

Analisis Kapasitas dan Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Abdullah Dg. Sirua

Hairil A. Hasanuddin¹, Hasmar Halim^{2,a}, Isnaeni Maulidiyah³, Trisnawathy⁴

^{1,2,3,4}

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang

^aEmail : hasmar29@gmail.com

Abstract—The increase in population in Makassar City has also led to an increase in the growth of private vehicles. The high growth of private vehicles can cause congestion, one of which is Jalan Abdullah Dg. Sirua, which often occurs during rush hour, experiences vehicle delays. This area is included in a dense area because it is a center of trade, offices and education. The purpose of this study was to analyze the level of service at the intersection of Jalan Abdullah Dg. Sirua through the performance evaluation of the signalized intersection based on the analysis of signal time, capacity, degree of saturation and level of service of the intersection using the MKJI 1997 method. Based on the results of the analysis carried out, it was found that the level of service was at level D. that is, the current condition was approaching unstable. The degrees of saturation for the West, South, East and North Approaches are 0.82, 0.54, 0.70 and 0.8. This shows that the signaled junction is in the almost unstable current condition category above 0.75

Keywords: *degree of saturation, MKJI 1997, signed intersection, road services level*

Abstrak—Meningkatnya jumlah penduduk di Kota Makassar menyebabkan meningkatnya juga pertumbuhan kendaraan pribadi. Pertumbuhan kendaraan pribadi yang tinggi bisa menyebabkan kemacetan salah satunya di Simpang Jalan Abdullah Dg. Sirua yang sering terjadi tundaan kendaraan pada jam sibuk. Kawasan ini termasuk dalam kawasan yang padat karena merupakan kawasan pusat perdagangan, perkantoran, dan pendidikan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja tingkat pelayanan persimpangan Jalan Abdullah Dg. Sirua melalui evaluasi kinerja simpang bersinyal berdasarkan analisis waktu sinyal, kapasitas, derajat kejenuhan dan tingkat pelayanan simpang dengan menggunakan metode MKJI 1997. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diperoleh tingkat pelayanan simpang berada pada level D. yaitu arus lalu lintas (arus stabil tetapi kecepatan dibatasi) yaitu Derajat Kejenuhan untuk Pendekat Barat, Selatan, Timur dan Utara sebesar 0,82, 0,54, 0,70 dan 0,8. Hal ini menandakan bahwa simpang bersinyal masuk dalam kategori kondisi arus mendekati tidak stabil diatas angka 0,75

Kata Kunci : *Parkir, Kinerja Ruas Jalan, MKJI 1997*

I. Pendahuluan

Salah satu permasalahan lalu lintas khususnya di kota-kota besar di Indonesia adalah meningkatnya angka kecelakaan, kemacetan, tundaan, tingginya pemakaian BBM dan polusi [1]. Kota Makassar sebagai sebagai kota besar di Indonesi Timur juga mengalami hal demikian. Hal ini disebabkan akibat meningkatnya jumlah penduduk di wilayah Kota Makassar yang menyebabkan meningkatnya pertumbuhan kendaraan pribadi. Pertumbuhan kendaraan pribadi yang cukup tinggi dan tidak sesuai dengan prasarana yang ada menjadi salah satu faktor permasalahan lalu lintas yang terjadi.

Arus lalu lintas Kota Makassar pada jam kerja meningkat tajam dibandingkan waktu lainnya. Kondisi jalan di Kota Makassar memiliki kecenderungan pada bidang horisontal yang sama sehingga memungkinkan terjadinya pertemuan sebidang atau membentuk suatu persimpangan. Adanya persimpangan tersebut akan menyebabkan terjadinya konflik yang menimbulkan beberapa permasalahan lalu lintas seperti kemacetan. Kemacetan yang terjadi terletak pada simpul-simpul persimpangan tersebut disebabkan adanya manuver-manuver dipersimpangan seperti berpencar (diverging), bergabung (merging), berpotongan (crossing), dan bersilangan (weaving). Adanya manuver-manuver ini menyebabkan terjadinya berbagai macam konflik (titik potong) pada persimpangan. Konflik-konflik ini mengakibatkan berkurangnya kapasitas, berkurangnya keselamatan dan menambah kelambatan untuk tiap-tiap kendaraan [2]. Salah satu metode untuk mengurangi titik

konflik dan mengantisipasi kepadatan lalu lintas pada persimpangan adalah dengan pemasangan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) [3].

Salah satu titik permasalahan lalu lintas (kemacetan) yang terjadi di Kota Makassar yaitu pada simpang bersinyal Jalan Abdullah Dg. Sirua – Jalan Batua Raya. Simpang ini merupakan salah satu simpang yang terletak pada kawasan pendidikan sehingga arus lalu lintasnya cukup sibuk. Tingkat mobilitas yang melewati simpang ini cukup tinggi, sehingga diperlukan sarana dan prasarana jalan yang memadai agar arus lalu lintas berjalan lancar. Namun kenyataannya pada simpang tersebut sering terjadi kemacetan. Hal ini menunjukkan bahwa sarana prasarana jalan saat ini tidak mampu mengimbangi beban jumlah kendaraan yang ada.

Melihat pentingnya simpang ini sebagai akses arus lalu lintas, maka diperlukan adanya evaluasi guna menilai kinerja simpang ini sehingga dapat memberikan tindak lanjut penanganan apabila diperlukan. Evaluasi kinerja simpang dilakukan berdasarkan metode yang ada pada manual kapasitas jalan Indonesia (MKJI) 1997. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka ditentukan bahwa parameter yang digunakan untuk menilai kinerja simpang bersinyal ini mencakup kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan dan tingkat pelayanan.

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengevaluasi kinerja simpang bersinyal tersebut apakah simpang tersebut memiliki derajat kejenuhan yang tinggi atau tidak sehingga apabila buruk dapat diberikan rekomendasi untuk perbaikan simpang.

Simpang Bersinyal

Menurut PP 43/ 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan, simpang ada-lah pertemuan atau percabangan jalan baik sebidang maupun yang tak sebidang. Simpang merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara pergerakan kendaraan dengan pergerakan kendaraan lainnya [4]. Berdasarkan MKJI 1997, adapun tujuan penggunaan sinyal lampu lalu lintas pada persimpangan antara lain [5]:

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu-lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu-lintas jam puncak.

2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang bertentangan.

Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) terdiri dari tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau. Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Penempatan sinyal dan pengaturan lalu lintas pada simpang bersinyal menurut MKJI 1997 bertujuan antara lain untuk [6]:

- 1) Menghindari kemacetan simpang akibat konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
- 2) Memberi kesempatan kepada kendaraan dan atau pejalan kaki dari simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
- 3) Mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan kendaraan dari arah yang bertentangan.

Tingkat Pelayanan

Kapasitas jalan adalah jumlah lalu lintas kendaraan maksimum yang dapat ditampung pada ruas jalan selama kondisi tertentu (desain geometri, lingkungan, dan komposisi lalu lintas) yang dapat ditentukan dalam satuan penumpang (smp/jam) [7].

Antrian pada jaringan simpang bersinyal terjadi akibat durasi rata-rata antrian kendaraan melebihi waktu hijau (sinyal jalan), bahkan dapat mencapai seluruh panjang lengan pendekat. Hambatan pada simpang bersinyal antara lain waktu tunggu yang lama pada kondisi arus puncak, sehingga meningkatkan panjang antrian kendaraan pada lengan simpang. Kemacetan yang terjadi pada persimpangan merupakan indikasi jenuhnya kapasitas simpang pada kondisi arus puncak [8]. Penilaian tingkat pelayanan simpang berdasarkan nilai tundaan kendaraan yang terjadi pada simpang. Tundaan merupakan total waktu hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan sewaktu melewati suatu simpang. Nilai tundaan mempengaruhi nilai waktu tempuh kendaraan. Semakin tinggi nilai tundaan, semakin tinggi pula waktu tempuh. Menurut MKJI 1997 kriteria tingkat pelayanan untuk simpang bersinyal seperti pada Tabel 1 berikut ini [9].

Tabel 1 Kriteria Tingkat Pelayanan Untuk Simpang Bersinyal

Tingkat Pelayanan (Level of service)	Tundaan per kendaraan (det/kend)	Ciri-ciri
A	≤ 5	Lalu lintas rendah, kecepatan tinggi, kepadatan rendah
B	$>5.1-15$	Lalu lintas sedang, kecepatan dibatasi, kepadatan rendah
C	$>15.2-25$	Lalu lintas sedang, kecepatan dibatasi, kepadatan sedang
D	$>25.1-40$	Lalu lintas tinggi, kecepatan rendah, kepadatan sedang
E	$>40.1-60$	Lalu lintas tinggi, kecepatan sangat rendah, kepadatan tinggi
F	>60.0	Lalu lintas tinggi, kepadatan tinggi, terjadi antrian panjang

II. Metode Penelitian

Lokasi penelitian yaitu pada persimpangan Jalan Abdullah Dg. Sirua – Jalan Batua Raya. Simpang ini merupakan simpang bersinyal dengan waktu tetap. Data lalu lintas diambil pada waktu puncak sebanyak tiga periode, yaitu pada pagi hari mulai pukul 06.30 – 08.30, di siang hari mulai pukul 12.00 – 14.00 dan di sore hari mulai pukul 16.00 – 18.00. Pengambilan data dilakukan selama seminggu dari hari Senin – Minggu dengan tujuan untuk mengetahui arus puncak.

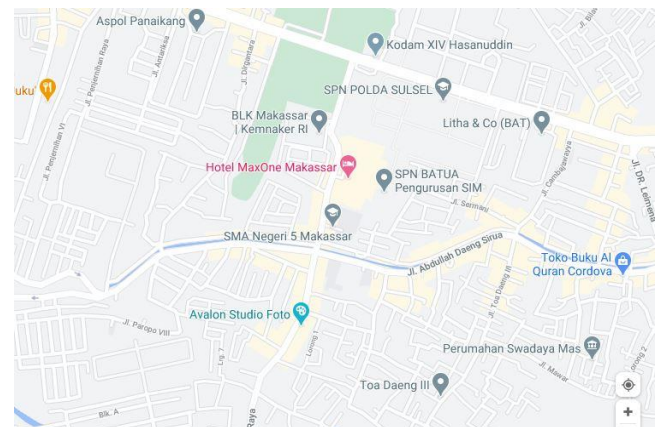
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kamera, Aplikasi Multi Counter, Pita ukur, Formulir perhitungan pada MKJI 1997 dan Laptop.

1. Data Primer Data yang diperoleh dari hasil pengamatan atau pencatatan secara langsung di lokasi, meliputi :
 - a) Data Geometrik Simpang Data geometrik berupa lebar pendekatan efektif (W_e), lebar masuk (W_{masuk}), lebar keluar (W_{keluar}) pada masing-masing pendekatan
 - b) Data arus lalu lintas Data arus lalu lintas adalah data arus kendaraan tiap-tiap pendekatan yang dibagi dalam tiga arus, yaitu:
 - Arus kendaraan lurus (ST)
 - Arus kendaraan belok kanan (RT)
 - Arus kendaraan belok kiri langsung (LTOR)

Masing-masing pendekatan terdapat berbagai jenis kendaraan yang akan diamati, yaitu: MC adalah

sepeda motor, LV adalah kendaraan ringan, HV adalah kendaraan berat yang dibagi menjadi dua yaitu Bus dan Truk dan UM adalah kendaraan tak bermotor

2. Data Sekunder Data yang diperoleh dari instansi pemerintahan atau lembaga lain, meliputi Peta wilayah dan jumlah penduduk.



Gambar 1 Lokasi penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

Simpang Abdullah Dg. Sirua adalah persimpangan dengan empat lengan yang dilengkapi dengan lampu sinyal lalu lintas. Lalu lintas yang melewati ruas persimpangan ini terdiri dari kendaraan seperti sebagai berikut :

- a) Sepeda motor (motor cycle)
- b) Kendaraan ringan (light vehicle), berupa kendaraan pribadi/dinas, pickup (mobil barang) dan angkutan kota.
- c) Kendaraan berat (heavy vehicle) berupa truk dua sumbu dan tiga sumbu.

1. Karakteristi Geometrik Simpang

Karakteristik fisik dari suatu simpang berupa data teknik atau kondisi geometrik, kualitas fisik dan tata guna lahan simpang. Karakteristik fisik simpang sendiri diperoleh dari hasil survei geometrik simpang. Karakteristik fisik pada persimpangan Jalan Abdullah Dg Sirua akan diuraikan pada uraian di bawah ini.

- a) Geometrik Persimpangan

Geometrik persimpangan meliputi dimensi jalan, jalur, lajur, median, trotoar dan jenis permukaan pada tiap simpang. Persimpangan persimpangan pada tiap simpang. Persimpangan persimpangan Jalan Abdullah Dg Sirua memiliki empat kaki simpang yaitu Jl. Abdullah Dg sirua – Jl. Batua Raya – Jl. Makam Pahlawan. Pada simpang empat bersinyal tersebut masing-masing ruas jalan

memiliki dua jalur. Data lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kondisi Geometrik Simpang

Nama Jalan	Pendekat	Pendekat (m)				Tipe Jalan	Tipe Perkerasan
		Lebar Pendekat	Lebar Masuk	Lebar LTO R	Lebar Ke-luar		
T. M. Pahlawan	Utara	10,36	5,18	-	5,18	2/2	2/2
Batua Raya	Selatan	12,34	6,17	-	6,17	2/2	2/2
Abd. Dg Sirua	Timur	10,36	5,18	5,18	5,18	2/2	2/2
Abd. Dg Sirua	Barat	10,36	5,18	-	5,18	2/2	2/2

interval waktu atau lebih. Pada simpang Jalan Abdullah Dg Sirua – Jalan Batua Raya – Jalan Taman Makam Pahlawan terdapat tiga fase pergerakan lalu lintas. Fase Pertama dimulai pada pendekat utara Jalan Taman Makam Pahlwan dan fase kedua dari selatan pada ruas Batua Raya lalu fase ketiga pada pendekat timur dan barat berada pada ruas Jalan Abdullah Dg Sirua. Waktu siklus dan periode fase dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Fase dan Waktu Siklus Pada Persimpangan Jalan Abdullah Dg Sirua

Nama Jalan	Fase	Waktu Sinyal (det)		
		Merah	Hijau	Kuning
Taman Makam Pahlawan	I	50	9	3
Batua Raya	II	50	6	3
Abdullah Dg Sirua Timur dan Barat	III	42	18	3

b) Kualitas Fisik Persimpangan

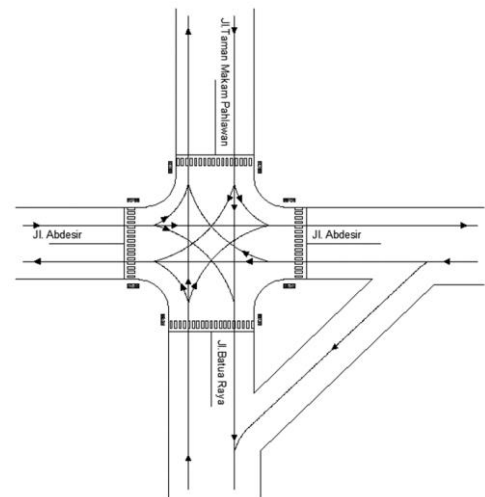
Kualitas Jalan Abdullah Dg Sirua Timur maupun Barat, Jalan Batua Raya dan Jalan Makam Pahlawan memiliki kondisi jalan yang baik, tidak ada yang berlubang meskipun ada beberapa bagian jalan yang bergelombang. Pada simpang ini tidak ada satupun ruas jalan yang memiliki median ataupun trotoar.

c) Sistem Sirkulasi Lalu Lintas (Arah Pergerakan di Persimpangan)

Sistem sirkulasi lalu lintas menunjukkan suatu pergerakan kendaraan yang akan masuk dan keluar dari persimpangan tersebut. Sketsa arah pergerakan lalu lintas persimpangan pada Simpang Jalan Abdullah Dg Sirua – Jalan Batua Raya – Jalan Taman Makam Pahlawan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.

d) Fase Lalu Lintas dan Waktu Siklus

Pengaturan lampu lalu lintas pada simpang merupakan hal penting karena berfungsi sebagai petunjuk positif bagi pengendara maupun pedestrian sehingga mengurangi kemungkinan pengambilan keputusan yang keliru oleh pengemudi. Pengaturan siklus lampu lalu lintas pun sangat berpengaruh pada kinerja simpang, desain lampu lalu lintas yang buruk dapat meningkatkan frekuensi kecelakaan, penundaan yang lama bagi kendaraan saat mendekati persimpangan, memaksa kendaraan saat mendekati persimpangan, memaksa kendaraan untuk mengambil rute memutar, dan membuat pemngemudi marah. Fase merupakan bagian dari siklus yang dialokasikan untuk kombinasi pergerakan-pergerakan lalu lintas yang menerima hak prioritas jalan secara simultan selama satu



Gambar 2 Sirkulasi Lalu Lintas Persimpangan

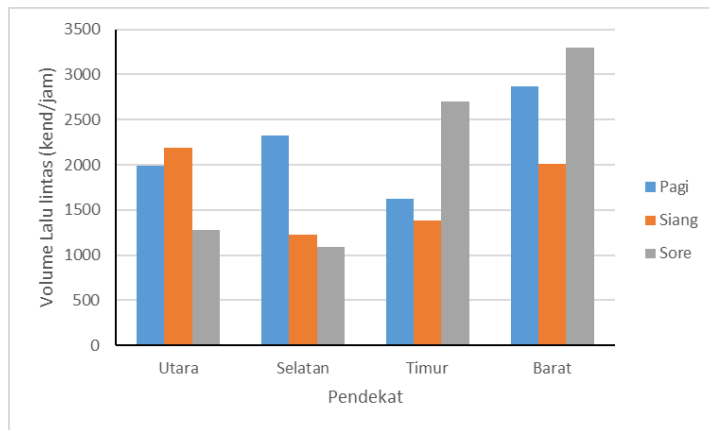
2. Karakteristik Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas kendaraan – volume lalu lintas, komposisi kendaraan, profil kecepatan kendaraan yang melintas pada simpang merupakan karakteristik makro lalu lintas yang mempengaruhi operasional lalu lintas pada simpang tersebut.

a) Volume Lalu Lintas

Analisa jam puncak data primer adalah analisa terhadap hasil survey selama empat belas jam dalam dua hari pengamatan untuk mendapatkan jam puncak atau jam sibuk anggapan beserta volume lalu lintasnya dalam satu jam berdasarkan MKJI 1996 tentang persimpangan

bersinyal. Data volume lalu lintas pada Simpang Abdullah Dg. Sirua – Batua Raya yang diperoleh pada survei dapat dilihat dalam pada Gambar 4 dibawah ini.



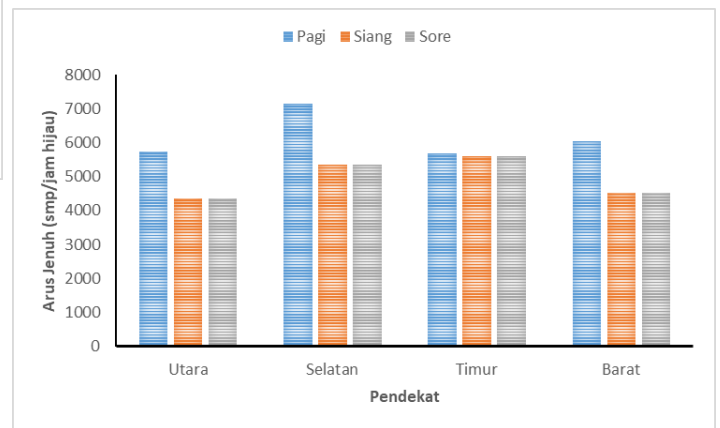
Gambar 3 Volume Lalu Lintas Pada Periode Jam Puncak

Dari gambar tersebut diketahui bahwa volume maksimum kendaraan yang melintasi simpang Jalan Abdullah Dg. Sirua mencapai 8.813 kend/jam yang terjadi pada pagi hari. Sedangkan pada priode siang jumlah kendaraan yang melintasi simpang ini hanya mencapai 6.814 kend/jam Untuk periode sore hari adalah merupakan periode yang memiliki volume lalu lintas yang cukup tinggi walaupun tidak sebanyak pada periode pada pagi hari. Pada periode ini volume kendaraan mencapai 8.370 kend/jam. Sedangkan volume kendaraan berdasarkan kaki simpang, maka pada kaki simpang barat atau pada Jalan Abdullah Dg. Sirua memiliki volume yang cukup tinggi yaitu sebesar 8.183 kend/jam. Disusul pada pendekat timur di jalan yang sama volume kendaraan sebesar 5.713 kend/jam dan pada pendekat Utara (Jalan Taman Makam Pahlawan) hanya sebesar 5.455 kend/jam. Untuk pendekat selatan yaitu arah lalu lintas yang berasal dari Jalan Batua Raya volume lalu lintas sebesar 4.646 kend/jam.

b) Arus Jenuh

Arus Jenuh merupakan kemampuan maksimum suatu lengan persimpangan mengalirkan arus lalu lintas. Besarnya arus jenuh persimpangan dipengaruhi oleh lebar mulut persimpangan, arus lalu lintas simpang serta jenis pengendalian persimpangan serta kondisi di sekitarnya. Arus jenuh sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu Arus Jenuh Dasar. Arus jenuh dasar adalah yang besarnya keberangkatan antrian dalam pendekat

selama kondisi tertentu setelah disesuaikan dengan kondisi persimpangan (smp/jam hijau). Faktor lain yang mempengaruhi adalah Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS}), Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan tak bermotor (F_{SF}), Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G), Faktor Penyesuaian Parkir (F_P), Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}), Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT}). Pada Simpang Abdullah Dg. Sirua arus jenuh yang dihasilkan dari seperti pada Tabel 5 berikut ini.



Gambar 4 Arus Jenuh pada masing-masing kaki simpang

3. Kapasitas dan Kinerja Simpang

Kapasitas (C) adalah jumlah lalu lintas maksimum yang dapat ditampung oleh suatu pendekat dalam waktu tertentu. Adapun kapasitas untuk masing-masing pendekat seperti yang digambarkan pada Tabel berikut ini:

Tabel 4 Kapasitas Simpang Jalan Abdullah Dg. Sirua

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)		
	Pagi	Siang	Sore
Utara	5734	4343	4343
Selatan	7154	5356	5356
Timur	5694	5595	5595
Barat	6028	4521	4521

Ukuran kinerja suatu simpangan ditentukan oleh penentuan waktu sinyal, kapasitas, panjang antrian, rasio kendaraan berhenti dan tundaan rata-rata berdasarkan tabel manual MKJI 1996. Dari hasil analisis simpang didapatkan derajat kejenuhan pada pendekat Utara sebesar 0,80, pada pendekat Selatan sebesar 0,54, pada pendekat Barat sebesar 0.82 dan pendekat Timur sebesar 0,70. Panjang antrian terbesar terdapat pada pendekat utara sebesar 43,92 m. Sedangkan tundaan tertinggi terjadi di kaki simpang utara dengan tundaan sebesar 29,6 det/smp. Berdasarkan Peraturan Menteri

Perhubungan no 96 tahun 2015 mengenai tingkat pelayanan simpang bersinyal maka hasil tundaan pada kondisi eksisting tersebut masuk dalam tingkat D dimana nilai tundaan 25.1- 40 det/smp.

Tabel 5 Rekapitulasi Kinerja Simpang Abdullah Dg. Sirua

Parameter	Pendekat			
	Utara	Selatan	Timur	Barat
Derajat Kejenuhan	0,80	0,54	0,70	0,82
Panjang Antrian	43,92	34,26	34,26	41,28
Tundaan	29,60	27,05	27,68	29,04
Tingkat Pelayanan Simpang	D	D	D	D

Dari tabel ini dapat diketahui bahwa pada persimpangan ini memasuki fase yang cukup menguatirkan ini ditandai dengan rendahnya tingkat pelayanan yang dihasilkan. Dengan peningkatan kendaraan yang cukup tinggi di Kota Makassar maka diprediksi akan mengalami tundaan yang lebih besar dimasa-masa yang akan datang. Untuk itu perlu optimalisasi pada persimpangan ini untuk meningkatkan tingkat pelayanan. Optimalisasi dapat dilakukan antara lain dengan metode

- 1) Perubahan waktu siklus
- 2) Perubahan fase lampu
- 3) Pelebaran jalan pada kaki simpang,
- 4) Penertiban pkl sekeliling persimpangan
- 5) Pembatasan kendaraan pada persimpangan

IV. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang bersinyal pada Jalan Abdullah Dg. Sirua, maka dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pada persimpangan ini memiliki 3 fase pergerakan kendaraan dan waktu sinyal yang diperoleh dari APILL existing sebesar 62 detik
2. Volume kendaraan yang melintasi persimpangan Jalan Abdullah Dg. Sirua memiliki volume yang cukup tinggi. Pada jam puncak pagi mencapai 8.813 kend/jam, pada jam puncak siang sebesar 6.814 kend/jam dan pada jam puncak sore hari volume lalu lintas mencapai sebesar 8.370 kend/jam.

3. Tingkat pelayanan yang diperoleh dari masing-masing kaki simpang adalah tingkat pelayanan “D” yang mengidentifikasi bahwa simpang ini masuk dalam kategori Lalu lintas tinggi, kecepatan rendah, kepadatan sedang

B. Saran

Perlu dilakukan optimalisasi pada persimpangan Jalan Abdullah Dg. Sirua – Jalan Batua untuk mendapat alternatif terbaik sehingga kemacetan yang terjadi pada persimpangan ini dapat teratasi.

Daftar Pustaka

- [1] M. Manganta, H. Halim, A. B. Angka and Z. Saing, "Traffic Accident Rate in Makassar City," IJSTR, vol. 8, no. 04, pp. 150-154, 2019.
- [2] E. N. Julianto , "Optimalisasi Kinerja `Simpang Bersinyal Bangkok," Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, vol. 16, no. 2, pp. 141 - 150, 2014.
- [3] Galfi M, "Studi Simpang Bersinyal pada Simpang 4 (Empat) Sempaja Samarinda," Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil, vol. 1, no. 1, pp. 8 - 29, 2012.
- [4] A.A.N.A. Jaya . Wikrama, "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak)," Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, vol. 15, no. 1, pp. 58 - 71, 2011.
- [5] Direktorat Pembinaan Jalan Kota, Manual Kapasitas JalanIndonesia (MKJI), Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum., 1997.
- [6] O. F. Suryaningsih, Hermansyah and E. Kurniati, "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar)," INERSIA, vol. XVI, no. 1, pp. 74-84, 2020.
- [7] K. A. S. Nasution, "Kapasitas Simpang Bersinyal Dan Derajat Kejenuhannya (Studi Kasus Simpang Iv Kota Lhokseumawe)," Teras Jurnal, Vol 3, No.1, Maret 2013 , vol. 3, no. 1, pp. 64 - 75, 2013.
- [8] D. B. Prakoso, Sutoyo and T. Sudiby, "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Pahlawan –Raden Saleh Sarif Bustaman di Bogor Jawa Barat," Jurnal Teknik Sipil & Lingkungan, vol. 3, no. 1, pp. 25 - 38, 2018.
- [9] Iqbal, Sugiarto and M. Isya, "Kinerja Dan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal Padasimpang Remi Kota Langsa," Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, vol. 1, no. 1 (Special Issue), pp. 67 - 74, 2017.