

EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL DI JALAN AHMAD YANI – JALAN RAYA BUDURAN, SIDOARJO

Faizal Muhammad¹, Muhamad Fajar Subkhan², Marjono³,

Mahasiswa, Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{2,3}

faisalhmmd549@gmail.com¹, m_fajarsubkhan@yahoo.co.id², marjonots2020@gmail.com³

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja simpang bersinyal pada kondisi eksisting dengan menerapkan beberapa alternatif penyelesaian dan menghitung biaya akibat tundaan. Data yang dibutuhkan antara lain data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari pengukuran geometrik jalan, survei arus lalu lintas, hambatan samping dan panjang antrian pada tanggal 25, 27 dan 29 Mei 2021. Data sekunder didapat dari Dinas Perhubungan Sidoarjo berupa rekaman CCTV, rata-rata kecepatan, data jumlah penduduk Kabupaten Sidoarjo, PDRB dan UMR Kabupaten Sidoarjo. Pengolahan data kinerja simpang bersinyal pada penelitian ini menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014. Dari hasil analisis kinerja simpang bersinyal eksisting didapat nilai DJ lebih dari 0,85; Tundaan simpang rata-rata $T = 522,70$ det/skr dan Tingkat pelayanan = F. Alternatif solusi pada simpang bersinyal dilakukan dengan pengalihan semua jenis kendaraan bermotor dari lengan Timur dan beberapa jenis kendaraan bermotor dari Utara, Selatan dan Barat. Dari perhitungan alternatif tersebut didapatkan hasil $DJ < 0,85$; Tundaan simpang rata-rata $T = 58,82$ det/skr dan Tingkat pelayanan = E. Dari hasil perhitungan BOK akibat tundaan waktu pada simpang didapat selisih yang cukup besar antara eksisting dan adanya alternatif sebesar Rp 8.709.193,00 /jam. Biaya akibat tundaan eksisting dengan alternatif didapatkan selisih total kerugian per hari sebesar Rp 90.359.243,15 (PDRB) dan Rp 49.256.191,29 (UMR) dengan penggunaan alternatif 4 menghasilkan biaya akibat tundaan lebih murah ketimbang kondisi eksisting simpang bersinyal ini.

Kata kunci : simpang bersinyal; tundaan simpang; biaya

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the performance of signalized intersections in existing conditions by applying several alternatives and calculating the costs due to delays at these signalized intersections. The data needed includes primary data and secondary data. On May 25, 27, and 29, 2021, primary data were collected from road geometric measurements, traffic flow surveys, side barriers, and queue lengths. Secondary data obtained from the Sidoarjo Transportation Service in the form of CCTV footage, average speed, Sidoarjo Regency population data, GRDP, and Sidoarjo Regency UMR. The performance data processing of signalized intersections in this study uses the 2014 Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI) method. From the results of the analysis of the performance of existing signalized intersections, the DJ value is more than 0.85; The average intersection delay is $T = 522.70$ sec/skr and Service level = F. Alternative solutions at signalized intersections are carried out by diverting all types of motorized vehicles from the East arm and several types of motorized vehicles from the North, South and West. From the alternative calculations, the results obtained are $DJ < 0.85$; The average intersection delay is $T = 58.82$ sec/cur and the service level = E. From the results of the BOK calculation, it is found that there is a fairly large difference between the existing and the alternative of Rp. 8,709,193.00/hour. The cost due to the existing delay with the alternative obtained the difference in total losses per day of Rp 90,359,243.15 (PDRB) and Rp 49,256,191.29 (UMR) with the use of alternative 4 resulting in costs due to delays being cheaper than the existing condition of this signalized intersection.

Keywords : signalized intersection; intersection delay; cost

1. PENDAHULUAN

Sidoarjo merupakan salah satu kota industri di Jawa Timur dengan populasi padat penduduk. Tidak menutup kemungkinan jika padatnya populasi penduduk di Sidoarjo berbanding lurus dengan kepemilikan kendaraan pribadi dan resiko terjadinya kemacetan disana.

Simpang Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran – Jalan Nangka termasuk dalam kategorisimpang bersinyal di Sidoarjo. Jalan Ahmad Yani dan Jalan Raya Buduran yang merupakan jalan utama di kota Sidoarjo mengakibatkan tingginya jumlah volume kendaraan pribadi maupun angkutan umum saat berada di simpang bersinyal ini.

Pada saat volume lalu lintas meningkat atau berubah karakteristiknya, persimpangan yang awalnya mampu menampung jumlah kendaraan yang ada, semakin lama akan menunjukkan ketidakmampuannya untuk melayani kebutuhan yang meningkat tersebut karena persimpangan adalah titik kritis dari sistem lalu lintas, tempat dimana kendaraan dari berbagai arah bertemu. Banyaknya kendaraan yang melewati simpang Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran – Jalan Nangka ini mengakibatkan terciptanya antrian dan tundaan apalagi pada saat jam pulang kerja dari arah Surabaya menuju Sidoarjo, begitu juga sebaliknya.

Simpang Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran – Jalan Nangka merupakan salah satu simpang bersinyal di Sidoarjo dengan tingkat kesibukan cukup tinggi. Tundaan lalu lintas bisa jadi mengakibatkan tidak lancarnya arus lalu lintas pada simpang bersinyal ini dan dapat menimbulkan kerugian dari segi biaya akibat tundaan yang disebabkan adanya interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang berlawanan. Lebar jalan pada salah satu lengan simpang yang kurang memadai juga dapat menyebabkan sulitnya kendaraan yang ingin melewati lengan simpang ini.

2. METODE

Kinerja Simpang Bersinyal

Metode yang dilakukan dalam memperoleh data waktu sinyal, pengaturan fase, hambatan samping dan panjang antrian saat survey langsung di lapangan yaitu:

1. Menentukan lokasi penelitian
2. Menyiapkan formulir data
3. Menyiapkan peralatan yang dibutuhkan
4. Menentukan waktu pengambilan data (25, 27 dan 29 Mei 2021 pukul 06.00 – 08.00 WIB dan 15.00 – 18.00 WIB)
5. Menentukan jumlah tenaga survei

Sedangkan metode yang dilakukan dalam memperoleh data volume dan arus lalu lintas yaitu dengan melihat dari CCTV DISHUB Sidoarjo yang terpasang di simpang bersinyal yang diteliti ini.

Seluruh data yang telah diperoleh lalu dimasukkan ke dalam perhitungan formulir SIS-I sampai SIS-V. Hasil yang diperoleh dari perhitungan analisis pada formulir SIS I sampai SIS – V yaitu:

1. SIS – I : Geometri jalan, pengaturan lalu lintas dan lingkungan jalan
2. SIS – II : Arus lalu lintas
3. SIS – III : Waktu antar hijau dan waktu hilang
4. SIS – IV : Pengaturan waktu isyarat dan Kapasitas
5. SIS – V : Panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan

Setelah dilakukan analisis dan diperoleh kinerja simpang bersinyal maka dilanjutkan dengan adanya rekayasa simpang guna meningkatkan kinerja simpang bersinyal kondisi eksisting. Berikut beberapa alternatif solusi dalam rekayasa simpang bersinyal ini yaitu:

1. Pengaturan ulang fase
2. Pengaturan ulang fase, penambahan lajur Belok Kiri Terus (BKIJT) dan pelebaran tiap lengan simpang bersinyal yang diteliti
3. Pengaturan ulang fase dan pengalihan kendaraan
4. Pengalihan kendaraan tanpa pengaturan ulang fase

Biaya Operasional Kendaraan (BOK) tundaan waktu dan antrian pada simpang

Lalu dilanjutkan dengan perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) tundaan waktu dan antrian pada simpang kendaraan yang melewati simpang bersinyal yang diteliti menggunakan metode *Pacific Consultant International* (PCI) dengan menghitung komponen – komponen yang dibutuhkan.

$Y = \text{Biaya komponen BOK (Rp/1000km)}$

$S = \text{Kecepatan kendaraan (km/jam)}$

Biaya konsumsi bahan bakar

$Y = ((0,04376 \times S^2) - (4,94078 \times S) + (207,0484)) \times \text{harga BBM}$

Biaya konsumsi pelumas mesin

$Y = (0,00037 \times S^2) - (0,0407 \times S) + (1,69613) \times \text{harga oli}$

Biaya pemakaian ban

$Y = (0,0008848 \times S) - (0,0045333) \times \text{harga ban} \times \text{jumlah ban}$

Biaya pemakaian suku cadang

$Y = ((0,0000064 \times S) + (0,0005567)) \times \text{harga kendaraan baru}$

Biaya Mekanik

$Y = ((0,00362 \times S) + (0,36267)) \times \text{upah mekanik}$

Biaya penyusutan

$Y = (1/(2,5 S + 100)) \times \text{harga kendaraan baru}$

Biaya modal

$Y = (150/(500 \times S)) \times \text{harga kendaraan baru}$

Asuransi

$Y = (38/(500 \times S)) \times \text{harga kendaraan baru}$

Nilai Waktu

Menurut Tamin (2000), nilai waktu adalah besarnya uang yang dibayarkan seseorang untuk menghemat satu satuan waktu perjalanan.

Menurut Kholis (2017), terdapat beberapa metode dalam perhitungan nilai waktu, yaitu sebagai berikut:

1. Metode penghasilan (*income approach*)

$$\text{Nilai waktu} = \frac{\text{PDRB per orang}}{\text{Jumlah waktu kerja setahun/orang}}$$
2. Metode pendapatan berdasarkan UMR

$$\text{Nilai waktu} = \frac{\text{UMR per orang per bulan}}{\text{Jumlah waktu kerja sebulan/orang}}$$

Biaya Tundaan Lalu Lintas

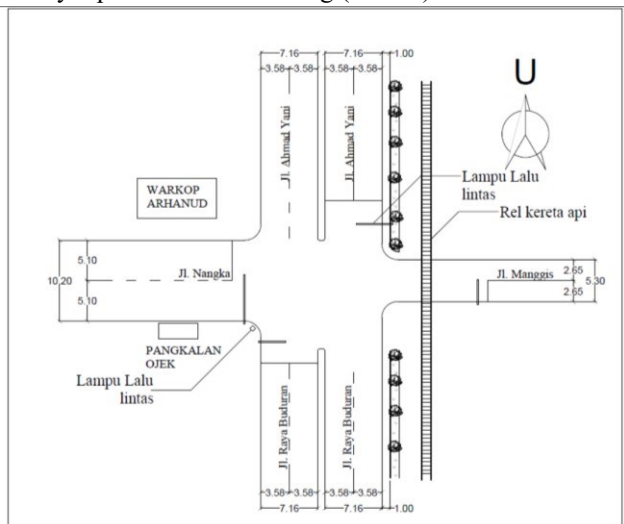
Setelah mendapatkan nilai waktu, dilanjutkan dengan perhitungan biaya tundaan lalu lintas dengan memasukkan data arus lalu lintas tiap lengan simpang bersinyal pada jam puncak dan dikali dengan tingkat keterisian kendaraan.

Menurut Nasution, Frederika, dan Wedagama (2012), biaya tundaan lalu lintas merupakan biaya perjalanan yang terjadi sebagai akibat adanya tambahan waktu perjalanan, yang disebabkan oleh pertambahan volume kendaraan yang mendekati atau melebihi kapasitas pelayanan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data

Data yang diperoleh dari survei langsung lapangan lalu diolah untuk nantinya digunakan dalam perhitungan kinerja simpang bersinyal. Berikut adalah sketsa geometrik simpang bersinyal di Jalan Ahmad Yani – Jalan Raya Buduran, Sidoarjo (gambar 1) beserta data geometrik simpang bersinyal pada kondisi eksisting (tabel 1).



Gambar 1. Geometrik simpang bersinyal di Jalan Ahmad Yani – Jalan Raya Buduran, Sidoarjo kondisi eksisting

Sumber: hasil kajian

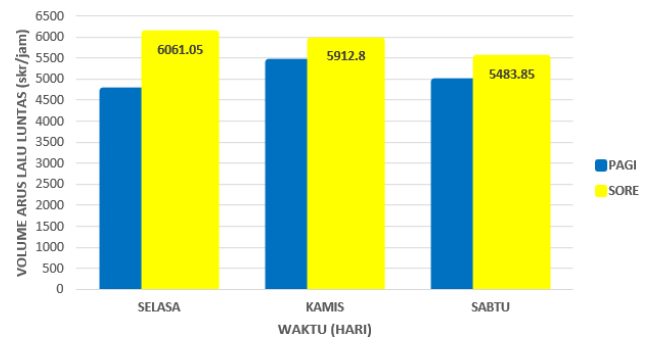
Tabel 1. Geometrik simpang bersinyal kondisi eksisting

Kode Pendekat	Nama Jalan	Lebar Pendekat (m)	Median (Y/T)	Tipe Lingkungan Jalan
U	Jl. Ahmad Yani	7,16	Y	KIM
S	Jl. Raya Buduran	7,16	Y	KIM
T	Jl. Manggis	2,65	T	KIM
B	Jl. Nangka	5,10	T	KIM

Sumber: hasil survei

Data yang akan diolah didapat dari perbandingan volume arus lalu lintas pada jam puncak pagi dan sore hari selama 3 hari (Selasa, Kamis dan Sabtu) pada tanggal 25, 27 dan 29 Mei 2021. Didapatkan volume arus lalu lintas paling tinggi hari Selasa, 25 Mei 2021 di simpang bersinyal yang diteliti saat kondisi eksisting sebesar 6061,05 skr/jam.

PERBANDINGAN VOLUME ARUS LALU LINTAS JAM PUNCAK KONDISI EKSTING



Gambar 2. Diagram perbandingan volume arus lalu lintas jam puncak kondisi eksisting

Sumber: Hasil survei

Pengolahan data hambatan samping

Data hambatan samping penelitian yang diperoleh dari survei langsung di lapangan kemudian diolah untuk menentukan kelas hambatan samping pada simpang bersinyal.

Dari hasil pengolahan data hambatan samping pada simpang bersinyal di Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran, Sidoarjo didapatkan nilai sebesar 103,5/jam,100m (Jalan Ahmad Yani) dan 164/jam,100m (Jalan Raya Buduran) yang artinya masuk ke dalam kelas hambatan samping Rendah (R). Sedangkan untuk Jalan Manggis dan Jalan Nangka didapatkan nilai sebesar 52,8 jam/100m dan 65,5 jam/100m yang artinya masuk ke dalam kelas hambatan samping Sangat Rendah (SR).

Tabel 2. Hasil perhitungan kelas hambatan samping, frekuensi kejadian /jam,100m

Jenis Hambatan Samping Utama	Bobot	Jumlah Kejadian	Frekuensi Berbobot	Frekuensi Kejadian
Pejalan Kaki	0,5	49	24,5	/jam,100m
Kendaraan Parkir dan Kendaraan Berhenti	1,0	25	25	/jam,100m
Kendaraan Masuk/Keluar sisi samping jalan	0,7	159	111,3	/jam,100m
Arus Kendaraan Lambat	0,4	8	3,2	/jam,100m
Total			164	/jam,100m

Sumber: hasil perhitungan

Pengolahan data waktu sinyal kondisi eksisting

Data waktu sinyal kondisi eksisting yang didapat dari hasil survei langsung di lapangan harus diolah untuk menentukan waktu siklus pada simpang bersinyal yang diteliti.

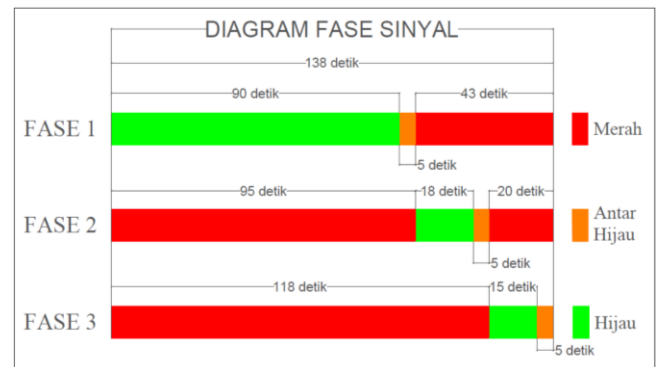
Tabel 3. Data waktu sinyal simpang bersinyal kondisi eksisting

Jalan	Waktu merah (detik)	Waktu kuning (detik)	Waktu hijau (detik)	Antarhijau (detik)
Ahmad Yani (Lurus dan Bki)	43	3	90	5
Raya Buduran (Lurus dan Bki)	43	3	90	5
Ahmad Yani (Belok Kanan)	118	3	15	5
Raya Buduran (Belok Kanan)	118	3	15	5
Manggis	95	3	18	5
Nangka	95	3	18	5

Sumber: hasil survei

Terdapat 3 fase pada simpang bersinyal yang diteliti. Jalan Ahmad Yani dan Jalan Raya Buduran memiliki dua fase berbeda dalam satu waktu siklus. Pergerakan lurus dan belok kiri pada Jalan Ahmad Yani dan Jalan Raya Buduran termasuk dalam fase 1. Sedangkan untuk pergerakan belok kanan pada Jalan Ahmad Yani dan Jalan Raya Buduran termasuk dalam fase 3. Jalan Manggis dan Nangka untuk

pergerakan lurus, belok kiri dan belok kanan termasuk dalam fase 2.



Sumber: hasil kajian

Analisa kinerja simpang bersinyal

Berikut ini hasil analisa dan pembahasan kinerja simpang bersinyal baik kondisi eksisting maupun setelah adanya alternatif – alternatif yang nantinya berpengaruh pada tingkat kinerja simpang bersinyal yang diteliti.

a. Analisa kinerja simpang bersinyal kondisi eksisting

Dari hasil perhitungan simpang bersinyal kondisi eksisting menunjukkan bahwa kinerja simpang bersinyal di Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran – Jalan Nangka, Sidoarjo tidak memenuhi ketentuan PKJI 2014 dimana Derajat Kejenuhan (D_j) yang disyaratkan adalah $\leq 0,85$; tetapi pada hasil perhitungan analisa simpang bersinyal diatas didapatkan bahwa Derajat Kejenuhan (D_j) masih lebih dari 0,85 selain pendekat Utara. Simpang bersinyal ini memiliki Tundaan simpang rata – rata sebesar 522,70 det/skr dan termasuk dalam tingkat pelayanan F pada simpang. Untuk jalan kolektor primer tingkat pelayanan yang diinginkan menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 adalah B dan untuk jalan kolektor sekunder adalah C.

Tabel 4. Analisa simpang bersinyal pada kondisi eksisting

Lengan	U	S	T	B
Rasio Arus	1,854			
Waktu Hijau (detik)	105	105	18	18
Kapasitas (skr/jam)	3223,13	2298,57	201,33	538,40
DJ	0,76	0,96	3,17	1,00
P. Antrian (m)	113	84	58	83
Tundaan rata-rata (det/skr)	522,70			
Tingkat Pelayanan	F			

Sumber: hasil perhitungan

b. Analisa kinerja simpang bersinyal (Alternatif 1)

Dari hasil perhitungan simpang bersinyal alternatif 1 menunjukkan bahwa kinerja simpang bersinyal di Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran – Jalan Nangka, Sidoarjo masih belum memenuhi ketentuan PKJI 2014 dimana Derajat Kejenuhan (D_j) yang disyaratkan adalah $\leq 0,85$; tetapi pada hasil perhitungan analisa simpang bersinyal diatas didapatkan bahwa Derajat Kejenuhan (D_j) masih lebih dari 0,85. Simpang bersinyal ini memiliki Tundaan rata – rata sebesar 764,95 det/skr dan termasuk dalam tingkat pelayanan F pada simpang. Untuk jalan kolektor primer tingkat pelayanan yang diinginkan menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 adalah B dan untuk jalan kolektor sekunder adalah C.

Tabel 5. Analisa kinerja simpang bersinyal pada Alternatif 1

Lengan	U	S	T	B
Rasio Arus		1,580		
Waktu Hijau (detik)	39	35	25	11
Kapasitas (skr/jam)	1266,86	1143,65	205,87	190,92
DJ	1,87	1,87	1,87	1,87
P. Antrian (m)	379	319	132	55
Tundaan rata-rata (det/skr)		764,95		
Tingkat Pelayanan		F		

Sumber: hasil perhitungan

c. Analisa kinerja simpang bersinyal (Alternatif 2)

Dari hasil perhitungan simpang bersinyal alternatif 2 menunjukkan bahwa kinerja simpang bersinyal di Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran – Jalan Nangka, Sidoarjo masih belum memenuhi ketentuan PKJI 2014 dimana Derajat Kejenuhan (D_j) yang disyaratkan adalah $\leq 0,85$; tetapi pada hasil perhitungan analisa simpang bersinyal diatas didapatkan bahwa Derajat Kejenuhan (D_j) masih lebih dari 0,85. Simpang bersinyal ini memiliki Tundaan rata – rata sebesar 284,15 det/skr dan termasuk dalam tingkat pelayanan F pada simpang. Untuk jalan kolektor primer tingkat pelayanan yang diinginkan menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 adalah B dan untuk jalan kolektor sekunder adalah C.

Tabel 6. Analisa kinerja simpang bersinyal pada Alternatif 2

Lengan	U	S	T	B
Rasio Arus		1,259		
Waktu Hijau (detik)	48	39	13	10

Kapasitas (skr/jam)	1557,34	1259,49	146,67	176,06
DJ	1,49	1,58	1,49	1,20
P. Antrian (m)	606	576	137	41
Tundaan rata-rata (det/skr)		284,15		
Tingkat Pelayanan		F		

Sumber: hasil perhitungan

d. Analisa kinerja simpang bersinyal (Alternatif 3)

Dari hasil perhitungan simpang bersinyal alternatif 3 menunjukkan bahwa kinerja simpang bersinyal di Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran – Jalan Nangka, Sidoarjo masih belum memenuhi ketentuan PKJI 2014 dimana Derajat Kejenuhan (D_j) yang disyaratkan adalah $\leq 0,85$; tetapi pada hasil perhitungan analisa simpang bersinyal diatas didapatkan bahwa Derajat Kejenuhan (D_j) masih lebih dari 0,85. Simpang bersinyal ini memiliki Tundaan rata – rata sebesar 107,96 det/skr dan termasuk dalam tingkat pelayanan F pada simpang. Untuk jalan kolektor primer tingkat pelayanan yang diinginkan menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 adalah B dan untuk jalan kolektor sekunder adalah C.

Tabel 7. Analisa kinerja simpang bersinyal pada Alternatif 3

Lengan	U	S	T	B
Rasio Arus		0,900		
Waktu Hijau (detik)	38	31	26	15
Kapasitas (skr/jam)	1244,90	983,91	228,00	254,76
DJ	1,15	1,33	1,06	1,11
P. Antrian (m)	175	222	136	78
Tundaan rata-rata (det/skr)		107,96		
Tingkat Pelayanan		F		

Sumber: hasil perhitungan

e. Analisa kinerja simpang bersinyal (Alternatif 4)

Dari hasil perhitungan simpang bersinyal alternatif 4 menunjukkan bahwa kinerja simpang bersinyal di Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran – Jalan Nangka, Sidoarjo memenuhi ketentuan PKJI 2014 dimana Derajat Kejenuhan (D_j) yang disyaratkan adalah $\leq 0,85$ dengan hasil perhitungan analisa simpang bersinyal diatas didapatkan bahwa Derajat Kejenuhan (D_j) sebesar 0,81. Simpang bersinyal ini memiliki Tundaan rata – rata sebesar 58,52 det/skr dan termasuk dalam tingkat pelayanan E pada simpang. Untuk jalan kolektor primer tingkat pelayanan yang

diinginkan menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 adalah B dan untuk jalan kolektor sekunder adalah C.

Tabel 8. Analisa kinerja simpang bersinyal pada Alternatif 4

Lengan	U	S	T	B
Rasio Arus		0,689		
Waktu Hijau (detik)	33	26	0	14
Kapasitas (skr/jam)	1593,62	1259,51	0	340,36
DJ	0,83	0,83	0	0,83
P. Antrian (m)	114	92	0	37
Tundaan rata-rata (det/skr)		58,52		
Tingkat Pelayanan		E		

Sumber: hasil perhitungan

Analisa dan pembahasan biaya operasional kendaraan (bok) tundaan waktu dan antrian pada simpang

Berikut ini hasil analisa dan pembahasan biaya operasional kendaraan (BOK) akibat tundaan waktu pada simpang baik kondisi eksisting maupun setelah adanya alternatif – alternatif yang nantinya berpengaruh pada hasil perhitungan biaya tersebut.

Tabel 9. Hasil perhitungan bok tundaan waktu dan antrian pada simpang

Kondisi	Total bok (Rp/jam)
Eksisting	11.171.585,67
Alternatif 1	37.002.765,12
Alternatif 2	60.813.783,90
Alternatif 3	5.893.911,41
Alternatif 4	2.462.392,67

Sumber: hasil perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan biaya operasional kendaraan akibat tundaan pada kondisi eksisting diperoleh bahwa pengendara roda 4 (mobil penumpang) dalam melalui simpang bersinyal ini akan mengeluarkan biaya operasional kendaraan sebesar Rp 11.171.585,67 /jam. Sedangkan biaya operasional kendaraan setelah adanya beberapa alternatif dipilih alternatif 4 dengan biaya sebesar Rp 2.462.392,67/jam dan memiliki selisih Rp 8.709.193,00 /jam dari kondisi eksisting.

Analisa dan pembahasan biaya tundaan

Berikut ini hasil analisa dan pembahasan biaya tundaan baik kondisi eksisting maupun setelah adanya alternatif – alternatif yang nantinya berpengaruh pada hasil perhitungan biaya tersebut.

Tabel 10. Biaya tundaan berdasarkan PDRB

Kondisi	Kerugian/hari (Rp)
---------	--------------------

Alternatif 1	186.558.263,19
Alternatif 2	74.121.084,75
Alternatif 3	10.118.629,22
Alternatif 4	4.750.999,54

Sumber: hasil perhitungan

Tabel 11. Biaya tundaan berdasarkan UMR

Kondisi	Kerugian/hari (Rp)
Eksisting	51.846.033,06
Alternatif 1	101.695.733,37
Alternatif 2	40.404.525,34
Alternatif 3	5.515.817,96
Alternatif 4	2.589.841,77
Eksisting	95.110.242,69

Sumber: hasil perhitungan

Didapatkan bahwa selisih antara biaya tundaan pada kondisi eksisting dengan adanya alternatif 4 memiliki selisih yang cukup tinggi, baik biaya tundaan berdasarkan PDRB maupun UMR. Adanya alternatif yang disajikan diatas dapat mengurangi biaya tundaan pada simpang bersinyal ini secara signifikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, didapat kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Kinerja simpang bersinyal kondisi eksisting di Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran – Jalan Nangka, Sidoarjo dengan waktu siklus 138 detik dan waktu hilang total 15 detik memiliki $DJ > 0,85$ selain pendekat Utara yang memiliki $DJ < 0,85$ yaitu sebesar 0,76; memiliki nilai tundaan rata – rata simpang sebesar 522,70 det/skr yang menjadikan simpang bersinyal ini memiliki tingkat pelayanan F berdasarkan Peraturan Menteri No. 96 Tahun 2015.
2. Pemilihan alternatif yang paling sesuai untuk kinerja simpang bersinyal di Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran – Jalan Nangka, Sidoarjo adalah alternatif 4, dengan $DJ < 0,85$ yaitu sebesar 0,83 dengan meningkatnya tingkat pelayanan menjadi dari F menjadi E.
3. Total biaya operasional kendaraan akibat tundaan pada simpang kondisi eksisting sebesar Rp 11.171.585,67 /jam. Sedangkan biaya operasional kendaraan setelah adanya beberapa alternatif dipilih alternatif 4 dengan biaya sebesar Rp 2.462.392,67 /jam dan memiliki selisih Rp 8.709.193,00 /jam dari kondisi eksisting. Ini menunjukkan bahwa adanya salah satu alternatif (alternatif 4) dapat mengurangi total biaya operasional kendaraan yang dikeluarkan pengendara dalam melalui simpang bersinyal ini dengan lebih murah.
4. Biaya akibat Tundaan lalu lintas simpang bersinyal di Jalan Ahmad Yani – Jalan Manggis – Jalan Raya Buduran

– Jalan Nangka, Sidoarjo pada kondisi eksisting memiliki selisih yang cukup besar dengan setelah diterapkannya alternatif 4 yaitu sebesar Rp 90.359.243,15 berdasarkan PDRB dan Rp 49.256.191,29 berdasarkan UMR. Diterapkannya alternatif 4 menjadikan biaya akibat tundaan lalu lintas di simpang bersinyal ini menjadi lebih sedikit kerugian per harinya ketimbang pada kondisi eksisting.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pekerjaan Umum (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta
- [2] Kementrian Pekerjaan Umum (2014). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia
- [3] Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2015). Nomor PM 96 Tahun 2015 Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Indonesia
- [4] Pemerintah Pusat (2004). Undang Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan. Indonesia
- [5] Anonim (2000). Metode Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan. *Pacific Consultant International* (PCI)
- [6] Rahmawati, Eka Fauziah (2020). Produk Domestik Region Bruto (PDRB) Kabupaten Sidoarjo Menurut Pengeluaran Tahun 2016 - 2020. Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo
- [7] Fijannatu, Y (2015). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Bentoel Karanglo-Singosari Malang). Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Malang
- [8] Kholifie, MAF (2019). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) pada Simpang Kebonagung Kota Pasuruan. Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Malang
- [9] Kholis, Nur (2017). Penetapan Waktu Siklus Optimum APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) dengan Menggunakan *Controller Multi Program*. Jurusan Magister Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [10] Nasution, Abdawal Pratama, Ariany Frederika, and Priyantha DM. "W. (2012). "Analisis Biaya Perjalanan Akibat Tundaan Lalu Lintas". Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil 2: 1-6.