

KINERJA LALU LINTAS SIMPANG BERSINYAL DI KOTA MADIUN

Dewi Nur Khabibah

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang
dewinurkhabibah@gmail.com

Meriana Wahyu Nugroho

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang
wahyu@ringin-contong.com

Ayu Roesdyningtyas Dyah Anggraeny

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang
ayuanggraeny8385@gmail.com

Abstrak

Kondisi lalu lintas pada persimpangan jalan di Kota Madiun tergolong padat. Hal ini karena disekitar persimpangan tersebut merupakan jalan utama menuju pusat-pusat kegiatan seperti, terdapat beberapa pusat perekonomian, pendidikan, taman dan perkantoran. Kemacetan, tundaan dan panjang antrian pada persimpangan jalan tersebut disebabkan karena kondisi lalu lintas pada persimpangan jalan itu sendiri. Dalam hal ini diperlukan mekanisme jalan yang baik dan mudah untuk dilalui sehingga tidak sampai membahayakan pengguna jalan. Pertumbuhan penduduk di Kota Madiun sangat mempengaruhi tingkat kebutuhan transportasi yang berdampak pada kinerja persimpangan jalan. Untuk mendapatkan tingkat kinerja persimpangan jalan yang baik perlu diperlukan evaluasi kinerja lalu lintas serta memberikan beberapa alternatif perbaikan terhadap permasalahan yang ada. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengevaluasi kinerja lalu lintas simpang bersinyal serta memberikan beberapa alternatif skenario perbaikan pada persimpangan Ruang Terbuka Hijau Kartini, persimpangan Diponegoro dan persimpangan Tugu Pecel di Kota Madiun. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Hasil analisis kinerja lalu lintas pada kondisi eksisting persimpangan Ruang Terbuka Hijau Kartini diperoleh nilai tundaan sebesar 35,89 smp/detik. Pada persimpangan Tugu Pecel diperoleh nilai tundaan sebesar 25,94 smp/detik. Pada persimpangan Diponegoro diperoleh nilai tundaan 1869,34 smp/detik.

Kata kunci: *Simpang bersinyal, MKJI, kinerja lalu lintas*

Abstract

Traffic conditions at the crossroads in Madiun City are classified as congested. This is because around the intersection is the main road to the centers of activities such as, there are several centers of economy, education, parks and offices. Congestion, delay and length of the queue at the intersection is caused by traffic conditions at the intersection itself. In this case a good and easy road mechanism is needed to be passed so that it does not endanger the road user. Population growth in the City of Madiun greatly affects the level of transportation needs that have an impact on the performance of the crossroads. To get a good level of intersection performance, it is necessary to evaluate the traffic performance and provide several alternative improvements to the existing problems. This study aims to evaluate the performance of signalized intersection traffic and provide several alternative scenarios for improvement at the Ruang Terbuka Hijau Kartini intersection,

Diponegoro intersection and Tugu Pecel intersection in Madiun City. The method used in this research is to use the Indonesian Road Capacity Manual 1997 method. The results of the analysis of traffic performance in the existing Ruang Terbuka Hijau Kartini junction conditions obtained a delay value of 35.89 pcu / sec. At the Pecel Tugu intersection, a delay value of 25.94 pcu / sec was obtained. At the Diponegoro intersection, a delay value of 1869.34 pcu / sec was obtained.

Keyword: Signalized intersection, MKJI, improvement scenarios traffic performance

PENDAHULUAN

Jalan memiliki fungsi yang sangat penting dalam menunjang kegiatan manusia sehari-hari yang digunakan sebagai prasarana transportasi. Pertumbuhan penduduk di Kota Madiun sangat mempengaruhi tingkat kebutuhan transportasi yang berdampak pada kinerja beberapa persimpangan jalan. Untuk mendapatkan tingkat kinerja persimpangan yang baik diperlukan beberapa alternatif terhadap permasalahan yang ada.

Kinerja persimpangan jalan yang memburuk harus segera diatasi agar tidak menimbulkan kerugian bagi pengguna jalan. Perbaikan kinerja persimpangan jalan di Kota Madiun akan berdampak pada penghematan waktu perjalanan, peningkatan kualitas lingkungan, mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

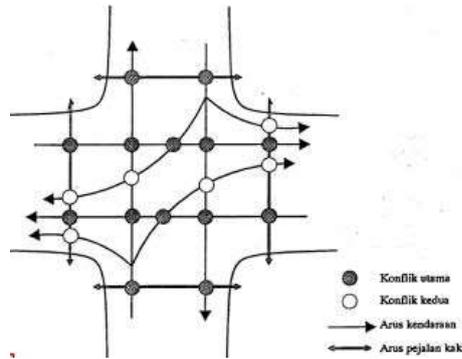
Berdasarkan beberapa permasalahan tersebut dan untuk meningkatkan tingkat kinerja persimpangan jalan, maka perlu dilakukan evaluasi kinerja lalu lintas dan mencari beberapa alternatif guna meningkatkan kinerja simpang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja lalu lintas serta manajemen lalu lintas pada persimpangan Ruang Terbuka Hijau Kartini, persimpangan Diponegoro dan persimpangan Tugu Pecel di Kota Madiun.

Persimpangan

Persimpangan adalah bagian terpenting dari sistem jaringan jalan, yang secara umum kapasitas persimpangan dapat dikontrol dengan mengendalikan volume lalu lintas dalam sistem jaringan tersebut. Persimpangan ada dua macam yaitu simpang tak bersinyal dan simpang bersinyal. Simpang tak bersinyal adalah simpang dengan tiga atau empat lengan jalan tanpa adanya sinyal lalu lintas. Sedangkan simpang bersinyal adalah simpang yang menggunakan lampu lalu lintas. Dimana penggunaan lampu lalu lintas di persimpangan digunakan untuk menghindari kemacetan, mengurangi jumlah kecelakaan dan member kesempatan kepada kendaraan atau pejalan kaki untuk memotong jalan.

Dengan adanya penggunaan lampu lalu lintas, diharapkan dapat mengurangi konflik lalu lintas. Gerakan kendaraan dapat dibagi menjadi beberapa kategori yaitu pemisah, penggabungan, menyalip berpindah jalur, dan penyilangan. Berikut contoh perbandingan antara jumlah konflik yang terjadi pada simpang bersinyal.



Gambar 1 Konflik Lalu Lintas Pada Simpang Empat Lengan

Arus Lalu Lintas

Data volume lalu lintas didapat pada saat survey yaitu dihitung dengan cara menjumlahkan seluruh kendaraan yang lewat tiap 10 menit kemudian dijadikan jam untuk memperoleh arus total (Q) dalam satuan kend/jam. Kemudian arus total (Q) dikalikan dengan faktor emp sehingga diperoleh arus total (Q) kendaraan dalam satuan smp/jam.

Tabel 1 Faktor (emp)

| Jenis kendaraan | Ekivalensi mobil penumpang (emp) |
|-----------------------|----------------------------------|
| Kendaraan berat (HV) | 1,2 |
| Kendaraan ringan (LV) | 1,0 |
| Sepeda motor (MC) | 0,25 |
| Sepeda (UMV) | 0,2 |

(Sumber: MKJI, 1997)

Fase Sinyal

Fase sinyal adalah rangkaian kondisi yang diberlakukan untuk beberapa arus yang mendapatkan identifikasi lampu lalu lintas yang sama. Fase sinyal yang baik adalah fase yang menghasilkan kapasitas besar dan rata-rata tundaan rendah.

Nilai Arus Jenuh

Nilai arus jenuh dapat dihitung menggunakan rumus:

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{cf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt}$$

Keterangan:

- S_o = arus jenuh dasar (smp/jam hijau)
- F_{cs} = faktor koreksi ukuran kota
- F_{sf} = faktor koreksi hambatan samping
- F_g = faktor koreksi kelandaian
- F_p = faktor koreksi parker
- F_{rt} = faktor koreksi belok kanan
- F_{lt} = faktor koreksi belok kiri

Rasio Arus/Arus Jenuh

Rasio arus dihitung menggunakan rumus:

$$FR = \frac{Q}{S}$$

Keterangan:

FR = rasio arus/rasio arus jenuh

S = nilai arus jenuh

$$PR = \text{Rasio fase} = \frac{FR_{crit}}{IFR}$$

Keterangan:

Frcrit = nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

IFR = perbandingan arus simpang = $\sum(Frcrit)$

Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

$$C = S \times g/c$$

Keterangan :

C = kapasitas sesungguhnya (smp/jam)

S = nilai arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus yang disesuaikan

$$DS = \frac{Q}{C}$$

Keterangan :

DS = derajat kejenuhan (smp/jam)

Q = arus total (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

Panjang Antrian

Nilai dari jumlah antrian dihitung dengan rumus :

$$NQ1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C} \right]$$

Keterangan :

NQ1 = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

C = kapasitas (smp/jam)

DS = derajat kejenuhan (smp/jam)

$$NQ2 = c \times \left[\frac{1 - GR}{1 - GR > DS} \times \frac{Q}{3600} \right]$$

Keterangan :

NQ2 = jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (kend;smp)

C = waktu siklus

GR = g/c (rasio hijau)

DS = derajat kejenuhan (smp/jam)

Q = volume lalu lintas (smp/jam)

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Keterangan :

NQ = jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau

NQ1 = jumlah antrian smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ2 = jumlah antrian smp yang datang selama fase merah

$$QL = \frac{NQ_{Max} \times 20}{W_{masuk}}$$

Keterangan :

QL = panjang antrian

NQ_{max} = jumlah antrian

W_{masuk} = lebar masuk

Kendaraan Henti

Angka henti sebagai jumlah rata-rata per smp untuk perancangan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

Keterangan:

NS = angka henti

NQ = jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

c = waktu siklus (det)

$$Nsv = Q \times NS$$

Keterangan:

Nsv = jumlah kendaraan terhenti

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

NS = angka henti

$$NStotal = \frac{\sum Nsv}{\sum Q}$$

Keterangan:

NStotal = angka henti total seluruh simpang

$\sum Nsv$ = jumlah kendaraan terhenti

$\sum Q$ = arus lalu lintas (smp/jam)

Tundaan

Tundaan merupakan tambahan waktu tempuh yang digunakan untuk melalui persimpangan apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa suatu simpang. Tundaan terdiri dari tundaan lalu lintas dan tundaan geometrik. Tundaan lalu lintas dihitung menggunakan rumus berikut :

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} \times \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

Keterangan :

DT = tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)

c = waktu siklus yang disesuaikan (det)

GR = rasio hijau (g/c)

DS = derajat kejenuhan (smp/jam)

NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = kapasitas (smp/jam)

Tundaan geometrik rata-rata (DG) untuk masing masing pendekat dihitung menggunakan rumus :

$$DG = (1 - Psv) \times P_T \times 6 + (Psv \times 4)$$

Keterangan :

PSV = rasio kendaraan berhenti pada pendekat

PT = rasio kendaraan berbelok pada pendekat

$$D = DT + DG$$

Keterangan :

D = tundaan rata rata tiap pendekat

DT = rata-rata tundaan lalu lintas tiap pendekat (det/smp)

DG = rata-rata tundaan geometrik tiap pendekat (det/smp)

$$Dtot = D \times Q$$

Keterangan :

Dtot = tundaan total

D = tundaan rata-rata tiap pendekat

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

$$D = \Sigma Dtot / \Sigma Q$$

Keterangan :

D = tundaan rata-rata simpang

Qtot = tundaan total semua pendekat

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

Level of Service (LOS)

Level of service merupakan ukuran tingkat pelayanan lalu lintas.

Tabel 2 Tingkat Pelayanan

| Tingkat Pelayanan | Tundaan |
|-------------------|-----------|
| A | < 5,0 |
| B | 5,10-15,0 |
| C | 15,1-25,0 |
| D | 25,1-40,0 |
| E | 40,1-60,0 |
| F | >6,0 |

(Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015)

Geometrik

Geometrik merupakan badan jalan raya yang dibangun diatas permukaan tanah. Bagian-bagian geometri jalan yaitu diantaranya :

- Jalur lalu lintas
- Lajur lalu lintas
- Bahu jalan
- Jalur pejalan kaki
- Saluran drainase
- Sempadan bangunan
- Daerah manfaat jalan
- Daerah milik jalan
- Daerah pengawasan jalan
- Jalur hijau
- Median

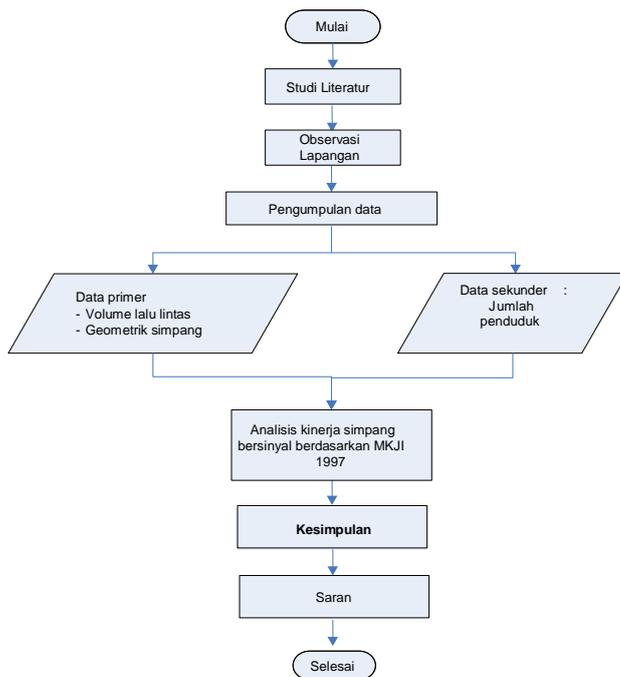
Pada perencanaan geometrik jalan akan berpengaruh pada tingkat kecelakaan yaitu diantaranya adalah:

- Pelebaran lajur akan mengurangi tingkat kecelakaan
- Pelebaran pada kondisi permukaan bahu dapat meningkatkan keselamatan lalu lintas
- Penambahan lajur untuk menyalip pada daerah yang data dapat mengurangi kecelakaan
- Meluruskan tikungan tajam dapat mengurangi tingkat kecelakaan
- Pemisah tengah dapat mengurangi kecelakaan.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir

Berikut merupakan diagram alir dalam penelitian ini.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Lokasi Penelitian



Gambar 3 Lokasi Penelitian

Keterangan :

A : Simpang Bersinyal Jl. Pahlawan – Jl. Jawa – Jl. Ahmad Yani (Simpang Tugu Pecel)

B : Simpang Bersinyal Jl. Dr. Sutomo – Jl. Diponegoro – Jl. Dr. Sutomo – Jl. RA Kartini (Simpang Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kartini)

C : Simpang Bersinyal Jl. S. Parman – Jl. Diponegoro – Jl. Thamrin – Jl. Rimba Dharma – Jl. Diponegoro (Simpang Diponegoro)

Data primer

Data primer diperoleh dari survei lapangan di lokasi penelitian dengan tujuan untuk memperoleh data yang diperlukan untuk kelengkapan penelitian. Yang termasuk di dalam data primer antara lain :

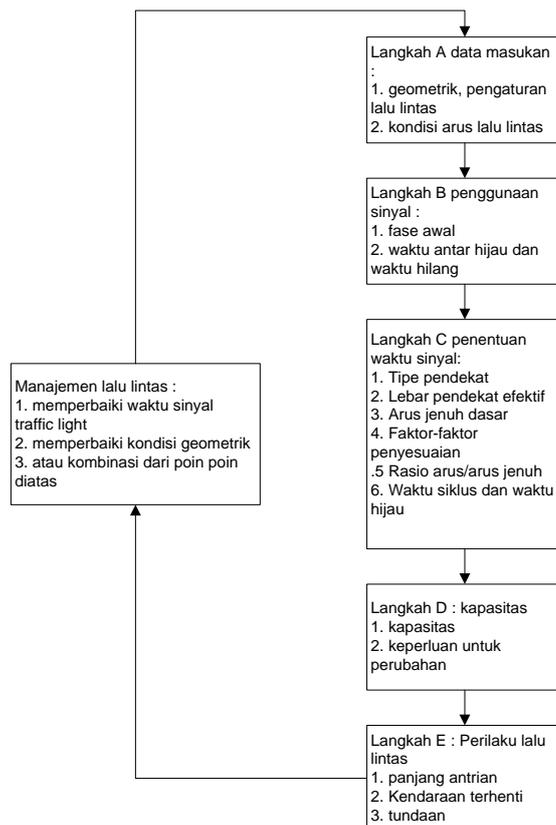
- Data volume lalu lintas
- Data geometrik jalan

Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan studi literature terdahulu maupun mengajukan pada instansi-instansi terkait yang berupa data jumlah penduduk di wilayah yang ditinjau.

Analisis Lalu Lintas Simpang Bersinyal

Setelah mengetahui tingkat kinerja simpang pada kondisi eksisting, tahap selanjutnya adalah manajemen lalu lintas simpang dengan melakukan langkah-langkah perhitungan sebagaimana pada gambar berikut.



Gambar 4 Diagram Alir Perhitungan Simpang Bersinyal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting Daerah Penelitian Persimpangan

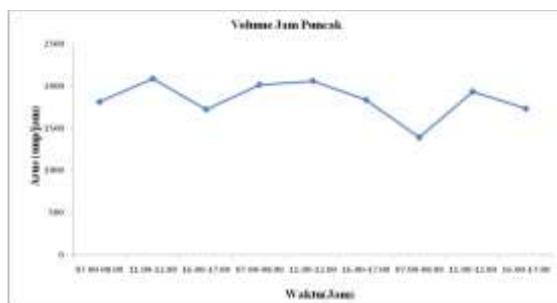
Kondisi lingkungan dan tata guna lahan di daerah persimpangan Ruang Terbuka Hijau Kartini, Tugu Pecel dan Diponegoro merupakan kawasan komersil. Terdapat beberapa pemukiman penduduk dan perkantoran di sekitar persimpangan, dimana hal tersebut menyebabkan arus lalu lintas yang tinggi.

Berdasarkan hasil survei diperoleh data volume lalu lintas sebagai berikut:

Tabel 3 Volume Lalu Lintas Simpang RTH Kartini

| Waktu | Arus (smp/jam) |
|-------------|----------------|
| 08.00-09.00 | 1813 |
| 11.00-12.00 | 2089 |
| 16.00-17.00 | 1724 |
| 08.00-09.00 | 2016 |
| 11.00-12.00 | 2063 |
| 16.00-17.00 | 1837 |
| 08.00-09.00 | 1390 |
| 11.00-12.00 | 1936 |
| 16.00-17.00 | 1732 |

(Sumber : Analisis penulis, 2019)



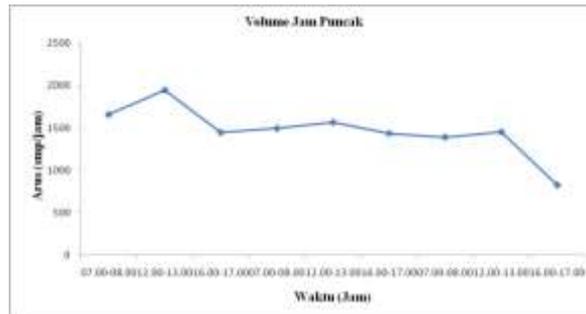
Gambar 5 Grafik volume lalu lintas simpang RTH Kartini

Berdasarkan grafik tersebut, arus tertinggi yaitu pada pukul 11.00-12.00 dengan total arus 2089 smp/jam.

Tabel 4 Volume Lalu Lintas Simpang Tugu Pecel

| Waktu | Arus (smp/jam) |
|-------------|----------------|
| 08.00-09.00 | 1658 |
| 11.00-12.00 | 1945 |
| 16.00-17.00 | 1446 |
| 08.00-09.00 | 1494 |
| 11.00-12.00 | 1565 |
| 16.00-17.00 | 1435 |
| 08.00-09.00 | 1391 |
| 11.00-12.00 | 1452 |
| 16.00-17.00 | 827 |

(Sumber : Analisis penulis, 2019)

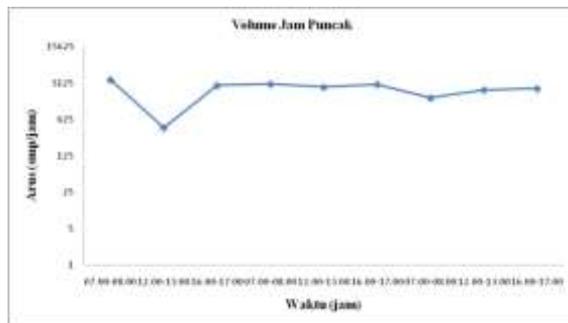


Gambar 6 Grafik Volume Jam Puncak Simpang Tugu Pecel Arus tertinggi untuk simpang Tugu Pecel yaitu 1945 smp/jam.

Tabel 5 Volume Lalu Lintas Simpang Diponegoro

| Waktu | Arus (smp/jam) |
|-------------|----------------|
| 08.00-09.00 | 3583 |
| 11.00-12.00 | 429 |
| 16.00-17.00 | 2784 |
| 08.00-09.00 | 2961 |
| 11.00-12.00 | 2588 |
| 16.00-17.00 | 2916 |
| 08.00-09.00 | 1605 |
| 11.00-12.00 | 2290 |
| 16.00-17.00 | 2412 |

(Sumber : Analisis penulis, 2019)



Gambar 7 Grafik volume lalu lintas simpang Diponegoro

Berdasarkan grafik tersebut, arus tertinggi untuk simpang Diponegoro yaitu 3583 smp/jam.

Kondisi Lampu Lalu Lintas

Kondisi lampu lalu lintas pada persimpangan Ruang Terbuka Hijau Kartini menggunakan 4 fase, dimana fase pertama yaitu Jl. Dr. Soetomo dari pendekat selatan, fase kedua yaitu Jl. RA. Kartini dari pendekat barat, fase ketiga yaitu Jl. Dr. Soetomo dari pendekat utara, dan fase keempat yaitu Jl. Diponegoro dari pendekat timur. Berikut merupakan sinyal lampu lalu lintas pada simpang Ruang Terbuka Hijau Kartini.

Tabel 6 Sinyal Lampu Simpang Ruang Terbuka Hijau Kartini

| Sinyal | Jl. Dr. Soetomo (S) (detik) | Jl. Diponegoro (T) (detik) | Jl. Dr. Soetomo (U) (detik) | Jl. RA. Kartini (B) (detik) |
|--------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Merah | 78 | 80 | 88 | 89 |
| Kuning | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Hijau | 24 | 24 | 14 | 14 |

(Sumber : Hasil survei, 2019)

Pada persimpangan Tugu Pecel menggunakan 3 fase, dimana fase pertama yaitu Jl. Pahlawan dari pendekat utara, fase kedua yaitu Jl. Jawa dari pendekat timur dan fase ketiga yaitu Jl. Ahmad Yani dari pendekat barat. Sinyal lampu lalu lintas pada simpang Tugu Pecel yaitu sebagai berikut:

Tabel 7 Sinyal Lampu Simpang Tugu Pecel

| Sinyal | Jl. Pahlawan (detik) | Jl. Jawa (detik) | Jl. Ahmad Yani (detik) |
|--------|----------------------|------------------|------------------------|
| Merah | 58 | 65 | 63 |
| Kuning | 2 | 2 | 2 |
| Hijau | 25 | 20 | 20 |

(Sumber : Hasil survei, 2019)

Pada persimpangan Diponegoro menggunakan 5 fase, dimana fase pertama yaitu Jl. Thamrin, fase kedua yaitu Jl. Rimba Dharma, fase ketiga yaitu Jl. Diponegoro dari pendekat barat, fase keempat yaitu Jl. S. Parman, dan fase kelima yaitu Jl. Diponegoro dari pendekat timur. Sinyal lampu lalu lintas simpang Diponegoro yaitu sebagai berikut:

Tabel 8 Sinyal Lampu Simpang Diponegoro

| Sinyal | Jl. S. Parman | Diponegoro | Thamrin | Rimba Dharma | Diponegoro |
|--------|---------------|------------|---------|--------------|------------|
| | (detik) | | | | |
| Merah | 98 | 100 | 10 | 103 | 103 |
| Kuning | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Hijau | 19 | 20 | 20 | 16 | 16 |

(Sumber : Hasil survei, 2019)

Analisa Kinerja Lalu Lintas Persimpangan

Dengan menggunakan metode MKJI, nilai kinerja lalu lintas simpang bersinyal didapat seperti pada tabel berikut:

Tabel 6 Analisis Kinerja Lalu Lintas

| No | Persimpangan | Tundaan (smp/detik) |
|----|--------------|---------------------|
| 1 | RTH Kartini | 35,89 |
| 2 | Tugu Pecel | 25,94 |
| 3 | Diponegoro | 1869,34 |

(Sumber: Analisis penulis, 2019)

Tingkat pelayanan simpang dapat diketahui dari besarnya nilai tundaan yang diperoleh pada persimpangan. Pada simpang RTH Kartini diperoleh nilai tundaan 35,89 smp/detik dengan kategori tingkat pelayanan D. Pada persimpangan Tugu Pecel diperoleh nilai tundaan 25,94 smp/detik dengan kategori tingkat pelayanan D. Pada persimpangan Diponegoro diperoleh nilai tundaan 1869,34 smp/detik dengan kategori tingkat pelayanan F.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan:

1. Hasil analisa kinerja lalu lintas pada kondisi eksisting persimpangan Ruang Terbuka Hijau Kartini diperoleh nilai tundaan sebesar 35,89 smp/detik, pada persimpangan Tugu Pecel diperoleh nilai tundaan sebesar 25,94 smp/detik dan pada persimpangan Diponegoro diperoleh nilai tundaan sebesar 1869,34 smp/detik. Dari nilai tundaan

yang diperoleh tersebut menunjukkan bahwa kinerja lalu lintasnya masih kurang baik karena tundaan yang tinggi.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dalam pengamatan survei lalu lintas harian, waktu pelaksanaan survei ditambah agar data yang diperoleh lebih akurat.
2. Sebaiknya ditambahkan simulasi untuk menganalisis kondisi lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

Alamsyah, Alik Ansyori. 2008. *Rekayasa Lalu Lintas*, Edisi Revisi. Malang: UPT Penerbitan Universitas Muhammadiyah Malang.

Direktorat Jendral Bina Marga, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta.

Luthfan, Azharan. 2012. *Evaluasi Kinerja Manajemen Lalu Lintas Jalanan Bundaran Bintaro Sektor 7 Menjadi Simpang Bersinyal Akibat Pembangunan Jalan Layang Bintaro Jaya*. Depok: Universitas Indonesia.

Paramarto, Nolo, Priyo Hartono, Ismiyati, dan Bagus Hario Setiadji. 2014. *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Dengan Menggunakan Program Synchro (Studi Kasus Pada Simpang Jl. Majapahit-Jl. Fatmawati dan Jl. Majapahit-Jl. Soekarno Hatta, Semarang)*. Semarang: Universitas Diponegoro.

Standar Nasional Indonesia Tahun 2004 Tentang Geometrik Jalan Perkotaan

Sugeng, Maryono. *Dasar Perencanaan Jalan, Survei dan Data Pendukung*. http://www.academia.edu/5740385/dasar_perencanaan_jalan_survai_and_data_pendukung/. Diunduh pada 1 April 2019 pukul 07.02.

Tulus, Muh. Ikrar. 2018. *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Kota Makasar Menggunakan Quantum GIS*. Makasar: Universitas Hasanudin.

Taufikurrahman. 2011. *Evaluasi Dan Penanganan Simpang Empat Bersinyal Menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Malang: Universitas Wisnuwardhana Malang. Jurnal ISBN: 978-979-18342-3-0.

Widhi, Ganang Nugroho, Ahmad Wicaksono, dan M. Ruslin Anwar. 2015. *Analisis Kemacetan Pada Simpang Jawa Di Kota Madiun*. Malang: Universitas Brawijaya. Jurnal Tata Kota dan Daerah Volume 7, Nomor 2, Desember 2015.

Wikrama, Jaya. 2011. *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat-Jalan Gunung Salak)*. Denpasar: Universitas Udayana Denpasar.

Willem Rumbay, Edo., dan Aden Febrian Nugroho. 2017. *Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Pada Jalan Dharmahusada-Jalan Karangmenjangan-Jalan Prof. Dr. Mustopo, Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.