

ANALISIS TINGKAT KEMACETAN PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JL. UKONG SUTAATMAJA KABUPATEN SUMEDANG

Agiesna Tri Ananda

Fakultas Pendidikan Teknik dan
Industri
Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Setiabudi No.229 Bandung
agiesna266@upi.edu

Juang Akbardin

Fakultas Pendidikan Teknik dan
Industri
Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Setiabudi No.229 Bandung
akbardien@upi.edu

Dadang M. Ma'soem

Fakultas Pendidikan Teknik dan
Industri
Universitas Pendidikan
Indonesia
Jl. Setiabudi No.229 Bandung
dadang1712@upi.edu

Abstract

The population growth in Subang Regency has led to a significant increase in transportation use, resulting in higher congestion levels in the area. This study specifically examines the congestion at the intersection of Jl. Ukong Sutaatmaja - Jl. Pejuang45 - Jl. Mayjen Sutoyo serves as a key access point for residents of Subang Regency to various locations. The analysis was conducted using Vissim software to simulate queue length, delay, and level of service as indicators of congestion levels. The study revealed that under existing conditions, the maximum delay time is 70 seconds, the maximum queue length is 358 meters, and the minimum service level is at grade E. In the planned conditions, the maximum delay time is 85 seconds, the maximum queue length is 357 meters, and the minimum service level is at grade F. Notably, there is a 427.67% increase in queue length and a 678.69% increase in delay time on the most congested approach over 15 years.

Keywords: *Level of Service, Road, Signalized Intersection, Subang, Traffic Jam*

Abstrak

Pertumbuhan penduduk di Kabupaten Subang berakibat pada melonjaknya penggunaan transportasi yang menyebabkan tingkat kemacetan yang terjadi pada wilayah Subang semakin meningkat. Penelitian ini berfokus pada analisis kemacetan di Persimpangan Jl. Ukong Sutaatmaja – Jl. Pejuang 45 – Jl. Mayjen Sutoyo yang menjadi akses bagi warga Kabupaten Subang ke berbagai tempat. Analisis dilakukan dengan membuat simulasi pada perangkat lunak Vissim untuk mendapatkan nilai panjang antrian, tundaan dan tingkat pelayanan sebagai indikator tingkat kemacetan. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting waktu tundaan maksimal 70 detik, panjang antrian maksimal 358 meter dan tingkat pelayanan minimal berada di nilai E sedangkan pada kondisi umur rencana waktu tundaan maksimal 85 detik, Panjang antrian maksimal 357 meter dan tingkat layanan minimall berada di nilai F. Terdapat kenaikan panjang antrian sebesar 427.67 % serta waktu tundaan sebesar 678.69 % pada pendekatan yang memiliki tingkat kemacetan paling tinggi pada periode 15 tahun.

Kata Kunci: *Jalan, Kemacetan, Simpang Bersinyal, Subang, Tingkat Pelayanan*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk di wilayah Kabupaten Subang menyebabkan penggunaan transportasi di wilayah tersebut ikut meningkat. Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Subang 2024, rata-rata pertumbuhan penduduk Subang mencapai 1.05% per tahun. Peningkatan jumlah penduduk dapat berdampak pada bertambahnya volume kendaraan di Kabupaten Subang, dengan demikian meningkatnya intensitas perjalanan yang dilakukan oleh penduduk Kabupaten Subang terutama menuju kawasan komersial tak dapat dihindarkan sehingga tingkat kemacetan dapat terus meningkat pada titik-titik tertentu. Untuk menghadapi hal tersebut, maka perlu dilakukan analisis kemacetan pada periode

beberapa tahun ke depan sebagai antisipasi agar optimalisasi sumber daya di Kabupaten Subang dapat dilakukan secara maksimal dan efisien.

Persimpangan jalan sebagai titik bertemunya arus lalu lintas dari berbagai arah menjadi area yang sering terjadi kemacetan. Pergerakan dari berbagai arah serta berbagai jenis kendaraan terutama pada daerah dengan intensitas perjalanan yang tinggi mengakibatkan antrean yang panjang sehingga dapat menghambat pengguna jalan dalam mengakses berbagai tempat. Persimpangan di ruas Jalan Ukong Sutaatmaja terletak di kawasan komersial sehingga ruas jalan tersebut memiliki arus lalu lintas yang cukup tinggi. Jalan tersebut menjadi akses warga Kabupaten Subang untuk untuk bepergian pada berbagai tempat seperti pasar, pertokoan, sekolah serta fasilitas publik lainnya.

Analisis tingkat kemacetan pada simpang bersinyal pada Jalan Ukong Sutaatmaja dilakukan dengan membuat desain rekayasa lalu lintas menggunakan metode MKJI 1997 serta melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak PTV Vissim. Evaluasi dilakukan pada kondisi eksisting serta kondisi umur rencana pada 15 tahun kedepan. Analisis ini akan membandingkan kondisi lalu lintas simpang bersinyal berupa panjang antrian, tingkat pelayanan serta waktu tundaan pada kondisi eksisting dengan kondisi umur rencana 15 tahun.

KAJIAN PUSTAKA

Simpang Bersinyal

Persimpangan merupakan simpul dalam jaringan transportasi yang mempertemukan dua atau lebih ruas jalan tertentu. Pada persimpangan arus lalu lintas mengalami konflik untuk mengendalikan konflik tersebut maka ditetapkan aturan lalu lintas untuk mengatur arus lalu lintas baik berupa sinyal ataupun yang lainnya. (Nugroho & Dwiatmaja, 2020).

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan tempat bertemunya jalan pada suatu titik yang terdiri dari beberapa lengan serta dilengkapi pengaturan lampu lalu-lintas untuk mengatur arus lalu lintas serta kapasitas jalan. (Suryaningsih, 2020). Adapun menurut MKJI (1997), penggunaan sinyal lalu lintas memiliki tujuan diantaranya untuk menghindari kemacetan simpang, memberi kesempatan pada kendaraan atau pejalan kaki untuk lewat serta untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas.

Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan lalu lintas disebabkan oleh kondisi lalu lintas yang relatif tidak stabil. Faktor utama penyebab kemacetan yaitu akibat adanya hambatan pada jalan, banyaknya volume kendaraan yang tidak sebanding dengan kapasitas jalan serta kecepatan operasi yang relatif menurun. (De Rozari, & Wibowo, 2015). Permasalahan yang sering dijumpai di kota-kota di Indonesia yaitu tingkat kelajuan pertumbuhan kendaraan yang semakin meningkat dari tahun ke tahunnya. Sehingga ketidakseimbangan antara arus lalu lintas dan kapasitas prasarana jalan dapat menimbulkan kemacetan di titik-titik tertentu terutama persimpangan.

Faktor lainnya yang menimbulkan kemacetan di kawasan perkotaan padat penduduk diantaranya masalah transportasi. Sistem transportasi umum yang belum memadai membuat

volume kendaraan semakin meningkat akibat banyaknya penggunaan kendaraan pribadi. (Tahir, 2005). Indikator yang sering digunakan dalam menilai kinerja suatu jalan yaitu LoS (*Level of Service*) atau tingkat pelayanan jalan. (Meutia et al., 2017). Penentuan tingkat pelayanan pada persimpangan berhubungan erat dengan waktu tundaan.

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, tundaan atau *delay* merupakan tambahan waktu tempuh yang diperlukan kendaraan untuk melintasi suatu persimpangan dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui simpang. Tundaan pada lalu lintas yang dilengkapi APILL meliputi tundaan lalu lintas (*delay traffic*) dan tundaan geometrik (*delay geometric*). Tundaan lalu lintas disebabkan oleh interaksi lalu-lintas sedangkan tundaan geometri disebabkan perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok dan/atau terhenti di simpangan akibat lampu merah.

Berikut merupakan klasifikasi tingkat pelayanan pada persimpangan berdasarkan waktu tundaan:

Tabel 1 Klasifikasi Tingkat Pelayanan Persimpangan

LoS	D (detik)
A	< 10
B	10 – 20
C	20 - 35
D	35 – 55
E	55 - 80
F	> 80

Sumber: *Highway Capacity Manual (HCM)*., 2000

Parameter lain yang perlu diketahui dalam analisis kemacetan salah satunya yaitu panjang antrian. Panjang antrian (*Queue Length*) merupakan jarak antrian kendaraan yang dihitung dari garis pemberhentian hingga uung kendaraan terakhir selama sat siklus sinyal. Panjang antrian memiliki peran yang krusial dalam pengoptimalan pengaturan sinyal dan evaluasi tingkat pelayanan. (Li et al., 2017)

Perangkat Lunak Vissim

Vissim adalah perangkat lunak yang diluncurkan tahun 1992 serta terus dikembangkan sampai saat ini oleh PTV (*Planung Transportasi Verkher-Verkehr in Stadten Simulations Model*) di Karlsruhe, Jerman, Vissim. Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk melakukan simulasi aliran lalu lintas serta melakukan analisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum. Vissim dilengkapi dengan fitur animasi 3 dimensi yang dapat memodelkan simulasi ruas jalan, simpang, transportasi publik, dan pejalan kaki. (PTV-AG, 2011)

METODOLOGI

Lokasi penelitian ini berada di dua simpang bersinyal di Kelurahan Karanganyar, Kecamatan Subang, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat. Kedua Simpang tersebut yaitu simpang Jl. Ukong Sutaatmaja- Jl. Pejuang 45 (simpang 1) dan Simpang Jl. Mayjen Sutoyo- Jl. Ukong Sutaatmaja (Simpang 2). Metode penelitian yang digunakan yaitu metode

deskriptif kuantitatif. Data yang digunakan pada penelitian berasal dari data sekunder berupa citra satelit dan data jumlah penduduk.



Gambar 1. Citra Satelit Peta Lokasi Studi

Sumber: Google Earth Pro

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini diantaranya perangkat lunak *Microsoft Office* dan *PTV Vissim*. Langkah analisis yang dilakukan yaitu analisis desain simpang bersinyal pada kondisi eksisiting dengan metode MKJI 1997. Lalu, pemodelan menggunakan *PTV Vissim*. Selanjutnya, analisis desain simpang bersinyal pada kondisi rencana 15 tahun dengan MKJI 1997 dan dilakukan pemodelan dengan *PTV Vissim*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simpang bersinyal yang ditinjau merupakan simpang bersinyal lengan empat dan lengan tiga. Data Geometri jalan yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari citra satelit melalui pendekatan data digitasi. Rincian data geometri jalan yaitu sebagai berikut.

Tabel 2 Data Geometri Jalan Pada Simpang 1

	Nama Jalan	Lebar Lajur (m)	Lebar Jalur (m)	Tipe
Mayor	Jl Ukong Sutaatmaja	3	6	2/2 TT
Minor	Jl. Pejuang 45	3	6	2/2 TT

Tabel 3 Data Geometri Jalan Pada Simpang 2

	Nama Jalan	Lebar Lajur (m)	Lebar Jalur (m)	Tipe
Mayor	Jl Mayjen Sutoyo	2.75	5.5	4/2 TT
Minor	Jl Ukong Sutaatmaja	3	6	2/2 TT

Data arus jam desain pada jalan dengan tipe 4/2 TT dengan lebar jalur 5.5 meter yaitu 4400 SMP/Jam Sedangkan pada jalan dengan tipe 2/2 TT dengan lebar jalur 6 meter yaitu 2200 SMP/Jam. (PDGJ, 2020). Data Lalu lintas harian didapatkan dari hasil membagi nilai arus jam desain dengan nilai faktor k ukuran kota. Jumlah penduduk Kabupaten Subang menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Subang (2024) mencapai 1636233 jiwa sehingga

faktor k ukuran kota yang digunakan yaitu 8%. Berikut rincian data LHRT dan distribusi arus lalu lintas di setiap simpang pada kondisi eksisting:

Tabel 4 Distribusi Arus Lalu Lintas Simpang 1 Kondisi Eksisting

Jenis Kendaraan	LHRT (smp/hari)	Arus Jam Rencana (Q_{DH}) - Kend/Jam					
		Jalan Mayor	Jalan Minor	U	S	B	T
MC	15262.5	855	366	428	428	183	183
HV	962.5	54	23	27	27	12	12
LV	11275	631	271	316	316	136	136

Tabel 5 Distribusi Arus Lalu Lintas Simpang 2 Kondisi Eksisting

Jenis Kendaraan	LHRT (smp/hari)		Arus Jam Rencana (Q_{DH}) - Kend/Jam				
	Jalan mayor	Jalan Minor	Jalan Mayor	Jalan Minor	S	B	T
MC	30525	15262.5	1709	366	366	855	855
HV	1925	962.5	108	23	23	54	54
LV	22550	11275	1263	271	271	632	632

Data lalu lintas harian rata-rata pada kondisi umur rencana 15 tahun (LHR_{15}) didapatkan dengan mengalikan LHR pada kondisi eksisting dengan faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif (R). Pertumbuhan lalu lintas (i) diasumsikan dengan nilai 3.5%. Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (2017), faktor pertumbuhan kumulatif dapat diperoleh melalui persamaan berikut:

$$R = \frac{(1+0.01i)^{UR} - 1}{0.01i}$$

dimana,

R = faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif,

i = pertumbuhan lalu lintas (%),

UR = umur rencana (tahun).

Berikut rincian data LHRT dan arus lalu lintas pada kondisi umur rencana 15 tahun pada setiap simpang:

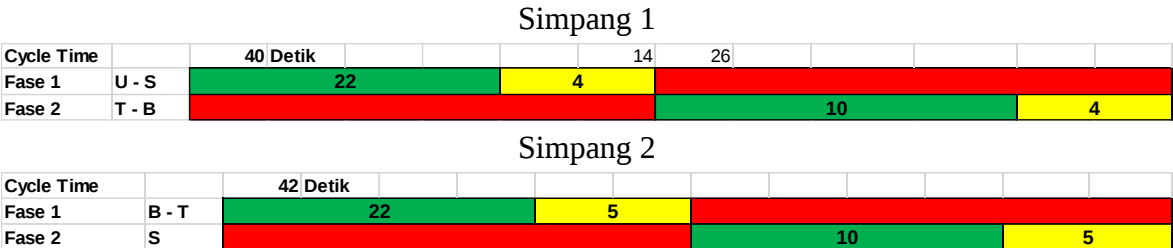
Tabel 5 Distribusi Arus Lalu Lintas Simpang 1 Kondisi Umur Rencana 15 Tahun

Jenis Kendaraan	LHRT (smp/hari)	Arus Jam Rencana (Q_{DH}) - Kend/Jam					
		Jalan Mayor	Jalan Minor	U	S	B	T
MC	25570	1432	614	859	573	307	307
HV	1613	90	39	54	36	20	20
LV	18890	1058	453	635	423	227	227

Tabel 6 Distribusi Arus Lalu Lintas Simpang 1 Kondisi Umur Rencana 15 Tahun

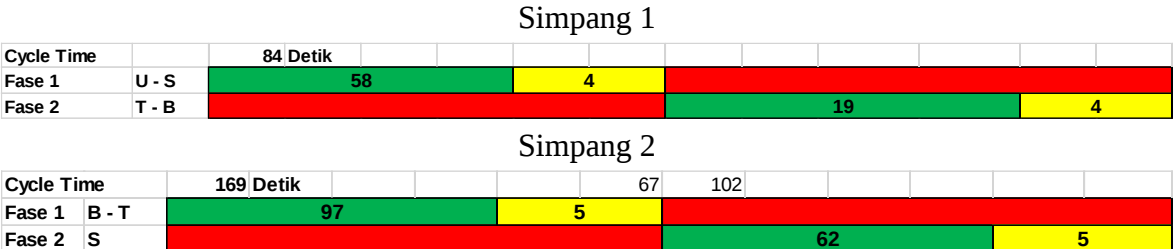
Jenis Kendaraan	LHRT (smp/hari)		Arus Jam Rencana (Q_{DH}) - Kend/Jam				
	Jalan mayor	Jalan Minor	Jalan Mayor	Jalan Minor	S	B	T
MC	51140	25570	2864	614	614	1432	1432
HV	3225	1613	181	39	39	91	91
LV	37779	18890	2116	453	453	1058	1058

Setelah menentukan geometri jalan serta LHR maka dapat ditentukan waktu siklus sinyal serta waktu hijau (g) dan waktu hilang total yang selanjutnya akan digunakan dalam simulasi pada perangkat lunak Vissim. Berikut merupakan hasil penentuan siklus sinyal lampu lalu lintas pada kondisi eksisting menggunakan metode MKJI 1997, yaitu:



Gambar 2 Penentuan Siklus Lampu Lalu Lintas Pada Kondisi Eksisting

Berikut merupakan hasil penentuan siklus sinyal lampu lalu lintas pada kondisi umur rencana menggunakan metode MKJI 1997, yaitu:



Gambar 3 Penentuan Siklus Lampu Lalu Lintas Pada Kondisi Umur Rencana

Dilakukan simulasi pada perangkat lunak Vissim. Data *Input* pada Vissim sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan menggunakan metode MKJI, 1997. Data Hasil *Output* Vissim pada kondisi eksisting yaitu:

Tabel 7 Hasil *Output* Simulasi Vissim simpang 1 Kondisi Eksisting

MOVEMENT		QL (m)	LoS	D (detik)
Jl. Ukong Sutaatmaja Utara	Jl. Ukong Sutaatmaja Selatan	358.19	E	69.80
	Jl Pejuang 45 Timur	358.19	E	70.01
	Jl Pejuang 45 Barat	358.19	E	65.21
Jl. Ukong Sutaatmaja Selatan	Jl. Ukong Sutaatmaja Utara	78.21	C	25.35
	Jl Pejuang 45 Timur	78.21	C	20.54
	Jl Pejuang 45 Barat	78.21	C	24.29
Jl Pejuang 45 Timur	Jl. Ukong Sutaatmaja Utara	35.13	B	13.13
	Jl. Ukong Sutaatmaja Selatan	35.13	B	10.84
	Jl Pejuang 45 Barat	35.13	A	08.02
Jl Pejuang 45 Barat	Jl. Ukong Sutaatmaja Utara	21.86	B	15.79
	Jl. Ukong Sutaatmaja Selatan	21.86	B	15.58
	Jl Pejuang 45 Timur	21.86	B	13.50

Tabel 8 Hasil *Output* Simulasi Vissim simpang 2 Kondisi Eksisting

MOVEMENT		QL (m)	LoS	D (detik)
Jl. Mayjen Sutoyo Timur	Jl. Mayjen Sutoyo	97.45	A	07.50
	Jl. Ukong Sutaatmaja	97.45	C	24.23
Jl. Mayjen Sutoyo Barat	Jl. Mayjen Sutoyo	102.39	A	08.12
	Jl. Ukong Sutaatmaja	84.11	B	12.38
Jl. Ukong Sutaatmaja	Jl. Mayjen Sutoyo Timur	5.56	A	03.05
	Jl. Mayjen Sutoyo Barat	20.52	B	18.76

Berdasarkan tabel di atas, tingkat kemacetan di persimpangan masih relatif normal ditunjukkan dengan tingkat pelayanan rata-rata berada pada tingkat pelayanan B. Tingkat pelayanan paling buruk berada pada simpang 1 dari ruas Jl. Ukong Sutaatmaja arah Utara dengan tingkat pelayanan E dan panjang antrian mencapai 358,19 meter. Waktu tundaan maksimal berada pada ruas Jl. Ukong Sutaatmaja arah Utara menuju Jl. Pejuang 45 arah Timur dengan waktu tundaan mencapai 70 detik.

Berikut data Hasil *Output* Vissim pada kondisi umur rencana yaitu:

Tabel 9 Hasil *Output* Simulasi Vissim simpang 1 Kondisi Umur Rencana

MOVEMENT		QL (m)	LoS	D (detik)
Jl. Ukong Sutaatmaja Utara	Jl. Ukong Sutaatmaja Selatan	96.36	C	22.07
	Jl. Pejuang 45 Timur	84.88	B	16.77
	Jl. Pejuang 45 Barat	84.88	B	15.95
Jl. Ukong Sutaatmaja Selatan	Jl. Ukong Sutaatmaja Utara	84.73	B	17.87
	Jl. Pejuang 45 Timur	84.73	B	16.35
	Jl. Pejuang 45 Barat	72.61	B	17.55
Jl. Pejuang 45 Timur	Jl. Ukong Sutaatmaja Utara	185.37	E	69.24
	Jl. Ukong Sutaatmaja Selatan	185.37	F	84.41
	Jl. Pejuang 45 Barat	185.37	E	71.66
Jl. Pejuang 45 Barat	Jl. Ukong Sutaatmaja Utara	107.72	E	70.63
	Jl. Ukong Sutaatmaja Selatan	93.22	D	41
	Jl. Pejuang 45 Timur	107.72	E	59.22

Tabel 10 Hasil *Output* Simulasi Vissim simpang 2 Kondisi Umur Rencana

MOVEMENT		QL (m)	LoS	D (detik)
Jl. Mayjen Sutoyo Timur	Jl. Mayjen Sutoyo	360.12	D	42.59
	Jl. Ukong Sutaatmaja	340.99	D	52.59
Jl. Mayjen Sutoyo Barat	Jl. Mayjen Sutoyo	357.61	D	52.02
	Jl. Ukong Sutaatmaja	357.51	E	78.72
Jl. Ukong Sutaatmaja	Jl. Mayjen Sutoyo Timur	148.74	E	56.3
	Jl. Mayjen Sutoyo Barat	148.74	E	58.51

Berdasarkan tabel di atas, tingkat kemacetan di persimpangan pada kondisi umur rencana relatif naik dibandingkan dengan kondisi eksisting. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan tingkat pelayanan pada beberapa ruas jalan. Tingkat pelayanan paling buruk berada pada ruas jalan simpang 1 dari ruas Jl. Pejuang 45 arah Timur menuju Jl. Ukong

Sutaatmaja arah Selatan dengan tingkat pelayanan F, panjang antrian sepanjang 185.37 meter dan waktu tundaan selama 84.41 detik.

Tabel 11 Perbandingan Hasil *Output* Vissim

Lokasi	Movement	Eksisting			Periode 15 tahun			Selisih	
		QL (m)	D (detik)	LoS	QL (m)	D (detik)	LoS	QL (%)	D (%)
Simpang 1	Selatan	358.19	69.8	E	96.36	22.07	C	-73.10	-68.38
	Utara - Timur	358.19	70.01	E	84.88	16.77	B	-76.30	-76.05
	Barat	358.19	65.21	E	84.88	15.95	B	-76.30	-75.54
	Utara	78.21	25.35	C	84.73	17.87	B	8.34	-29.51
	Selatan - Timur	78.21	20.54	C	84.73	16.35	B	8.34	-20.40
	Barat	78.21	24.29	C	72.61	17.55	B	-7.16	-27.75
	Utara	35.13	13.13	B	185.37	69.24	E	427.67	427.34
	Timur - Selatan	35.13	10.84	B	185.37	84.41	F	427.67	678.69
	Barat	35.13	8.02	A	185.37	71.66	E	427.67	793.52
	Utara	21.86	15.79	B	107.72	70.63	E	392.77	347.31
	Barat - Selatan	21.86	15.58	B	93.22	41	D	326.44	163.16
	Timur	21.86	13.5	B	107.72	59.22	E	392.77	338.67
Simpang 2	Timur- Barat	97.45	7.5	A	360.12	42.59	D	269.54	467.87
	Selatan	97.45	24.23	C	340.99	52.59	D	249.91	117.04
	Timur	102.39	8.12	A	357.61	52.02	D	249.26	540.64
	Barat- Selatan	84.11	12.38	B	357.51	78.72	E	325.05	535.86
	Timur	5.56	3.05	A	148.74	56.3	E	2575.18	1745.90
	Selatan - Barat	20.52	18.76	B	148.74	58.51	E	624.85	211.89



Gambar 4 Simulasi Lalu Lintas Menggunakan *Software Vissim*

Dari nilai yang dihasilkan dari simulasi dapat dilihat bahwa tingkat layanan di kondisi eksisting rata-rata memiliki nilai B dan nilai maksimal berada pada simpang 1 dengan tingkat pelayanan E. Sedangkan pada kondisi umur rencana tingkat pelayanan maksimal berada pada simpang 1 dengan nilai tingkat pelayanan F.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa pada kondisi eksisting waktu tundaan maksimal selama 70 detik, panjang antrian maksimal 358 meter dan tingkat pelayanan berada di nilai E sedangkan pada kondisi umur rencana waktu tundaan maksimal 85 detik, Panjang antrian maksimal 357 meter dan tingkat pelayanan maksimal berada di nilai F. Pada periode 15 tahun tingkat pelayanan terburuk berada di simpang 1 dari pendekat Timur-Selatan dengan nilai F. Pada pendekat tersebut terjadi kenaikan panjang antrian sebesar 427.67% serta waktu tundaan sebesar 678.69%. Peningkatan panjang antrian dan waktu tundaan serta penurunan tingkat pelayanan pada persimpangan yang telah diteliti mengindikasikan bahwa terdapat peningkatan kemacetan pada simpangan di Jl. Ukong Sutaatmaja. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan kemacetan yang terjadi pada simpangan yang sama pada periode 15 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Subang.2024. Jumlah Penduduk Menurut Kabupaten/Kota (Jiwa), 2018-2020. Subang: Badan Pusat Statistik
- De Rozari, A., & Wibowo, Y. H. 2015. Faktor-Faktor Yang Menyebabkan Kemacetan Lalu Lintas Di Jalan Utama Kota Surabaya (Studi Kasus Di Jalan Ahmad Yani Dan Raya Darmo Surabaya). *JPAP: Jurnal Penelitian Administrasi Publik*, 1(01).
- Direktorat Bina Marga. 2017. Manual Desain Perkerasan Jalan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum
- Direktorat Jenderal Bina Marga (DJBMM), Pedoman Desain Geometrik Jalan 2020. 2020.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Kementrian Perhubungan. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Jakarta: Menteri Perhubungan, 45.
- Li, H., Chen, N., Qin, L., Jia, L., & Rong, J. 2017. Queue length estimation at signalized intersections based on magnetic sensors by different layout strategies. *Transportation research procedia*, 25, 1626-1644.
- Meutia, S., Saleh, S. M., & Azmeri, A. 2017. Analisis Kemacetan Lalu-Lintas Pada Kawasan Pendidikan (Studi Kasus Jalan Pocut Baren Kota Banda Aceh). *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 243-250.
- Nugroho, U., & Dwiatmaja, G. C. 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Bantuan Perangkat Lunak Vissim Student Version. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 54-74
- PTV, 2011, VISSIM 5.30-05 User Manual, PTV Vision Traffic Mobility Logistic, Germany
- Suryaningsih, O. F., Hermansyah, H., & Kurniati, E.2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa

Besar). *INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, 16(1), 74-84.

Tahir, A., 2005, Angkutan Massal Sebagai Alternatif Mengatasi Persoalan Kemacetan Lalu Lintas Kota Surabaya, *Jurnal SMARTek*, vol. 3, no. 3, Surabaya.

Transportation Research Board, 2000, *Highway Capacity Manual*, HCM, Washington, D.C.