Rp 41,977	Rp 13,282	Rp 66,429
09.00-10.00	1.30	4.29	3.16	8.75	Rp 12,974	Rp 42,912	Rp 21,511	Rp 77,397
10.00-11.00	0.70	2.83	3.89	7.41	Rp 6,973	Rp 28,257	Rp 26,423	Rp 61,653
11.00-12.00	0.67	3.15	3.44	7.26	Rp 6,748	Rp 31,506	Rp 23,372	Rp 61,626
12.00-13.00	1.22	4.14	3.61	8.96	Rp 12,205	Rp 41,356	Rp 24,537	Rp 78,097
13.00-14.00	1.21	3.49	2.71	7.41	Rp 12,129	Rp 34,902	Rp 18,424	Rp 65,455
14.00-15.00	1.35	4.29	2.64	8.28	Rp 13,517	Rp 42,855	Rp 17,970	Rp 74,342
15.00-16.00	1.32	4.81	3.05	9.18	Rp 13,233	Rp 48,132	Rp 20,707	Rp 82,073
16.00-17.00	1.20	4.71	3.33	9.24	Rp 11,990	Rp 47,061	Rp 22,660	Rp 81,712
17.00-18.00	1.09	4.08	2.85	8.02	Rp 10,903	Rp 40,796	Rp 19,358	Rp 71,056
Total					Rp 138,511	Rp 476,811	Rp 239,806	Rp 855,128

Sumber : Analisa Perhitungan

Dari hasil perhitungan didapat total biaya kerugian 1 hari (12 jam) sebesar Rp 855,128 per hari.

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

- Berdasarkan hasil dari perhitungan maka di dapat kesimpulan dimana hasil yang kurang baik nilai DJ 0,86 melebihi batas ketentuan 0,85 dan memiliki panjang antrian sebesar 254 m sehingga menimbulkan tundaan yang terjadi di simpang tersebut 64 det/skr dan tingkat pelayanan F.
- Besar biaya kerugian bahan bakar akibat tundaan simpang dengan total kerugian bahan bakar seluruh kendaraan sebesar Rp 11,361,346 per hari.
- Untuk hasil perhitungan Alternatif perbaikan kinerja simpang Alternatif 1, 2 dan 3 berikut :
  - Alternatif 1 : perubahan fase yang semula 2 fase menjadi 3 fase dimana pada alternatif 1 ini tingkat pelayanan masih kurang baik pada sisi Timur dengan nilai Dj>0,85
  - Alternatif 2 : melakukan pengoptimalan Rambu Lampu Lalu Lintas dimana hasil sudah membaik akan tetapi masih kurang pada ruas jalan bagian timur dengan nilai Djnya lebih dari 1
  - Alternatif 3 : dilakukan pengoptimalan Rambu Lampu Lalu Lintas dan untuk pendekat barat dan timur dilakukan untuk belok kanan terlebih dahulu dan nilai dari Djnya <0,85 dengan tingkat pelayanan B

Untuk Alternatif Kinerja Simpang maka digunakan Alternatif 3 dan untuk perhitungan 5 tahun yang akan datang pada setiap pendekat sebagai berikut :

- Hasil perhitungan pada pendekat Timur nilai Derajat kejenuhan pagi, siang dan sore yaitu melebihi Dj>0,85 dan tingkat pelayanannya F, F dan F
- Hasil perhitungan pada pendekat Barat nilai Derajat kejenuhan pagi, siang dan sore yaitu melebihi Dj>0,85 dan tingkat pelayanannya F, F dan F
- Hasil perhitungan pada pendekat Utara nilai Derajat kejenuhan pagi, siang dan sore yaitu melebihi Dj>0,85 dan tingkat pelayanannya F, F dan F
- Hasil perhitungan pada pendekat Selatan nilai Derajat kejenuhan pagi, siang dan sore yaitu melebihi Dj>0,85 dan tingkat pelayanannya F, F dan F

### Saran

Dari beberapa kesimpulan yang sudah dijabarkan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

- 1) Untuk penelitian selanjutnya, agar memberikan opsi alternatif yang lebih banyak karena pertumbuhan volume kendaraan setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan maka kapasitas simpang juga perlu dilakukan perbaikan.
- 2) Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan analisis program software terkait dengan lalu lintas supaya mendapatkan gambaran simulasi tiap alternatif dan dapat mengetahui kelayakan pada simpang.
- 3) Kepada instansi pemerintahan daerah atau Dinas Perhubungan perlu adanya penanganan dengan melakukan manajemen jaringan lalu lintas untuk pemecahan solusi dan penguraian kepadatan lalu lintas pada persimpangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2014). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*.
- Anonim, (2015). Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015. *Peraturan Menteri No 96 Tahun 2015*.
- Anonim, (1993). Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 Tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan. *Peraturan Pemerintah No 43 Tahun 1993*.
- Anonim, (2006). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006. *Peraturan Pemerintah No 34 Tahun 2006*.
- Anonim, (2022). Undang Undang Republik Indonesia No. 2 Tahun 2022. *Undang Undang Republik Indonesia No 2 Tahun 2022*.
- Anonim, (2005). Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2005 Tentang Pedoman Konstruksi Dan Bangunan. *Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2005*.
- Kabupaten Pasuruan dalam infografis 2022. Pasuruan :badan pusat statistik Kabupaten Pasuruan.
- Titi Kurniati. 2020. “*Evaluasi Dan Perencanaan Lampu Lalu Lintas Pada Simpang Jalan Syekh Umar Khalil-Bypass Kota Padang.*” Jurnal Rekayasa Sipil (JRS- Unand) 16(1):49. doi:10.25077/jrs.16.1.49-64.2020.
- Yutantinus Andrian Radja. 2020. “*Evaluasi Kinerja Dua Simpang Bersinyal Berdekatan Menggunakan Program PVT Vissim 11 (Studi Kasus : Simpang Jalan Sulfat Dan Simpang Jalan Ciliwung).*” Student Journal Gelagar 4:9-15.
- Sutopo , Arbi Muchtar. 2015. *Studi Evaluasi Kinerja Dan Kerugian Biaya Konsumsi Bahan Bakar Akibat Kemacetan Pada Simpang Bersinyal Jalan Mayor Jendral Mt-Haryono-Jalan Gajayana Di Kota Malang*. Malang : Institut Teknologi Nasional Malang.
- Khisty, C. Jotin, and B. Kent Lall. 2005. *Edisi Ketiga Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1*. Erlangga.
- Aryanti, I. G. (2018). *Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan PKJI 2014 dan Software* : Institut Teknologi Nasional Malang.
- Julianto, E.N. 2007. *Analisa Kinerja Simpang Bersinyal Simpang Bangkong dan Simpang Milo Semarang Berdasarkan Konsumsi Bahan Bakar Minyak*. Tesis. Universitas Diponegoro Semarang. Semarang.
- Lamsal, A. 2013. *Toward Geo Enebel Economy. Automotive Traffic Information System India*.
- Romadhona, Prima Juanita. *Hubungan Antara Kinerja Simpang Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak Di Gondomanan, Yogyakarta*. Univ. Islam Indonesia.