

**EVALUASI KINERJA SIMPANG TAK BERSINYAL
SIMPANG SAPTORENGGO KABUPATEN MALANG
(Studi Kasus : Jl. Bugis – Jl. Saptorenggo – Jl. Raya Bamban)**

Pamungkas Hutapea¹, Nusa Sebayang², Annur Ma'ruf³
¹²³⁾ Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
Email: pamungkashutapea11@gmail.com¹

ABSTRACT

An intersection is a place where vehicles from various directions meet and change direction. The high level of congestion is one of the causes of high transportation problems in Malang Regency. One of them is at the Saptorenggo intersection (Jalan Bugis - Jalan Saptorenggo - Jalan Raya Bamban), Pakis District, Malang Regency. Congestion that occurs at this unsignalized intersection often causes high queues and delays. For this reason, it is necessary to evaluate the performance of the Saptorenggo intersection and find solutions to improve the level of service at the intersection. Primary data collection includes surveys of traffic volume, to determine traffic flows that occur at intersections, surveys, surveys of queue lengths, geometric surveys of intersections. The survey was carried out for 3 days, namely Monday 29 March 2021, Wednesday 31 March 2021, and Saturday 3 April 2021. While secondary data consisting of data on the population of Malang Regency, and data on the number of vehicle growth in Malang Regency obtained from the Malang Regency BPS website. The analysis method uses the 2014 PKJI. The results of the analysis show that the performance of the existing intersection is the value of the degree of saturation of the intersection of 1.12, the delay value is 26.28 with a service level of D. Efforts to improve the performance of the intersection have been carried out by several alternatives, the most effective alternative is to install APILL using 3 signal phases and get the value the degree of saturation is 0.84, the delay value is 22.729 and the service level at the intersection is C. The results obtained have met the service level requirements for primary local roads. The plan for setting the cycle length of the traffic light signal is 97 seconds in the morning, 78 seconds in the afternoon and 140 seconds in the afternoon.

Keywords : APILL, Signalized Intersections, Road Crossing Performance.

ABSTRAK

Persimpangan merupakan tempat kendaraan dari berbagai arah bertemu dan merubah arah. Tingginya tingkat kemacetan merupakan salah satu penyebab tingginya permasalahan transportasi di Kabupaten Malang. Salah satunya adalah pada simpang Saptorenggo (Jalan Bugis – Jalan Saptorenggo – Jalan Raya Bamban), Kecamatan Pakis Kabupaten Malang. Kemacetan yang terjadi pada simpang tak bersinyal ini sering kali menimbulkan antrian dan tundaan yang cukup tinggi. Untuk itu perlu dilakukan evaluasi kinerja simpang Saptorenggo dan mendapatkan solusi untuk meningkatkan tingkat pelayanan simpang. Pengumpulan data primer meliputi survei volume lalu lintas, untuk mengetahui arus lalu lintas yang terjadi pada persimpangan, survei, survei panjang antrian, survei geometrik simpang. Survei dilaksanakan selama 3 hari yaitu Senin 29 Maret 2021, Rabu 31 Maret 2021, dan Sabtu 3 April 2021. Sedangkan data sekunder yang terdiri dari data jumlah penduduk Kabupaten Malang, dan data jumlah pertumbuhan kendaraan Kabupaten Malang yang didapat dari laman BPS Kabupaten Malang. Metode analisa menggunakan PKJI Tahun 2014. Hasil analisis didapatkan kinerja simpang eksisting yaitu nilai derajat kejenuhan simpang sebesar 1,12, nilai tundaan sebesar 26,28 dengan tingkat pelayanan D. Upaya perbaikan kinerja simpang dilakukannya beberapa alternatif, didapatkan alternatif paling efektif adalah dilakukannya pemasangan APILL menggunakan 3 fase sinyal dan didapat nilai derajat kejenuhan 0,84, nilai tundaan sebesar 22,729 dan tingkat pelayanan pada simpang menjadi C. Hasil yang didapat tersebut sudah memenuhi persyaratan tingkat pelayanan untuk jalan lokal primer. Adapun rencana pengaturan waktu panjang siklus sinyal lampu isyarat lalu lintas adalah pada pagi hari 97 detik, pada siang hari 78 detik dan pada sore hari 140 detik.

Kata kunci : APILL, Kinerja Simpang, Manajemen Lalu Lintas..

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Malang merupakan daerah yang berkembang relatif cepat dan salah satu daerah di Pulau Jawa yang memiliki penduduk cukup tinggi. Aktivitas sosial, ekonomi, dan budaya ditandai dengan kegiatan konsumtif, produktif, pelayanan umum, jasa distribusi dan pemerintahan. Selain itu Kabupaten Malang merupakan daerah penyangga Kota Malang. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur pada tahun 2020, proyeksi jumlah penduduk Kabupaten Malang adalah sebesar 2.619.975 jiwa (malangkab.bps.go.id), ukuran Kabupaten Malang termasuk kategori Besar (1,0 – 3,0 juta jiwa). Semakin berkembangnya sektor-sektor di atas dan meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan masalah kompleks pada lalu lintas di Kabupaten Malang. Hal ini dapat dilihat dari semakin banyaknya kendaraan bermotor yang memadati ruas-ruas jalan.

Persimpangan adalah pertemuan dari ruas-ruas jalan dimana kendaraan saling bergerak antara satu dengan kendaraan lainnya, persimpangan merupakan daerah yang sangat potensial akan terjadinya konflik antar kendaraan. Suatu persimpangan yang tidak diatur dengan baik sangat riskan terjadinya antrian kendaraan dan tundaan. Sehingga pengaturan simpang sangat dibutuhkan untuk mengurai kemacetan khususnya pada jam-jam sibuk

Salah satu lokasi di Kabupaten Malang yang mengalami permasalahan lalu-lintas adalah simpang empat Jl Bugis – Jl Saptorenggo – Jl Raya Bambi. Beberapa pusat kegiatan disekitar adalah Industri, Exit Tol Pakis, Taman Wisata Wadit dan lain-lain. Menurut studi *Lolo Karina Cibro (2018)* Simpang empat Saptorenggo diketahui tingkat pelayanan simpang atau level of service (Los) sebesar F, dimana menurut PM 96 2015 yang berarti arus tertahan terjadi antrian yang panjang. Volume lalu lintas rendah dan kepadatan lalu lintas tinggi. Pada simpang tersebut sering terjadi permasalahan kepadatan kendaraan pada jam jam sibuk, khususnya pagi hari dan sore hari sekitar pukul 6:30 hingga 8:30 pagi dan 17:00 hingga 19:00 sore. Padatnya simpang tersebut dapat disebabkan karena Jalan Raya Bugis merupakan jalur penghubung antara Kab Malang dengan Kota Malang Sebagai salah satu Jalan Utama, sedangkan Jalan Saptorenggo merupakan jalur alternatif dari arah Pakis menuju Singosari. Tujuan pergerakan pada persimpangan tersebut lebih ke arah aktivitas sosial seperti pergerakan warga Kabupaten Malang yang bekerja ataupun bersekolah di Kota Malang, dan kegiatan jasa distribusi antara Kota Malang dan Kabupaten Malang. Sehingga kondisi tersebut dapat menyebabkan persimpangan memiliki arus lalu lintas yang tinggi. Dari kondisi simpang Jalan Bugis – Jalan Saptorenggo – Jalan Raya Bambi yang telah dipaparkan dapat dilihat bahwa

simpang tersebut mengalami masalah yang cukup kompleks. Jika terjadi masalah kemacetan yang cukup parah tentu saja dapat menghambat pergerakan lalu lintas yang berdampak pada terhambatnya laju ekonomi di daerah itu sendiri.

Tidak adanya APILL (alat pemberi isyarat lalu lintas) membuat lalu lintas di persimpangan semakin tidak teratur, keselamatan pengguna jalan pun menjadi terancam. Oleh sebab itu, dengan permasalahan yang begitu kompleks perlu dilaksanakan studi pada persimpangan tersebut Dengan melakukan analisis terhadap kinerja simpang eksisting, rencana solusi dan prediksi pertumbuhan kendaraan pada tahun-tahun berikutnya. Maka itu diambil judul “EVALUASI KINERJA SIMPANG TAK BERSINYAL SIMPANG SAPTORENGGO KABUPATEN MALANG”. Jika dilihat dari studi-studi terdahulu yang membahas mengenai kinerja simpang terdapat perbedaan dimana studi terdahulu hanya meninjau kondisi simpang dalam kondisi eksisting dan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Sedangkan studi ini menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 serta memperhitungkan prediksi kinerja 5 tahun kedepan.

2. DASAR TEORI

Simpang

Simpang adalah lokasi atau area dimana dua atau lebih jalan raya yang berpencair, bergabung, bersilangan dan berpotongan, termasuk fasilitas jalan dan sisi jalan untuk pergerakan lalu lintas pada daerah itu. Fungsi operasional utama dari simpang adalah untuk menyediakan tempat untuk melakukan perpindahan atau perubahan arah laju kendaraan.

Klasifikasi Simpang

Simpang menurut jenisnya dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian menurut (C. Jotin Khisty; B.Kent Lall, 2005, yaitu:

1. Persimpangan Sebidang (Intersection At Grade)
persimpangan di mana dua jalan raya atau lebih bergabung, dengan tiap jalan raya mengarah keluar dari sebuah persimpangan dan membentuk bagian darinya. Jalan-jalan ini disebut kaki persimpangan. Persimpangan seperti ini mempunyai keterbatasan dan kegunaan sendiri
2. Simpang tak Sebidang (Interchange)
Lajur lalu-lintas yang dipisahkan dalam tingkatan atau ketika dua jalan raya bersimpangan satu sama lain pada bidang yang berbeda, tanpa hubungan, pengaturan disebut pemisahan bidang

Pengaturan Simpang

Pengaturan simpang dilihat dari segi jenis jenis pengendalian persimpangan diantaranya (C. Jotin Khisty; B.Kent Lall, 2005; 281) yaitu:

1. Persimpangan tanpa rambu, dimana pengemudi kendaraan yang menuju persimpangan tersebut

- harus mengamati keadaan agar dapat mengatur kecepatan yang diperlukan sebelum mencapai.
2. Peralatan Lampu Lalu-lintas, dimana Lampu lalu-lintas adalah sebuah alat elektrik (dengan sistem pengatur waktu) yang memberikan hak jalan pada satu arus lalu-lintas atau lebih sehingga aliran lalu-lintas ini bisa melewati persimpangan dengan aman dan efisien.

Yang dijadikan kriteria bahwa suatu simpang sudah harus dipasang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (Dephub, 1998; 51) adalah:

1. Arus minimal lalu lintas yang menggunakan simpang rata-rata di atas 750 kendaraan/jam, terjadi secara kontinu 8 jam sehari.
2. Waktu tunggu atau hambatan rata-rata kendaraan di simpang melampaui 30 detik.
3. Simpang digunakan oleh rata-rata lebih dari 175 pejalan kaki/jam, terjadi secara kontinu 8 jam sehari.
4. Sering terjadi kecelakaan pada simpang yang bersangkutan.
5. Pada daerah yang bersangkutan dipasang suatu sistem pengendalian lalu lintas terpadu (Area Traffic Control System / ATCS), sehingga setiap simpang yang termasuk didalam daerah yang bersangkutan harus dikendalikan dengan alat pemberi isyarat lalu lintas.

Kinerja Simpang Tak Bersinyal

Kinerja Simpang menurut PKJI 2014 didefinisikan sebagai ukuran kuantitatif yang menerangkan bahwa kondisi operasional fasilitas simpang. Kinerja suatu simpang dapat diukur dengan parameter-parameter berikut :

1. Kapasitas (C), Kapasitas didefinisikan sebagai arus lalu lintas total maksimum yang masuk simpang yang dapat dipertahankan selama waktu paling sedikit satu jam dalam kondisi cuaca dan geometrik yang ada pada saat itu (Eksisting), dalam satuan kend/jam atau skr/jam.
2. Derajat Kejenuhan (D_j), Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan . Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.
3. Tundaan (T), Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan bagi pengemudi untuk melalui simpang apabila dibandingkan dengan pengemudi yang melalui lintasan tanpa simpang. Tundaan dibagi menjadi dua yaitu pertama TLL (tundaan lalu lintas) adalah tundaan yang disebabkan oleh interaksi antara kendaraan dalam arus lalu lintas. Dibedakan TLL dari seluruh simpang, dari jalan mator saja,

atau jalan minor saja. Kedua TG (tundaan geometrik) adalah tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan yang terganggu saat kendaraan-kendaraan membelok pada suatu Simpang dan/atau berhenti.

4. Panjang Antrian (P_A), panjang antrian dinyatakan dalam rentang satuan meter yang merupakan bentang kendaraan yang berhenti dari titik keluar simpang hingga titik terakhir antrian kendaraan yang berhenti dalam sebuah pendekat simpang.

Kinerja Simpang

Kinerja simpang dapat ditentukan dengan tingkat pelayanan. Pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015

Tabel 1. Kriteria tingkat pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik)
A	<5
B	5-15
C	>15-25
D	>25-40
E	>40-60
F	>60

Sumber: PKJI 2014

Tingkat pelayanan merupakan kualitas berdasarkan hasil ukuran, yang penilaiannya tergantung pada beberapa faktor pengaruh, diantaranya kecepatan dan waktu perjalanan, gangguan lalu lintas, keamanan, layanan dan biaya operasional kendaraan Tingkat pelayanan simpang dipengaruhi beberapa faktor

1. Kecepatan atau Waktu perjalanan
2. Hambatan atau halangan lalu lintas (misalnya: jumlah berhenti per kilometer kelambatan kecepatan secara tiba-tiba)
3. Kebebasan tiba-tiba
4. Kenyamanan pengemudi

Pengolahan Data

Setelah data berhasil dikumpulkan menggunakan teknik pengumpulan data yang tepat, kegiatan selanjutnya adalah mengolah atau menganalisis data. Pengolahan data dilakukan berdasarkan pedoman PKJI 2014.

Kapasitas Simpang (C)

Kapasitas Simpang dihitung untuk total arus yang masuk dari seluruh lengan Simpang dan didefinisikan sebagai perkalian antara kapasitas dasar (C_0) yaitu kapasitas pada kondisi ideal, dengan faktor-faktor koreksi yang memperhitungkan perbedaan kondisi lingkungan terhadap kondisi idealnya.

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BKI} \times F_{BKa} \times F_{Rmi}$$

Dimana :

C kapasitas Simpang , skr/jam

C_0 : kapasitas dasar Simpang, skr/jam

F_{LP} : faktor koreksi lebar rata-rata pendekat

F_M : faktor koreksi tipe median

FUK : faktor koreksi ukuran kota
FHS : faktor koreksi hambatan samping
FBKi : faktor koreksi rasio arus belok kiri
FBKa : faktor koreksi rasio arus belok kanan
FRmi : faktor koreksi rasio arus dari jalan minor

Derajat Kejenuhan (D_j)

Derajat kejenuhan (D_j) di definisikan sebagai rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$D_j = q/c$$

Dimana :

D_j : derajat kejenuhan

Q : semua arus lalu lintas masuk simpang skr/jam.

C : kapasitas Simpang, skr/jam

Tundaan (T)

undaan terjadi karena dua hal, yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometrik (T_G). T_{LL} adalah tundaan yang disebabkan oleh interaksi antara kendaraan dalam arus lalu lintas. Dibedakan T_{LL} dari seluruh simpang, dari jalan mator saja, atau jalan minor saja. T_G adalah tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan yang terganggu saat kendaraankendaraan membelok pada suatu Simpang dan/atau berhenti.

$$T = T_{LL} + T_G$$

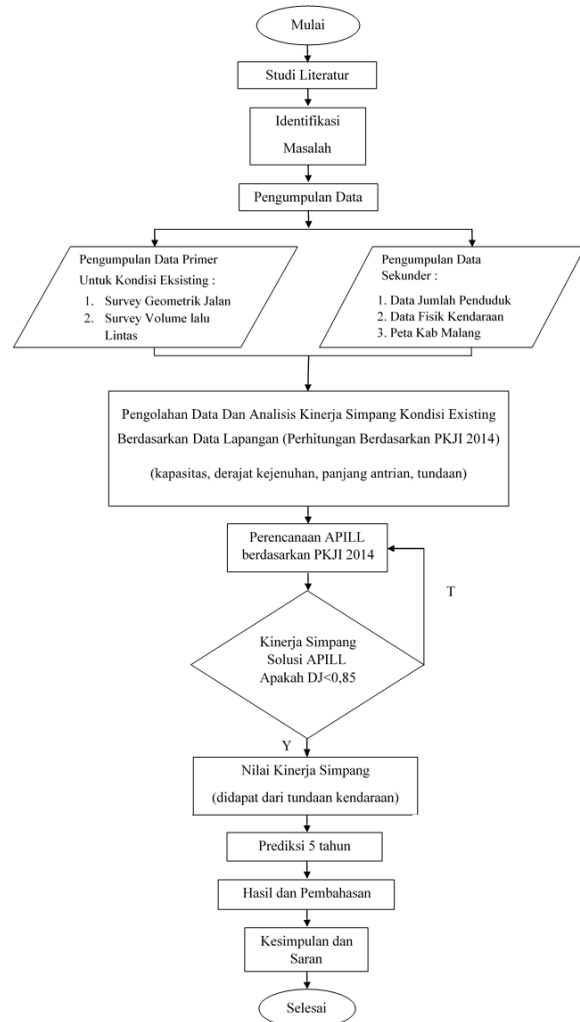
Dimana :

T_{LL} : Tundaan lalu-lintas

T_G : Tundaan geometrik

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja simpang, tingkat pelayanan di simpang Saptorenggo, dan memprediksi kemampuan simpang pada 5 tahun mendatang sejak penelitian ini dimulai. Metode analitis yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014. Analisis data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk menggabungkan dan mengkalkulasi data-data yang diperoleh dari survey lapangan. Tahapan perhitungan dapat dilihat pada *flowchart* berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

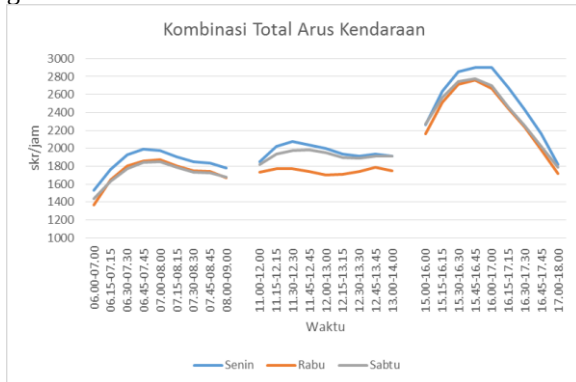
4. PEMBAHASAN

Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang memalui persimpangan yang di tinjau dengan satuan kend/jam. Komposisi lalu-lintas kendaraan yang disurvei pada simpang dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. LV = Light Vehicle (Kendaraan Ringan) Jenis Kendaraan : Mobil penumpang, termasuk kendaraan roda-3, dengan panjang tidak lebih dari atau sama dengan 5,5m (Sedan, Jeep, Station wagon, Opelet, Minibus, Mikrobus, Pickup,Truk Kecil)
2. HV = Heavy Vehicle (Kendaraan Berat) Jenis Kendaraan : Bus dan Truk 2 sumbu, dengan panjang tidak lebih dari atau sama dengan 12,0 m (Bus kota, Truk sedang) (meliputi bis, truk 2 as dan truk 3 as)
3. MC = Motorcycle (Sepeda Motor) Jenis Kendaraan : Kendaraan bermotor roda 2 dengan panjang tidak lebih dari 2,5m (Sepeda motor, Scooter, Motor gede (moge))

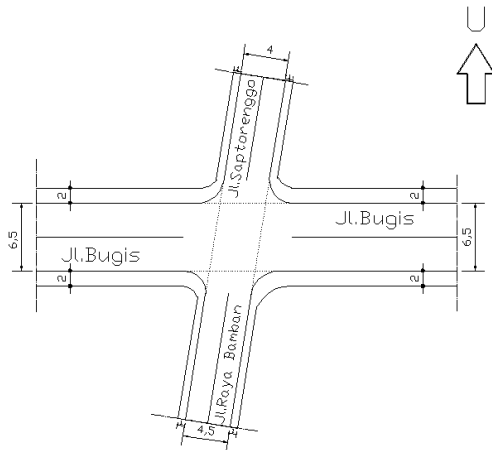
Dari hasil survei di lapangan untuk mengambil data primer yang dilakukan 3 hari dalam seminggu, yaitu pada hari Senin, 29 Maret 2021 dan Rabu, 31 Maret 2021 dan Sabtu 3, April 2021. Setiap kali survei dalam satu hari dibagi menjadi 3 sesi waktu (periode) yaitu sesi pagi pada pukul 06.00 – 09.00 WIB, sesi siang pukul 11.00 – 14.00 WIB, dan sesi sore pukul 15.00 – 18.00 WIB. Diperoleh hasil seperti pada grafik kombinasi:



Gambar 2. Grafik Kombinasi Total Arus Kendaraan

Geometrik Simpang

Pada simpang Saptorenggo merupakan simpang yang memiliki 4 lengan dengan geometrik seperti pada gambar berikut..



. Gambar 3. Geometrik Simpang

Analisis Jam Puncak

Analisis jam puncak didapatkan dari hasil perhitungan volume lalu lintas dan diambil nilai tertingginya. Jam puncak dibagi menjadi tiga macam yaitu jam puncak pagi, jam puncak siang, dan jam puncak sore. Berikut adalah contoh tabel analisa jam puncak pagi, siang, dan sore pada hari Senin 29 Maret 2021.

Tabel 1. Volume Arus Lalu Lintas, 29 Maret 2021

Periode Waktu (WIB)	Jumlah Volume Simpang (skr/jam)				Total Kendaraan (skr/jam)
	Timur	Utara	Selatan	Barat	
06.00-07.00	706,4	214	191,6	422,2	1534,2
06.15-07.15	802,8	265,6	217	481,6	1767
06.30-07.30	856,4	267,8	237,4	562,4	1924
06.45-07.45	864,6	256	250	619	1989,6
07.00-08.00	857	223	252,2	645,2	1977,4
07.15-08.15	783,6	196,4	251	676	1907
07.30-08.30	759,4	187,4	241,2	663,8	1851,8
07.45-08.45	736	179,2	245,6	676,4	1837,2
08.00-09.00	695,4	184,4	240,6	661,8	1782,2
11.00-12.00	787	114,4	160,2	789,4	1851
11.15-12.15	856,2	144,2	186	833,2	2019,6
11.30-12.30	874	162,6	201,6	839,4	2077,6
11.45-12.45	873,4	156,2	218,6	791	2039,2
12.00-13.00	825,8	168,4	238,8	765,4	1998,4
12.15-13.15	762	157,4	248,6	768,4	1936,4
12.30-13.30	746,4	152,4	258,8	751	1908,6
12.45-13.45	722,8	171	248,8	796,6	1939,2
13.00-14.00	739	167,2	232,6	776	1914,8
15.00-16.00	815,8	214	265,2	964,6	2259,6
15.15-16.15	956,4	242,6	305,4	1133,8	2638,2
15.30-16.30	1083,6	246,4	310,6	1217,2	2857,8
15.45-16.45	1152,6	217	317	1213,8	2900,4
16.00-17.00	1159,8	208	319,2	1216,8	2903,8
16.15-17.15	1056,6	209,2	314,6	1098	2678,4
16.30-17.30	903,6	208,4	305,6	1017,4	2435
16.45-17.45	761,6	206,6	270,8	921,4	2160,4
17.00-18.00	641,4	172	217,6	788,4	1819,4

Pada pengolahan data volume arus lalu lintas yang dilangsungkan pada hari senin, 29 Maret 2021 didapatkan total dari empat lengan yang mendapatkan nilai total kendaraan tertinggi atau jam puncak terjadi pada pagi pukul 06:45 – 7:45 dengan nilai total kendaraan sebesar 1989,6 skr/jam, sedangkan jam puncak siang terjadi pukul 11:30 – 12:30 dengan nilai total kendaraan sebesar 2077,6 skr/jam, dan untuk jam puncak sore terjadi pada pukul 16:00 – 17:00 dengan nilai total kendaraan sebesar 2903,8 skr/jam

Antrian

Kendaraan dikategorikan dalam antrian ketika kendaraan tersebut berhenti pada suatu simpang. Data antrian di ambil secara manual dengan hari dan jam yang sama dengan pengambilan data volume untuk pengambilan data kendaraan yang berhenti di kaki simpang

Tabel 2. Data antrian, 29 Maret 2021

Waktu	Rata-rata Antrian (m)				Total Rata-rata
	Timur	Utara	Selatan	Barat	
06:00-07:00	54,09	21,23	19,70	51,93	36,74
07:00-08:00	45,59	17,77	20,97	49,10	33,36
08:00-09:00	27,91	11,83	15,47	50,70	26,48
Total Rata-rata	42,53	16,94	18,71	50,58	
11:00-12:00	50,91	14,70	19,03	57,47	35,53
12:00-13:00	57,24	14,37	21,77	48,87	35,56
13:00-14:00	46,81	13,07	13,43	44,33	29,41
Total Rata-rata	51,65	14,04	18,08	50,22	
15:00-16:00	36,67	19,90	24,70	67,90	33,50
16:00-17:00	50,07	18,00	21,07	69,97	39,78
17:00-18:00	23,97	7,80	14,63	50,13	24,13
Total Rata-rata	36,90	15,23	20,13	62,67	33,73

Sumber : Hasil data pengolahan

Dari tabel diatas didapat antrian rata-rata tertinggi untuk tiap jam terjadi pada hari Senin, 29 Maret 2021

pada jam puncak sore pada pukul 16:00-17:00 yaitu dengan antrian rata-rata sebesar 39,78 m, dan untuk antrian rata-rata tertinggi terjadi pada hari Senin, 29 Maret 2021 pada pendekatan barat dengan nilai rata-rata sebesar 62,67 m.

Tundaan

Survey tundaan kendaraan dilaksanakan bersamaan dengan pengumpulan data volume lalu lintas dan antrian kendaraan selama tiga hari yaitu pada hari Senin 29 Maret 2021, Rabu 31 Maret 2021, dan Sabtu 03 Maret 2021. Survey dilakukan selama 3 tahap pagi (06:00-09:00), siang (11:00-14:00), sore (15:00-18:00).

Tundaan puncak pada simpang didapatkan dengan cara yang sama dengan cara mencari antrian puncak, yaitu dari hasil analisis jam puncak. Tundaan puncak dibagi menjadi tiga macam yaitu tundaan puncak pagi, tundaan puncak siang, dan tundaan puncak sore. Berikut adalah tabel tundaan puncak pagi, siang, dan sore, dari tiga hari pengamatan. Berikut contoh perhitungan tundaan puncak pada hari Senin 29 Maret 2021.

Tabel 3. Data Tundaan, 29 Maret 2021

Waktu	Rata-rata Tundaan (detik)				Total
	Timur	Utara	Selatan	Barat	Rata-rata
06:00-07:00	31,05	18,62	17,85	29,97	24,37
07:00-08:00	26,80	16,88	18,48	28,55	22,68
08:00-09:00	17,96	13,92	15,73	29,35	19,24
Total Rata-rata	25,27	16,47	17,36	29,29	
11:00-12:00	29,45	15,35	17,52	32,73	23,76
12:00-13:00	32,62	15,18	18,88	28,43	23,78
13:00-14:00	27,40	14,53	14,72	26,17	20,70
Total Rata-rata	29,83	15,02	17,04	29,11	
15:00-16:00	22,33	17,95	20,35	37,95	24,65
16:00-17:00	29,03	17,00	18,53	38,98	25,89
17:00-18:00	15,98	11,90	15,32	29,07	18,07
Total Rata-rata	22,45	15,62	18,07	35,33	

Sumber : Hasil data pengolahan

Dari tabel diatas didapat tundaan rata-rata tertinggi untuk tiap jam terjadi pada hari senin, 29 Maret 2021 pada jam puncak sore pada 16.00 -17.00 WIB yaitu dengan tundaan rata-rata 25,89 detik, dan untuk tundaan rata-rata tertinggi untuk tiap lengan terjadi pada hari senin, 29 Maret 2021 pada lengan barat dengan nilai 35,33 detik.

Evaluasi Simpang Tak Bersinyal Menurut PKJI 2014

Pada analisis ini menggunakan rumus PKJI 2014 dan terdapat dua formulir yang harus diisi, yakni SIM-I dan SIM-II. Pada formulir SIM-I merupakan isian data volume yang diambil dari jam puncak pada masing-masing periode pengamatan, yakni pagi, siang, dan sore. Sedangkan untuk formulir SIM-II terdapat tiga tabel perhitungan. Untuk tabel yang pertama merupakan tabel lebar pendekatan tipe simpang. Pada tabel ini akan diketahui lebar pendekatan rata-rata. Kemudian untuk tabel kedua dari formulir SIM-II adalah kapasitas. Dengan mendapatkan data faktor penyesuaian kapasitas. Sedangkan untuk tabel

ketiga adalah perilaku lalu lintas. Pada tabel ini akan diperoleh nilai derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian.

Tabel 5. Perbandingan Lapangan dan PKJI

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (skr/jam)	Arus Lalu Lintas (skr/jam)	Derajat Kejenuhan	Tundaan Rata-rata (det/kend)	Tingkat Pelayanan	Tundaan rata-rata Maksimum (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Senin	06:45 - 07:45	2451,13	1989,60	0,812	13,613	B	24,37	C
	11:30 - 12:30	2566,60	2077,60	0,809	13,605	B	23,78	C
	16:00 - 17:00	2611,79	2903,80	1,112	26,281	D	25,89	D
Rabu	07:00 - 08:00	2491,59	1875,00	0,753	12,585	B	20,78	C
	12:45 - 13:45	2622,23	1784,60	0,681	11,600	B	20,32	C
	15:45 - 16:45	2585,80	2767,40	1,070	22,885	C	24,75	C
Sabtu	07:00 - 08:00	2474,87	1849,80	0,747	12,512	B	19,02	C
	11:45 - 12:45	2574,33	1982,40	0,770	12,858	B	21,65	C
	15:45 - 16:45	2611,21	2772,60	1,062	22,318	C	24,33	C

Sumber : Hasil analisis

Hasil perhitungan tundaan dilapangan dengan perhitungan tundaan menggunakan rumus PKJI 2014 memiliki perbedaan yang tidak beda jauh. Untuk hasil perhitungan menggunakan rumus PKJI 2014 dapat dikategorikan cukup baik. Di mana tundaan tertinggi Senin, 29 Maret 2021 pada periode pengamatan Sore hari, yakni 26,281 det/kend sehingga tingkat pelayanan bernilai D. Nilai ini mendekati nilai yang disyaratkan menurut PM No 96 tahun 2015 untuk jalan lokal primer yakni sekurang-kurangnya C dengan hasil tundaan tersebut tingkat pelayanan yang dihasilkan mencapai nilai D. Dimana nilai D merupakan nilai yang jelek dalam penilaian tingkat pelayanan.

Perencanaan Perbaikan Kinerja Simpang

Dari evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya didapatkan hasil tundaan rata-rata yang melebihi syarat yang telah ditentukan baik itu derajat kejenuhan (DJ), maupun tundaan yang mengacu pada syarat yang telah ditentukan pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014) dan Peraturan Menteri Perhubungan No 96 Tahun 2015, Sehingga selanjutnya dapat dilakukan merencanakan perbaikan.

Perencanaan Perbaikan Geometrik Jalan (Alternatif 1)

Pada alternatif ini, akan dilakukan perubahan pada L_{MA} , L_{MI} , dan menambahkan median jalan di geometrik eksisting simpang. Untuk pengoptimalan, diambil satu sampel pada hari pengamatan yaitu pada hari Senin 29 Maret 2021 jam puncak sore.

Tabel 6. Hasil Perbaikan Geometrik

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (skr/jam)	Arus Lalu Lintas (skr/jam)	Derajat Kejenuhan	Tundaan Rata-rata (det/kend)	Panjang Antrian Rata-rata (m)
Senin	06:45 - 07:45	3022,06	1989,60	0,658	11,331	36,827
	11:30 - 12:30	3438,05	2077,60	0,604	10,801	32,280
	16:00 - 17:00	3465,67	2903,80	0,838	14,125	55,865
Rabu	07:00 - 08:00	3164,12	1875,00	0,593	10,578	31,356
	12:45 - 13:45	3419,03	1784,60	0,522	9,940	26,209
	15:45 - 16:45	3437,49	2767,40	0,805	13,477	51,879
Sabtu	07:00 - 08:00	3087,01	1849,80	0,599	10,656	31,877
	11:45 - 12:45	3462,96	1982,40	0,572	10,364	29,818
	15:45 - 16:45	3493,98	2772,60	0,794	13,269	50,536

Sumber : Hasil analisis

Dilihat dari tabel hasil perbaikan geometrik setelah perbaikan simpang sudah mengalami peningkatan kinerja dengan nilai derajat kejenuhan dibawah 0,85 dan juga tundaan rata-rata sudah dibawah 25 detik,

tetapi karena alasan kemudahan dalam pengaplikasian di lapangan juga dilakukan rencana perbaikan simpang menggunakan APILL pada alternatif selanjutnya.

Perencanaan Untuk Perbaikan Kinerja Simpang Menggunakan APILL

Kriteria untuk suatu persimpangan sudah harus dipasang alat pemberi isyarat lalu lintas adalah

1. arus minimal lalu lintas yang menggunakan rata-rata diatas 750 kendaraan/jam selama 8 jam dalam sehari;
2. atau bila waktu menunggu/tundaan rata-rata kendaraan di persimpangan telah melampaui 30 detik;
3. atau persimpangan digunakan oleh rata-rata lebih dari 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam dalam sehari;
4. atau sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan;
5. atau merupakan kombinasi dari sebab- sebab yang disebutkan di atas.

Berikut adalah tabel arus kendaraan selama 9 jam Senin, 29 Maret 2021.

Tabel 7. Arus Kendaraan, 29 Maret 2021

Waktu		Utara kend/jam	Timur kend/jam	Selatan kend/jam	Barat kend/jam	Total
Senin, 29 Maret 2021	06.00-07.00	794	2604	738	1287	5423
	06.15-07.15	972	2982	841	1476	6271
	06.30-07.30	999	3150	899	1660	6708
	06.45-07.45	928	3039	906	1799	6672
	07.00-08.00	811	2853	877	1830	6371
	07.15-08.15	702	2446	799	1848	5795
	07.30-08.30	617	2141	718	1807	5283
	07.45-08.45	576	1996	668	1802	5042
	08.00-09.00	550	1789	619	1729	4687
	11.00-12.00	344	2023	445	2111	4923
	11.15-12.15	413	2133	518	2174	5238
	11.30-12.30	453	2134	576	2145	5308
	11.45-12.45	457	2091	605	2043	5196
	12.00-13.00	478	1969	618	1955	5020
	12.15-13.15	455	1854	603	1930	4842
	12.30-13.30	458	1844	598	1887	4787
	12.45-13.45	483	1814	572	1943	4812
	13.00-14.00	460	1827	547	1884	4718
	15.00-16.00	778	2347	738	3059	6922
Sore	15.15-16.15	837	2858	867	3665	8227
	15.30-16.30	840	3370	929	4066	9205
	15.45-16.45	713	3699	965	4141	9518
	16.00-17.00	648	3635	956	4064	9303
	16.15-17.15	642	3203	925	3606	8376
	16.30-17.30	634	2646	900	3239	7419
	16.45-17.45	633	2144	822	2851	6450
	17.00-18.00	556	1815	716	2449	5536

Sumber : Hasil Survei

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa arus lalu lintas total persimpangan yaitu sebesar 4687 kend/jam hingga 9518 kend/jam, hasil ini juga menunjukkan bahwa arus lalu lintas pada persimpangan sudah melampaui batas 750 kend/jam selama 9 jam yang merupakan salah satu kriteria pemasangan lampu lalu-lintas, dan hasil ini juga menunjukkan bahwa simpang perlu dilakukan pemasangan APILL.

Perbaikan Kinerja Simpang Menggunakan 4 fase (Alternatif 2)

Perencanaan pemasangan lampu sinyal 3 fase tanpa perubahan geometrik. Untuk contoh perhitungan yang digunakan adalah hari Senin, 29 Maret 2021 pada jam puncak sore. Analisa yang digunakan adalah

PKJI 2014. Pada perhitungan PKJI 2014 simpang APILL terdapat 5 data perhitungan yang harus diisi, yakni:

1. Perhitungan pengaturan lalu lintas dan lingkungan
2. Perhitungan arus lalu lintas
3. Perhitungan waktu antar hijau dan waktu hilang
4. Perhitungan penentuan waktu sinyal dan kapasitas
5. Perhitungan panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

Tabel 8. Alternatif 2 menggunakan 4 fase

Jam Puncak	Pendekat	Arus lalu lintas (skr/jam)	Waktu Hijau (detik)	Waktu Siklus (detik)	Tundaan Rata-rata (det/ skr)	Panjang Antrian (m)	Derajat Kejenuhan
Pagi	U	210,70	30	201	392,35	139,17	1,13
	T	709,45	70		264,93	235,09	1,13
	S	199,70	25		752,99	173,90	1,34
	B	528,20	60		114,95	110,68	0,96
Siang	U	139,50	30	201	106,61	43,53	0,78
	T	774,35	70		488,17	373,76	1,23
	S	170,85	25		453,81	109,63	1,16
	B	722,05	60		658,43	414,59	1,31
Sore	U	175	30	201	199,89	81,19	1,00
	T	983,1	70		1033,06	762,20	1,54
	S	270,15	25		1528,84	346,55	1,79
	B	1022,9	60		1630,76	1004,47	1,85

Sumber : Hasil analisa

Perbaikan Kinerja Simpang Menggunakan 3 fase (Alternatif 3)

Alternatif ini akan menggunakan cara perhitungan yang sama dengan alternatif 2 hanya merubah jumlah fase sinyal diambil sampel pada hari pengamatan yaitu pada hari Senin 29 Maret 2019.

Tabel 8. Alternatif 2 menggunakan 3 fase

Jam Puncak	Pendekat	Arus lalu lintas (skr/jam)	Waktu Hijau (detik)	Waktu Siklus (detik)	Tundaan Rata-rata (det/ skr)	Panjang Antrian (m)	Derajat Kejenuhan
Pagi	U	210,70	20	97	26,51	28,80	0,82
	T	729,20	46		12,59	53,18	0,84
	S	199,70	19		52,57	31,81	0,84
	B	575,70	46		11,42	37,94	0,66
Siang	U	139,50	11	78	58,46	23,11	0,83
	T	785,60	41		8,25	38,00	0,83
	S	170,85	14		54,28	21,99	0,80
	B	785,55	41		11,33	48,31	0,81
Sore	U	159,00	23	140	68,27	37,73	0,82
	T	890,60	80		10,32	81,52	0,84
	S	180,15	25		64,93	37,18	0,82
	B	882,15	80		23,52	92,14	0,83

Sumber : Hasil analisa

Pemilihan Alternatif Yang Direkomendasikan

Setelah perencanaan alternatif perbaikan simpang dilakukan, maka dipilih alternatif terbaik dari ketiga alternatif yang telah direncanakan. Metode pemilihan alternatif adalah dengan membandingkan kelebihan dan kekurangan pada masing-masing alternatif. Hasil perbandingan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 10. Perbandingan Rencana Perbaikan

No	Kondisi	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian	Tundaan det/kend	Kolerasi	Keterangan
1	Eksisting	1,112	100,14	26,28	Nilai Ds dari eksisting > 0,85 dan tundaan rata rata 26,281 dengan tingkat pelayanan D	Tidak Layak
2	Alternatif 1 Perencanaan Perbaikan Geometrik Simpang	0,83	55,86	14,12	Nilai Ds dari Alternatif 1 < 0,85 dan tundaan rata-rata 14,12 dengan tingkat pelayanan B	Layak
3	Alternatif 2 Perencanaan Lampu Lalu-lintas Menggunakan 4 Fase	0,91	79,87	74,91	Nilai Ds dari Alternatif 2 > 0,85 dan tundaan rata-rata 74,91 dengan tingkat pelayanan F	Tidak Layak
4	Alternatif 3 Perencanaan Lampu Lalu-lintas Menggunakan 3 Fase	0,84	53,18	22,729	Nilai Ds dari Alternatif 3 < 0,85 dan tundaan rata-rata 22,729 dengan tingkat pelayanan C	Layak

Sumber : Hasil analisa

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa ada dua alternatif yang layak untuk diterapkan, yaitu alternatif 1 perbaikan geometrik dan alternatif 3 dengan pemasangan APILL 3 fase, maka direkomendasikan alternatif 3 karena dapat langsung di terapkan di lapangan

Prediksi Kinerja Simping 5 Tahun Kedepan

Dalam menentukan prediksi kinerja lalu lintas simpang saptorenggo Kabupaten Malang, terlebih dahulu dibutuhkan data volume arus lalu lintas kondisi eksisting dan kemudian menghitung laju pertumbuhan tipe-tipe kendaraan di Kabupaten Malang, untuk menentukan tingkat laju pertumbuhan lalu lintas pada simpang yang ditinjau.

Tabel 11. Tingkat Pertumbuhan Kendaraan

Jenis	Tahun						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019*	2020*
Sedan	2951	5391	5643	2878	2944	3012	3082
Jeep	2146	5377	5968	3786	3988	4201	4425
Station Wagon	17972	24880	50489	64860	73513	83321	94438
Bus	701	721	2155	2549	2772	3014	3277
Truck/Pickup	9127	48300	30434	34994	37524	40237	43146
Kend Besar/Berat	30	-	63	72	77	82	87
Sepeda Motor	230267	661471	685207	758653	798277	839971	883843

*hasil data proyeksi

Sumber : BPS Kabupaten Malang

Dalam tabel terlihat berbagai macam jenis kendaraan yaitu Sedan, Jeep, Station Wagon, Bus, Truck/Pickup, Kend Besar/Berat, dan Sepeda Motor. Kemudian jenis kendaraan dibagi sesuai tipikal kendaraan berdasarkan PKJI 2014 menjadi 3 yaitu :

1. Kendaraan Ringan (KR)
Meliputi (Sedan, Jeep, dan Station Wagon)
2. Kendaraan Berat (KB)
Meliputi (Bus, Truck/Pickup, dan Kend Besar/Berat)
3. Sepeda Motor (SM)

Kemudian data tersebut di jumlahkan berdasarkan tipikal kendaraan

Tabel 11. Tingkat Pertumbuhan Kendaraan PKJI

Jenis	Tahun						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Kendaraan Ringan	23069	35648	62100	71524	80445	90534	101945
Kendaraan Berat	9858	49021	32652	37615	40373	43333	46510
Sepeda Motor	230267	661471	685207	758653	798277	839971	883843

Sumber : Hasil perhitungan

Setelah mendapatkan laju pertumbuhan kendaraan kemudian menghitung masing- masing rasio pertumbuhannya dengan rumus sebagai berikut :

$$r = (P/P_0)^{1/n} - 1$$

Dimana

r = rasio pertumbuhan kendaraan

P_t = Jumlah Terakhir Kendaraan

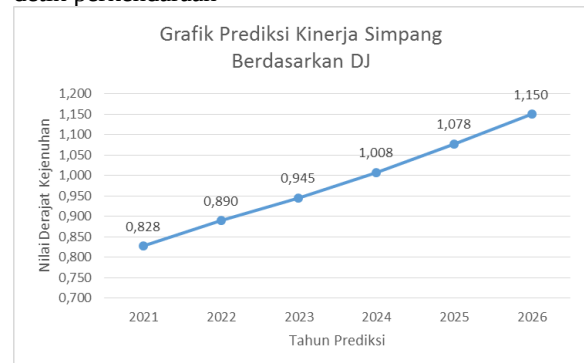
P₀ = Jumlah Awal Kendaraan

Tabel 12. Prediksi Kinerja Simping dengan perencanaan perbaikan Alternatif 3

Tahun	Pendekat	Derajat Kejujahan	Tundaan rata rata det/skr	Tundaan rata rata seluruh simpang det/skr	Tingkat Pelayanan
2021	U	0,83	75,892	24,276	C
	T	0,84	14,465		
	S	0,81	60,396		
	B	0,84	29,108		
2022	U	0,85	81,155	30,711	D
	T	0,86	13,355		
	S	0,82	63,749		
	B	0,86	30,939		
2023	U	0,94	121,337	44,492	E
	T	0,95	10,296		
	S	0,93	100,100		
	B	0,96	51,057		
2024	U	1,00	169,485	107,679	F
	T	1,01	91,805		
	S	1,00	153,768		
	B	1,02	101,051		
2025	U	1,06	242,297	182,083	F
	T	1,08	139,669		
	S	1,08	244,633		
	B	1,09	197,801		
2026	U	1,13	335,035	273,873	F
	T	1,15	277,122		
	S	1,16	361,408		
	B	1,16	312,855		

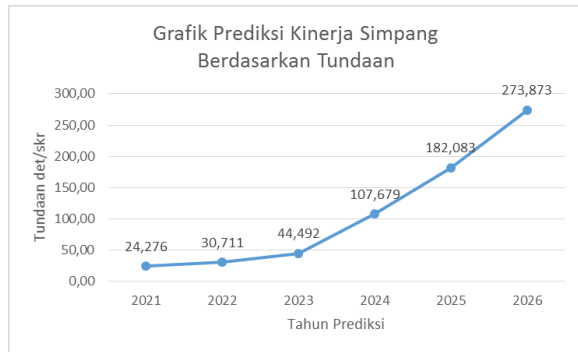
Sumber : Hasil analisa

Berdasarkan hasil analisa prediksi kinerja simpang seperti pada tabel diatas diketahui bahwa pada 5 tahun mendatang yaitu tahun 2026 nilai DJ diprediksi sebesar 1,15 dimana itu sudah melampaui syarat maksimum yaitu 0,85, sedangkan nilai tundaan rata-rata seluruh simpang sebesar 273,873 det/skr dengan nilai tingkat pelayanan F berdasarkan PM no 96 tahun 2015 dimana kondisi tundaan lebih dari 60 detik perkendaraan



Gambar 4. Grafik Prediksi Kinerja Simping (DJ)

Berdasarkan hasil analisa prediksi kinerja simpang dapat dilihat pada gambar bahwa nilai DJ setiap tahun mengalami peningkatan dan pada tahun kelima yaitu tahun 2026 nilai DJ sebesar 1,15



Gambar 4. Grafik Prediksi Kinerja Simpang (T) Berdasarkan hasil analisa prediksi kinerja simpang dapat dilihat pada gambar bahwa nilai tundaan setiap tahun mengalami peningkatan, dimana kondisi eksisting sebesar 24,736 dengan nilai tingkat pelayanan C, untuk tahun 2022 nilai tundaan sebesar 30,711 dengan nilai tingkat pelayanan D, untuk tahun 2023 nilai tundaan sebesar 44,492 dengan nilai tingkat pelayanan E, untuk tahun 2024, 2025, dan 2026 nilai tundaan berturut-turut sebesar 107,679, 182,083, dan 273,873 dengan nilai tingkat pelayanan F berdasarkan PM no 96 tahun 2015.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan evaluasi lalu-lintas kondisi saat ini (eksisting) dan hasil perhitungan dapat diperoleh kesimpulan:

1. Pada analisis PKJI 2014 simpang tak bersinyal didapat derajat kejenuhan tertinggi sebesar 1,12 hasil tersebut menunjukkan bahwa derajat kejenuhan melampaui 0,85 yang seharusnya nilai derajat kejenuhan $< 85\%$ kapasitas simpang. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja simpang sudah tidak mampu melayani arus lalu lintas dengan baik. Untuk tundaan rata-rata tertinggi yaitu sebesar 26,28 detik, tundaan termasuk dalam kategori D yaitu diantara 25-40 det/kend, yang berarti bahwa kondisi tingkat pelayanan kategori D arus tidak stabil dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah, kepadatan lalu lintas tinggi,

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, dkk, 1998. *Menuju Lalulintas dan Angkutan Jalan Raya yang Tertib*, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta.
- Alamsyah, Alik Ansyori, 2008, *Rekayasa Lalu Lintas (edisi revisi)*, Universitas Muhammadiyah Malang Press: Malang
- Badan Pusat Statistik. *Tentang Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan dan Jenis Kelamin 2010-2020*: Kabupaten Malang

- pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan pendek.
2. Untuk solusi alternatif pada persimpangan Jl. Bugis – Jl. Saptorenggo – Jl. Raya Bamban yang direncanakan adalah dengan pemasangan APILL dengan 3 fase. Pada analisa alternatif hasil yang didapatkan adalah, Tundaan rata-rata maksimum dengan nilai 22,729 det/kend, dan panjang antrian maksimum dengan nilai 53,18 m dan nilai derajat kejenuhan maksimum yaitu 0,84 dimana $DJ \leq 0,85$ yang mana tingkat pelayanannya adalah C yang sudah memenuhi syarat tingkat pelayanan untuk jalan lokal primer yaitu tingkat pelayanan minimal C. Dari perhitungan alternatif ini didapat waktu siklus pada pagi hari 97 detik, pada siang hari 78 detik, dan pada sore hari 140 detik.
 3. Untuk prediksi kinerja simpang selama 5 tahun mendatang, dalam perhitungan pada tahun 2026 nilai DJ simpang sudah melampaui standart yaitu bernilai 1,15 dimana standart minimalnya yaitu tidak lebih dari 85% dari kapasitas simpang. Sedangkan nilai tundaan sebesar 273,873 dengan nilai tingkat pelayanan F berdasarkan PM no 96 tahun 2015.

Saran

Dari hasil analisis dan kesimpulan studi ini maka ada beberapa saran dari penulis yaitu:

1. Sebaiknya pemerintah setempat dalam hal ini pihak dari dinas perhubungan dapat mengatur tertibnya lalu lintas di simpang tak bersinyal jalan bugis – jalan saptorenggo – jalan raya bamban kabupaten malang dengan pemasangan APILL pada simpang sesuai dengan rekomendasi.
2. Untuk para pengendara diharapkan memiliki kesadaran untuk disiplin dalam mematuhi peraturan lalulintas demi keselamatan dan kelancaran berlalulintas.
3. Sebaiknya pemerintah setempat merencanakan trotoar pada sisi kiri maupun kanan jalan untuk memberikan fasilitas kepada pejalan kaki untuk mengurangi konflik dengan kendaraan bermotor

- Badan Pusat Statistik. *Tentang Banyaknya kendaraan Bermotor Menurut Jenis Kendaraan*: Kabupaten Malang
- Cibro, Lolo Karina. 2018, *Dampak Perubahan Status Jalan L.A Sucipto – Jalan Raya Bugis Dari Jalan Kota Menjadi Jalan Nasional*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya: Malang
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014*. Penerbit Bina Marga: Jakarta.
- Haryadi, Muhammad. 2018. *Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan Selokan Mataram Yogyakarta Menggunakan Metode MKJI 1997*. Fakultas Teknik Sipil dan

- Perencanaan Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta
- Hutama, Aldwinoka. 2019. *Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi kasus: Jl. Demangan Baru – Jl. Mrican Baru Kec. Depok, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta)*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang
- Jotin Khisty C, Kent Lall B. (2003) *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Marabi, Handryel. 2019. *Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan Ki-Ageng Gribig-Jalan Mayjend Sungkono, Kota Malang*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia PM 96. 2015. *Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Menteri Perhubungan Republik Indonesia: Jakarta