

LAPORAN PENELITIAN

*“Studi Mikrosimulasi Penilaian Kinerja
Persimpangan Bersinyal Jalan Ir. H Juanda-
Cikapayang”*

Andrean Maulana, ST., MT.



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG - 2019**

Studi Mikrosimulasi Penilaian Kinerja Persimpangan Bersinyal Jalan Ir. H Juanda - Cikapayang

Andreas Maulana

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional
Jl. PKH. Hasan Mustapa No. 23 Bandung 40124, E-mail: @gmail.com

Fikri Aulia Nugraha

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional
Jl. PKH. Hasan Mustapa No. 23 Bandung 40124, E-mail: fikrinugrahaaa@gmail.com

Abstrak

Persimpang Jalan. Ir. H. Juanda – Cikapayang merupakan salah satu persimpangan yang berada di tengah pusat Kota Bandung yang merupakan pertemuan jalan arteri utama. Persimpangan ini sering mengalami kemacetan lalu lintas, terutama saat jam sibuk. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kinerja simpang bersinyal Cikapayang pada kondisi eksisting serta mengetahui alternatif pemecahan masalah yang tepat. Metode analisis dalam penelitian ini berdasarkan pendekatan simulasi mikroskopik, yang dapat digunakan pada kondisi jenuh. Hasil validasi dengan arus lalu lintas lapangan dinyatakan dengan nilai GEH < 5. Ini menunjukkan bahwa model sudah valid dan dapat digunakan untuk analisis selanjutnya. Analisis kinerja simpang dinilai berdasarkan Panjang antrian dan Tundaan simpang. Analisis menunjukkan bahwa persimpangan Cikapayang kurang layak, kondisi eksisting memiliki Panjang antrian dan tundaan rata-rata sebesar 121,97 meter dan 91,20 detik. Alternatif pemecahan masalah yang paling baik untuk simpang Cikapayang adalah dengan melakukan pelebaran dan memisahkan pergerakan lurus dan belok kanan pada arah barat-timur serta merubah waktu sinyal, dengan hasil masing-masing Panjang antrian dan Tundaan rata-rata simpang sebesar 24,24 meter dan 29,84 detik.

Kata-kata kunci: Simpang, mikrosimulasi, antrian, tundaan

Abstract

Ir.H.Juanda–Cikapayang Intersection is one of the major intersections be in the Bandung City which a crossing of the main arterial roads. This intersection often experienced traffic jam, especially during peak hours. The purpose of this research is to analyze the performance of Cikapayang signalized intersection on the existing condition and determine the appropriate alternative solution. The method of analysis in research is based on the microscopic simulation that can be used at the intersection of saturated conditions. The results of the validation with traffic flow is stated with GEH value <5. This showed that the model had been valid can be used to review further analysis. The performance analysis of the intersection is expressed on the length of the queue and the delay of the intersection. The analysis showed that the intersection Cikapayang less decent, in the existing condition obtained queue length and delay of 121,97 meters dan 91,20 seconds. An alternative resolution is best for Cikapayang Intersection is to do widening road and separates the movement straight and turn right in the direction East-West as well as changing the time signal, in Alternative condition obtained queue length and delay of 24,24 meters and 29,84 seconds.

Keywords: *Intersection, microsimulation, queue, delay*

1. Pendahuluan

Jaringan jalan perkotaan umumnya memiliki banyak persimpangan jalan yang membuat keberadaan suatu persimpangan tidak dapat dihindari. Banyaknya persimpangan sangat mempengaruhi pergerakan arus lalu lintas yang menyebabkan terjadinya tundaan dan antrian. Simpang harus dikelola sedemikian rupa sehingga dapat menunjang kelancaran pergerakan arus lalu lintas (Papageorgiou, Diakaki, Dinopoulou, Kotsialos, & Wang, 2003).

Salah satu bentuk pengaturan simpang adalah dengan menggunakan Alat Pengendali Isyarat Lalu Lintas (APILL) atau disebut juga simpang bersinyal. Banyak

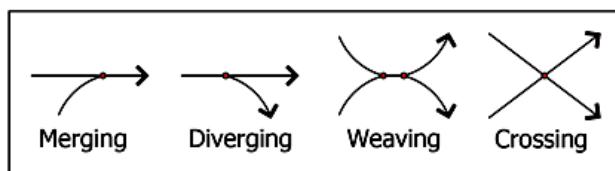
penelitian yang sudah dilakukan terkait analisis penggunaan simpang bersinyal. Prayitno, Abidin, and Huda (2019) menemukan bahwa perubahan waktu siklus dan fase pada simpang bersinyal dapat meningkatkan kinerja simpang bersinyal. Kumaravel and Ayyagari (2018) melakukan optimasi untuk mencari waktu siklus dengan memaksimumkan keselamatan pejalan kaki. Liu, Xu, Shen, and Jin (2018) menggunakan mikrosimulasi untuk merekomendasikan rencana waktu hijau dan jumlah lajur belok tambahan yang dibutuhkan. Kondisi lalu lintas *oversaturated* membutuhkan penanganan khusus juga, seperti pengaturan waktu siklus yang pendek, ukuran untuk menyatakan kondisi *bottleneck* dan penambahan lajur pada pendekat simpang (Ramadurai, 2015).

Contoh kasus permasalahan simpang yang ada di kota besar seperti Kota Bandung adalah Persimpangan Jalan. Ir. H. Juanda - Jalan Cikapayang. Ini merupakan persimpangan besar dan berkaki banyak, sehingga banyak kendaraan yang tidak sesuai lajur saat bermanuver yang menyebabkan banyaknya titik konflik pada persimpangan. Kemacetan di simpang ini juga disebabkan oleh volume lalu lintas yang tinggi dan ditambah adanya gangguan arus lalu lintas yang dikarenakan adanya pertemuan jalan di dekat persimpangan Jalan. Ir. H. Juanda - Jalan Cikapayang. Penelitian ditujukan untuk melakukan analisis kinerja pada persimpangan Jalan. Ir. H. Juanda - Jalan Cikapayang dan memberikan rekomendasi pengamanan manajemen lalu lintas yang tepat untuk meningkatkan kinerja simpang tersebut.

2. Tinjauan Literatur

2.1 Persimpangan

Persimpangan adalah simpul dalam jaringan transportasi di mana dua atau lebih ruas jalan bertemu. Keberadaan persimpangan pada suatu jaringan jalan, ditujukan agar kendaraan bermotor, pejalan kaki, dan kendaraan tidak bermotor dapat berpindah atau berubah arah perjalanan. Konflik pada persimpangan terjadi akibat dari pergerakan (manuver) kendaraan di persimpangan jalan. Terdapat empat macam pola dasar pergerakan lalu lintas kendaraan yaitu: *Merging* (bergabung), *Diverging* (berpisah), *Weaving* (berjalin), dan *Crossing* (berpotongan), seperti tertera pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Pergerakan lalu lintas

Ada beberapa cara untuk mengurangi konflik pergerakan lalu-lintas pada suatu persimpangan (Banks, 2002 dan Tamin, 2000), yaitu:

1. Solusi *Time-sharing*

Solusi ini melibatkan pengaturan penggunaan badan jalan untuk masing-masing arah pergerakan lalu-lintas pada setiap periode tertentu. Contohnya adalah pengaturan fase.

2. Solusi *Space-sharing*

Prinsip dari solusi jenis ini adalah dengan merubah konflik pergerakan dari crossing menjadi jalinan atau *weaving* (kombinasi *diverging* dan *merging*). Contohnya adalah bundaran lalu-lintas (*roundabout*).

3. Solusi *Grade Separation*

Solusi jenis ini meniadakan konflik pergerakan bersilangan, yaitu dengan menempatkan arus lalu-lintas pada elevasi yang berbeda pada titik konflik. Contohnya adalah persimpangan tidak sebidang.

2.2 Manajemen lalu lintas

Manajemen lalu lintas yaitu suatu proses pengaturan arus lalu lintas dan penggunaan sistem prasarana jalan yang sudah ada untuk mengoptimalkan kinerja lalu lintas dengan tujuan memperlancar sistem pergerakan tanpa perlu penambahan/pembuatan infrastruktur baru.

Dalam menghitung kapasitas simpang bersinyal parameter-parameter (Indonesia & Marga, 1997) yang digunakan adalah:

1. Panjang Antrian

Jumlah rata-rata antrian kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya yg dihitung sebagai jumlah kendaraan terhenti dan ditambah jumlah kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah.

2. Tundaan

Tundaan pada suatu simpang terjadi karena dua hal, yaitu tundaan lalu lintas, dan tundaan geometrik. Tundaan lalu lintas adalah waktu menunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Tundaan geometri diperoleh dari perlambatan dan percepatan kendaraan yang berubah arah/berbelok di persimpangan yang dipengaruhi oleh geometri jalan.

3. Metode Penelitian

Untuk melakukan analisis kinerja simpang bersinyal, penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi model mikroskopik. Vuong, Mou, Nguyen, and Vu (2018), Maulana (2017) dan Shahdah, Saccomanno, and Persaud (2015) merupakan beberapa contoh penelitian yang sudah menggunakan model mikroskopik untuk analisis kinerja simpang bersinyal. Model mikroskopik menggambarkan sistem dan interaksi transportasi dengan tingkat kejelasan yang tinggi dan mencoba untuk menggabungkan berbagai fenomena lalu lintas. Kebanyakan sistem simulasi lalu lintas sekarang berdasarkan pada simulasi interaksi antar kendaraan yang bersifat mikroskopik. Model ini berisi proses logika yang menggambarkan perilaku satuan kendaraan. Alat bantu yang digunakan untuk menjalankan model mikroskopik adalah PTV Vissim. Prosedur penggunaan alat bantu ini dijelaskan secara rinci pada Oregon (2011) dan Vissim (2016).

Salah satu hal yang penting ketika melakukan pemodelan adalah tahap kalibrasi dan validasi model. Kalibrasi model merupakan proses untuk menyamakan kondisi simulasi dengan kondisi lapangan dengan parameter yang disesuaikan sehingga model dapat mereplikasi lalu lintas hingga kondisi yang semirip mungkin. Proses kalibrasi dapat dilakukan berdasarkan perilaku pengemudi daerah yang diamati, tinjauan jaringan jalan dan asal tujuan pergerakan. Proses validasi dilakukan berdasarkan jumlah volume arus lalu lintas. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan rumus dasar *Chi-squared* berupa rumus statistik *Geoffrey E. Havers (GEH)* (Gustavsson, 2007) ditunjukan pada **Persamaan**

1. Rumus *GEH* berikut ini memiliki ketentuan khusus dari nilai error yang dihasilkan seperti pada **Tabel 1**.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{\text{simulasi}} - q_{\text{observasi}})^2}{0.5 \times (q_{\text{simulasi}} + q_{\text{observasi}})}} \quad (1)$$

Keterangan :

q_{simulasi} = data arus lalu lintas hasil simulasi (kend/jam).

$q_{\text{observasi}}$ = data arus lalu lintas hasil pengamatan langsung (kend/jam).

Tabel 1. Kesimpulan dari hasil perhitungan rumus statistik Geoffrey E. Havers

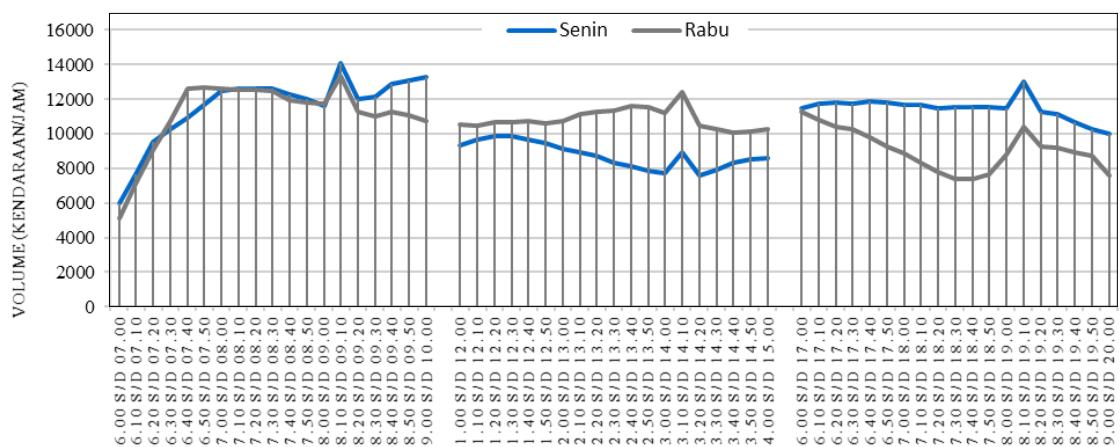
| Nilai GEH | Keterangan |
|------------------|---|
| < 5,0 | Diterima |
| 5,0 ≤ GEH ≤ 10,0 | Peringatan: kemungkinan model error atau data buruk |
| GEH > 10 | Ditolak |

4. Hasil dan Pembahasan

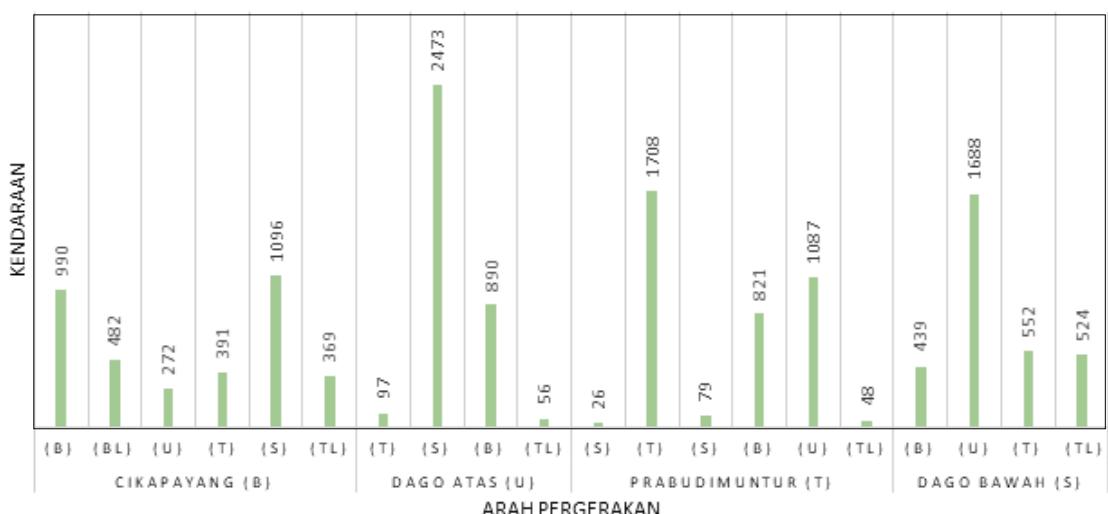
Kinerja lalu lintas kondisi eksisting akan dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan skenario penanganan, sehingga kinerja lalu lintas di Persimpangan Gasibu menjadi lebih baik.

4.1 Arus lalu lintas

Survei *traffic counting* dilakukan pada hari kerja (Senin tanggal 16 Oktober 2017 dan hari Rabu tanggal 18 Oktober 2017), dengan rincian jam 06:00 - 09:00, 11:00 - 14:00 dan 16:00-20:00. Variasi arus lalu lintas tertera pada **Gambar 2** dan proporsi jumlah arah pergerakan pada jam puncak tertera seperti **Gambar 3**. Deskripsi volume lalu lintas jam puncak hari Senin (16 Oktober 2017) pada pukul 08.10 - 09.10 WIB sebesar 14.088 kendaraan/jam dengan komposisi kendaraan 69,9% sepeda motor, 29,5% kendaraan ringan, 0,6% kendaraan berat dan 0,1% kendaraan tidak bermotor.



Gambar 2. Fluktuasi total arus lalu lintas di persimpangan



Gambar 3. Proporsi pergerakan arus belok di jam puncak

4.2 Kecepatan lalu lintas

Data kecepatan kendaraan diperoleh berdasarkan hasil pengamatan di lapangan pada hari Rabu (18 Oktober 2017) dengan jumlah sampel pengamatan 30 untuk masing-masing kendaraan ringan, kendaraan berat dan sepeda motor. Berdasarkan hasil analisis diperoleh hasil seperti yang tersaji pada **Tabel 2**. Berdasarkan **Tabel 2** dapat diketahui masing-masing kecepatan untuk 3 kriteria kendaraan. Kecepatan tempuh tertinggi terjadi pada ruas jalan Ir. H. Juanda (Dago Atas) dengan rata-rata kecepatan 29,84 km/jam, sedangkan yang terendah terjadi pada ruas jalan Cikipayang dengan rata-rata kecepatan 17,11 km/jam.

Tabel 2. Kecepatan Rata-rata Lalu lintas

| Klasifikasi kendaraan | Kecepatan Rata-rata (km/jam) | | | |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| | Jalan Cikipayang | Jl. Ir. H. Juanda (Dago Atas) | Jl. Ir. H. Juanda (Dago Bawah) | Jl. Prabudimuntur |
| Motor | 21,44 | 33,88 | 24,02 | 24,13 |
| Kendaraan Ringan | 17,47 | 32,18 | 20,10 | 19,23 |
| Kendaraan Berat | 12,41 | 23,44 | 13,26 | 19,53 |
| Rata-rata | 17,11 | 29,84 | 19,12 | 20,96 |

4.3 Kinerja simpang eksisting

Parameter yang ditinjau berupa panjang antrian dan tundaan, parameter tersebut digunakan sebagai tolak ukur kinerja simpang. Hasil yang diperoleh menunjukkan semua lengan pendekat memiliki kinerja simpang yang buruk. Secara keseluruhan Persimpangan Jl. Ir. H. Juanda-Cikipayang memiliki panjang antrian rata-rata sebesar 121,97 meter, dan tundaan rata-rata 91,20 detik. Hasil selengkapnya tersaji pada **Tabel 4**.

Tabel 3. Panjang antrian dan tundaan kondisi eksisting

| Tingkat Pelayanan Simpang | Nilai Tundaan Rata-rata (detik) |
|---------------------------|---------------------------------|
| A | ≤ 10 |
| B | 10-15 |
| C | 15-25 |
| D | 25-35 |
| E | 35-50 |
| F | >50 |

Tabel 4. Panjang antrian dan tundaan kondisi eksisting

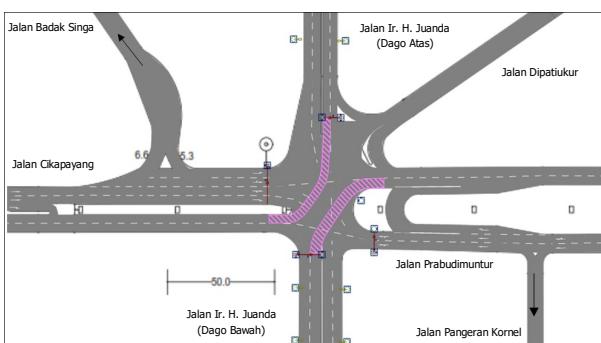
| Pendekat | Panjang Antrian (meter) | Tundaan Simpang (detik) | Tingkat Pelayanan Simpang |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Jalan Ir.H Juanda (Dago Bawah) | 31,31 | 35,9 | |
| Jalan Cikipayang | 198,78 | 196,03 | |
| Jalan Ir.H Juanda (Dago Atas) | 82,06 | 61,25 | F |
| Jalan Prabudimuntur | 175,74 | 71,6 | |
| Rata-rata | 121,97 | 91,20 | |

4.4 Skenario pemodelan

Dari hasil analisis PTV Vissim kondisi eksisting diperoleh hasil rekapitulasi Panjang Antrian Kendaraan (QL), Tundaan (D) dan Tingkat Pelayanan (LOS) yang menyatakan bahwa semua pendekat simpang Cikipayang tidak layak karena memiliki kinerja dengan tundaan > 60 detik maka tingkat pelayanan simpang bernilai F, maka diperlukan alternatif solusi untuk memperbaiki kinerja lalu lintas pada simpang Cikipayang. Dipakai tiga alternatif pemecahan masalah untuk memperbaiki Persimpangan Jl. Ir. H. Juanda - Cikipayang.

4.3.1 Alternatif 1

Alternatif 1 rekayasa persimpangan Jalan Ir. H Juanda - Jalan Cikipayang yaitu yang pertama dengan mengoptimasi waktu hijau berdasarkan pendekatan simulasi mikroskopik tanpa merubah waktu siklus dan tanpa merubah fase. Kedua, membuat Jalan Pangeran Kornel dan Jalan Badak Singa menjadi satu arah untuk menghilangkan konflik *weaving* yang terjadi di dekat simpang. Ketiga, memajukan lampu lalu lintas dan membuat pulau kanalisasi pada lengan utara (Jl Ir. H. Juanda) agar dapat belok langsung ke arah Jalan Dipatiukur. Keempat membuat *marking path* (warna ungu) seperti pada **Gambar 4** untuk mengurangi titik konflik dan merapikan pergerakan arus kendaraan ketika berbelok atau berpindah jalan pada simpang.



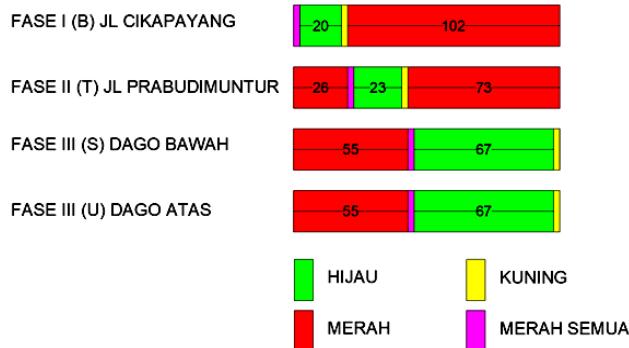
Gambar 4. Rekayasa yang dilakukan pada Alternatif 1

4.3.2 Alternatif 2

Alternatif 2 rekayasa persimpangan Jalan Ir. H Juanda - Jalan Cikipayang yaitu dengan perubahan waktu siklus, Untuk mengoptimalkan kinerja lalu lintas diberlakukan manajemen lalu lintas dengan cara membuat Jalan Pangeran Kornel dan Jalan Badak Singa menjadi satu arah dan membuat *marking path* di kotak persimpangan. Perubahan waktu siklus dapat dilihat pada **Gambar 5**.

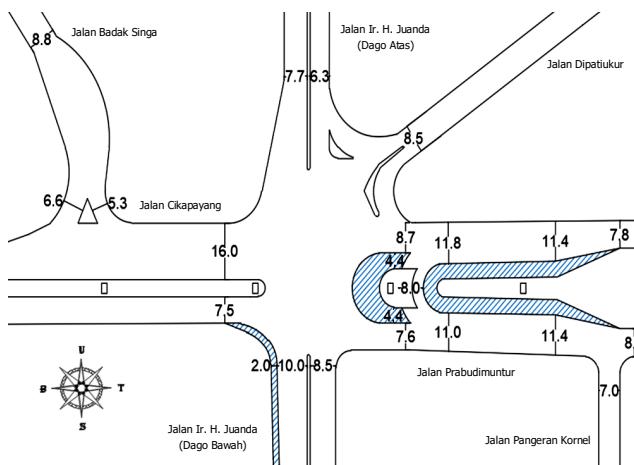
4.3.3 Alternatif 3

Alternatif 3 rekayasa persimpangan Jalan Ir. H Juanda - Jalan Cikipayang yaitu dengan melebarkan Jalan Prabudimuntur dan perubahan waktu siklus serta fase dengan memisahkan pergerakan lurus dan belok pada arah timur-barat. Manajemen lalu lintas dilakukan pada Jalan Pangeran Kornel dan Jalan Badak Singa menjadi

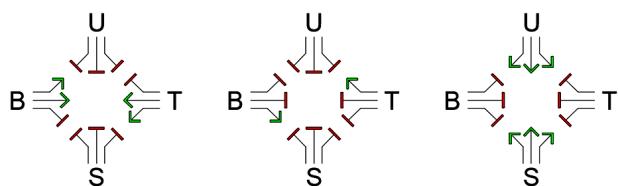


Gambar 5. Waktu sinyal dan diagram fase alternatif 2

satu arah, memajukan garis *stopline* Alat Pemberi Isyarat Lampu Lalu Lintas (APILL), membuat pulau kanalisasi pada lengan utara dan membuat *marking path*. Pelebaran dilakukan di lengan timur dan selatan seperti terlihat pada **Gambar 6**. Perubahan waktu siklus dan fase dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 6. Pelebaran jalan (m) pada alternatif 3

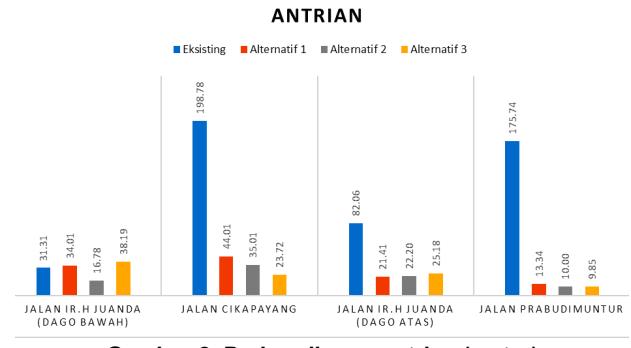


Gambar 7. Pergerakan lalu lintas pada alternatif 3

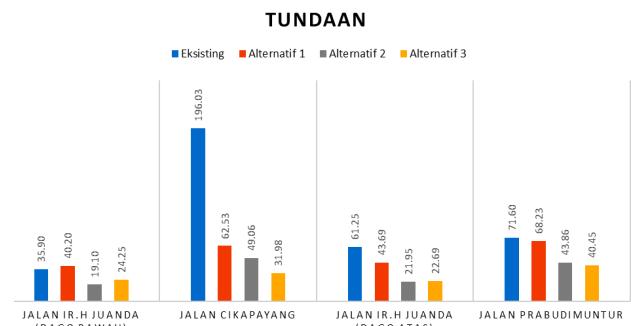
4.5 Rekapitulasi hasil alternatif

Setelah dijelaskan beberapa alternatif untuk perbaikan Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda - Cikapayang. Pada **Gambar 8**, **Gambar 9** dan **Tabel 5** berikut ini dijabarkan rekapitulasi hasil analisis dari perbaikan Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda - Cikapayang.

Alternatif 1 tingkat pelayanan simpang mengalami peningkat dan memiliki nilai pelayanan E dengan tundaan rata-rata 59,19 detik. Alternatif 2 dilakukan perubahan fase yang awalnya 4 fase menjadi 3 fase, dan merubah waktu siklus yang awalnya 189 detik menjadi 128 detik. Dengan perubahan tersebut terbukti dapat



Gambar 8. Perbandingan antrian (meter)



Gambar 9. Perbandingan tundaan (detik)

Tabel 5. Rekapitulasi tingkat pelayanan persimpangan jalan Ir. H. Juanda-Cikapayang

| Persimpangan | Tingkat Pelayanan | | | |
|----------------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| | Eksisting | Alternatif 1 | Alternatif 2 | Alternatif 3 |
| Jalan Ir. H. Juanda - Cikapayang | F | E | D | D |
| Tundaan Rata-rata (detik) | 91,20 | 59,19 | 33,49 | 29,84 |

meningkatkan kinerja simpang. Tingkat pelayanan simpang pada alternatif 2 meningkat dan memiliki nilai pelayanan D dengan tundaan rata-rata 33,49 detik detik dan antrian 21 meter. Alternatif 3 menjadi skenario terbaik untuk meningkatkan kinerja Persimpangan Jl Ir. H. Juanda-Cikapayang, dengan nilai tingkat pelayanan D dan tundaan rata-rata 29,84 detik. Pelebaran Jalan Prabudimuntur pada alternatif 3 berakibat terhadap perubahan waktu hijau dan total waktu siklus yang ada, sehingga antrian dan tundaan turun lebih dari dua kali lipat, khususnya di Jalan Cikapayang.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Model simulasi mikro menjadi alat bantu yang digunakan untuk permasalahan pada simpang bersinyal. Pada kasus Persimpangan Jalan. Ir. H. Juanda – Jalan Cikapayang, model simulasi mikro yang digunakan dinyatakan valid dengan indikasi nilai GEH < 5 dan dapat mempresentasikan kondisi eksisting dan dapat digunakan untuk analisis selanjutnya. Hasil kinerja lalu lintas pada kondisi eksisting dikategorikan pada tingkat

pelayanannya dengan nilai F dengan tundaan rata-rata 91,20 detik. Perlu dilakukan rekayasa pada persimpangan untuk meningkatkan kinerja. Alternatif terbaik adalah Alternatif 3 yaitu pelebaran jalan, perubahan waktu siklus dan fase dengan memisahkan pergerakan lurus dan belok pada arah barat-timur, dan manajemen lalu lintas dengan cara membuat Jalan Pangeran Kornel dan Jalan Badak Singa menjadi satu arah untuk menghilangkan konflik *weaving* yang terjadi di dekat simpang, memajukan lampu lalu lintas dan membuat pulau kanalasi pada lengan pendekat utara. Dengan perubahan tersebut didapat hasil yang cukup signifikan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Tingkat pelayanan simpang pada alternatif 3 meningkat dan memiliki nilai pelayanan D dengan tundaan rata-rata 29,84 detik dan antrian 24,24 meter.

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian ini, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya berkaitan dengan Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda – Jalan Cikapayang yaitu dengan melalukan kordinasi pada simpang yang berdekatan agar kinerja simpang tersebut optimal.

6. Daftar Pustaka

- Banks, J. H , (2002), *Introduction to Transportation Engineering*, 2nd ed, New York: McGraw-Hill.
- Gustavsson, F. N. , (2007), *New Transportation Research Progress*, New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Indonesia, D. P. U. R., & Marga, D. J. B. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*.
- Maulana, A. (2017). Pengaruh Kebijakan ““4 in 1”” terhadap Kinerja Persimpangan Jl Dr. Djunjungan –Tol Pasteur dengan Menggunakan Simulasi Mikro. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 1(1).
- Oregon, D. (2011). Protocol for VISSIM simulation. *Oregon Department of Transportation*.
- Papageorgiou, M., Diakaki, C., Dinopoulou, V., Kotsialos, A., & Wang, Y. (2003). Review of road traffic control strategies. *Proceedings of the IEEE*, 91(12), 2043-2067.
- Prayitno, E. A., Abidin, Z., & Huda, M. (2019). Analisis Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. Raya Nginden-Jl. Raya Panjang Jiwo Menggunakan PKJI 2014. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 2(1), 23-28.
- PTV Vissim, 2016, PTV Vissim 9 Usser Manual, Germany: PTV AG.
- Shahdah, U., Saccomanno, F., & Persaud, B. (2015). Application of traffic microsimulation for evaluating safety performance of urban signalized intersections. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 60, 96-104.
- Tamin, O. Z. , 2000, Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, 2nd ed. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Vuong, X.-C., Mou, R.-F., Nguyen, H.-S., & Vu, T.-T. (2018). *Signal Timing Optimization of Isolated Intersection for Mixed Traffic Flow in Hanoi City of Vietnam Using VISSIM*. Paper presented at the International Conference on Smart Vehicular Technology, Transportation, Communication and Applications.