



## Analisis Pengaturan Ulang Waktu Siklus Pada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas Untuk Meningkatkan Keselamatan (Studi Kasus pada Simpang Empat Hangtuh Kota Tegal)

Zahdan Ferdian Ali<sup>1\*</sup>, Retno Mulatsih<sup>2</sup>, Listiati Amalia<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Universitas Maritim AMNI Semarang

Alamat: Jl. Soekarno-Hatta No. 180 Semarang

\*Korespondensi penulis: [zahdanferdian@gmail.com](mailto:zahdanferdian@gmail.com)

**Abstract.** *Intersection is a node in a transportation network where two or more roads meet and at this intersection there is a potential traffic conflict that may occur. Especially at the Maya signaled intersection, Tegal city, where one of the efforts to reduce traffic conflicts is to reset the cycle time and phase at the intersection. The intersection is given an APILL arrangement aimed at avoiding traffic conflicts and as an effort to maintain road capacity. The method used in the analysis of intersection performance is using calculations on MKJI and using PTV VISSIM software. As for the analysis of traffic conflicts by direct observation and compared with the SSAM software to determine the number of conflicts that occur. The next step is to provide recommendations for handling traffic conflict problems using PTV VISSIM software. Recommendations for handling are carried out by resetting the cycle time using 3 phase and 4 phase settings, which will then be compared with the initial conditions. From these recommendations that have been made using the PTV VISSIM software, the most appropriate recommendation is to use the 3 Phase setting. The results of the simulation of the 3-phase arrangement, it turns out to be effective in reducing the number of traffic conflicts and the level of service is still in good condition.*

**Keywords:** *Intersection, Safety, Traffic Conflict, Cycle Time, PTV VISSIM, SSAM*

**Abstrak.** Persimpangan merupakan simpul dalam jaringan transportasi dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu dan pada simpang inilah terdapat potensi konflik lalu lintas yang mungkin akan terjadi. Terutama pada simpang empat bersinyal Hangtuh kota Tegal, dimana salah satu upaya untuk mengurangi konflik lalu lintas dengan melakukan pengaturan ulang waktu siklus dan fase pada simpang. Simpang diberi pengaturan APILL bertujuan untuk menghindari terjadinya konflik lalu lintas sehingga dapat meningkatkan keselamatan, dan sebagai upaya untuk mempertahankan kapasitas jalan. Metode yang digunakan dalam analisis kinerja simpang adalah menggunakan perhitungan menggunakan MKJI dan *software* PTV VISSIM. Sedangkan untuk analisis konflik lalu lintas dengan melakukan pengamatan langsung dan dibandingkan dengan *software* SSAM untuk mengetahui jumlah konflik yang terjadi. Langkah selanjutnya yaitu dengan memberikan rekomendasi penanganan dari permasalahan konflik lalu lintas dengan menggunakan *software* PTV VISSIM. Rekomendasi penanganan yang dilakukan yaitu dengan melakukan pengaturan ulang waktu siklus menggunakan pengaturan 3 fase dan 4 Fase, yang selanjutnya dibandingkan dengan kondisi awal. Dari rekomendasi yang telah dilakukan menggunakan *software* PTV VISSIM, didapatkan rekomendasi yang paling tepat adalah menggunakan pengaturan 3 Fase. Hasil dari simulasi pengaturan 3 fase konflik *crossing* mengalami penurunan sebesar 31,73%, pengaturan 3 fase ini ternyata efektif mengurangi jumlah konflik lalu lintas dengan tingkat pelayanan B, masih dalam kondisi baik

**Kata kunci:** Simpang, Keselamatan, Konflik Lalu Lintas, PTV VISSIM, SSAM

### 1. LATAR BELAKANG

Pertumbuhan penduduk dalam satu wilayah perkotaan selalu di ikuti oleh peningkatan kebutuhan ruang. Menurut Cahyadi Nugroho(2022). Jumlah penduduk yang terus meningkat di suatu daerah akan mempengaruhi kebutuhan ruang yang semakin meningkat yang memicu

pertumbuhan dan perkembangan suatu kota. Pada dasarnya perkembangan suatu kawasan perkotaan dipengaruhi oleh beberapa aspek, yaitu aspek fisik, sosial, budaya, pengetahuan dan teknologi. Aspek fisik pembangunan perkotaan dapat diamati secara langsung dari tata guna lahan suatu kawasan perkotaan. Pembangunan fisik perkotaan dapat menyebabkan intensifikasi penggunaan lahan di dalam kota dan ekstensifikasi penggunaan lahan di pinggiran kota. Pola pembangunan perkotaan di daerah yang relatif datar umumnya mudah menyebar.

Kota Tegal merupakan salah satu wilayah di Provinsi Jawa Tengah yang berada di ujung barat dan terletak di pantai utara (Pantura) pulau Jawa. Dengan pertumbuhan penduduk yang sedang mengalami perkembangan yang pesat, dimana penduduknya kian waktu kian bertambah. Dilihat dari *update* terakhir BPS Kota Tegal pertumbuhan penduduk pada tahun 2021 sebesar 0,71%. Dengan jumlah penduduk kota Tegal pada tahun 2020 sebesar 273.825 jiwa sedangkan pada tahun 2021 sebesar 275.781 jiwa (BPS Kota Tegal, 2022).

Persimpangan merupakan simpul dalam jaringan transportasi dimanadua atau lebih ruas jalan bertemu dan pada simpang inilah terdapat potensikonflik kecelakaan maupun konflik hambatan yang mungkin akan terjadi. Konflik inilah yang kemudian nantinya dapat menjadi faktor penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas di setiap persimpangan jalan yang ada di Kota Tegal.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik kota Tegal pada tahun 2020, angka kecelakaan lalu lintas tercatat sebanyak 500 kasus dengan korban meninggal dunia 134 orang dan korban luka ringan 506 orang dengan kerugian material pada tahun 2020 mencapai Rp.3.168.000, dan pada tahun 2021 angka kecelakaan lalu lintas tercatat sebanyak 594 kasus dengan korban meninggal dunia 129 dengan korban luka ringan 636 adapun luka berat 4, dengan kerugian material pada tahun 2021 sebanyak Rp.74.150.000.

Selain itu, peningkatan penggunaan transportasi berdampak pada meningkatnya pergerakan manusia dan barang. Hal ini juga sangat menuntut peningkatan sarana dan prasarana transportasi. Bertambahnya jumlah kendaraan yang tidak diimbangi dengan perkembangan prasarana akan menimbulkan konflik pada jalan di persimpangan, atau bundaran, permasalahan pada simpang memiliki penyebab yang dapat mempengaruhi kinerja simpang, jumlah kecelakaan yang ada pada Simpang Hangtuh Kota

Tegal terbanyak ada pada taun 2022 yaitu sebanyak 34 kecelakaan dengan korban meninggal dunia sebanyak 1 kasus, korban luka berat sebanyak 11 kasus, dan korban luka ringan sebanyak 22 kasus.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **Keselamatan**

Menurut Muhammad Alfi Naufal (2021) Keselamatan dalam berlalulintas adalah salah satu bagian yang penting untuk menuju tujuan teknik lalulintas yang nyaman, aman, atau ekonomis. selamat dapat juga berarti suatu keadaan yang aman serta terhindar dan terlindungi secara fisik, sosial, pekerjaan atau berbagai konsekuensi lain dari kegagalan, kerusakan, kesalahan, kecelakaan, kerugian atau kejadian lain yang tidak diinginkan.

Keselamatan jalan raya merupakan suatu bagian yang takterpisahkan dari konsep transportasi berkelanjutan yang menekankan pada prinsip transportasi aman, nyaman, cepat, bersih (mengurangi polusi/pencemaran udara) dan dapat di akses oleh semua orang dan semua kalangan, termasuk oleh para penyandang cacat.

### **Persimpangan**

Menurut Des Aufa Azhar,dkk (2020) persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari semua sistem jaringan jalan. Persimpangan terbentuk karena bertemu atau berpisah nya 2 atau lebih jalur lalulintas yang merupakan jalur terdekat dan tercepat untuk sampai pada satu tujuan atau destinasi tertentu. Karena itu pengaturan kinerja simpang dan pemakaian sinyal yang optimal sangat diperlukan untuk mengatur arus lalulintas, agar tidak terjadi permasalahan pada persimpangan yang ada pada kota besar maupun yang sedang berkembang.

### **Simpang Bersinyal**

Simpang bersinyal adalah persimpangan jalan yang pergerakan arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergantian.

### **Konflik Lalu Lintas**

Menurut MKJI, (1997) terdapat empat macam pola dasar pergerakan lalu lintas kendaraan yang berpotensi menimbulkan konflik, yaitu:

- a. Diverging (Berpisah), yaitu peristiwa berpisah nya kendaraan yang melewati suatu ruas jalan ketika kendaraan tersebut sampai pada titik persimpangan. Konflik ini dapat terjadi pada saat kendaraan melakukan gerakan membelok atau berganti jalur.
- b. Merging (Bergabung), yaitu peristiwa bergabung nya kendaraan yang bergerak dari beberapa ruas jalan ketika bergabung pada suatu titik persimpangan, dan juga pada saat kendaraan

*Analisis Pengaturan Ulang Waktu Siklus Pada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas Untuk Meningkatkan Keselamatan (Studi Kasus pada Simpang Empat Hangtuh Kota Tegal)*

melakukan pergerakan membelok dan bergabung.

- c. Crossing (Berpotongan), yaitu peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur lain pada persimpangan, biasanya keadaan demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan.
- d. Weaving (Bersilangan), yaitu peristiwa terjadinya perpindahan jalur atau jalinan arus kendaraan menuju pendekatan lain, gerakan ini merupakan perpaduan dari gerakan diverging dan merging.

### **Waktu Siklus Simpang Bersinyal**

Waktu siklus adalah selang waktu urutan perubahan sinyal yang lengkap yaitu antara dua awal hijau yang berurutan pada fase yang sama (MKJI, 1997). Untuk setiap fase biasanya dibutuhkan maksimal 120 detik untuk waktu siklus yang dibagi menjadi lampu merah, lampu kuning, dan lampu hijau. Penentuan lama waktu merah, kuning dan hijau berdasarkan kelompok fasenya.

| Ukuran simpang | Lebar jalan rata-rata | Nilai normal waktu antar hijau |
|----------------|-----------------------|--------------------------------|
| Kecil          | 6-9 m                 | 4 detik/fase                   |
| Sedang         | 10-14 m               | 5 detik/fase                   |
| Besar          | $\geq 15$ m           | $\geq 6$ detik/fase            |

### **Prosedur Perhitungan Sampel Kecepatan Kendaraan**

Dalam metode perhitungan sampel kecepatan ini menggunakan metode Isaac dan Michael. Untuk menggunakan rumus Isaac dan Michael, langkah pertama ialah menentukan batas toleransi kesalahan (error tolerance). Batas toleransi kesalahan ini dinyatakan dalam presentase, semakin kecil toleransi kesalahan, maka semakin akurat sampel menggambarkan populasi. Misalnya dilakukan penelitian dengan batas toleransi kesalahan 10% (0,1), berarti memiliki tingkat akurasi sebesar 90%.

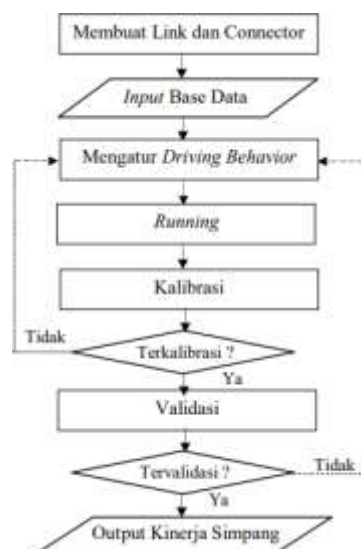
**Tabel Penentuan Jumlah Sampel Isaac dan Michael untuk Tingkat Kesalahan 1%, 5%, dan 10%**

| N            | S          |            |            |
|--------------|------------|------------|------------|
|              | 1%         | 5%         | 10%        |
| 10           | 10         | 10         | 10         |
| 15           | 15         | 14         | 14         |
| 20           | 19         | 19         | 19         |
| 25           | 24         | 23         | 23         |
| 30           | 29         | 28         | 27         |
| ...          | ...        | ...        | ...        |
| 50000        | 663        | 348        | 270        |
| 55000        | 663        | 348        | 270        |
| <b>60000</b> | <b>663</b> | <b>348</b> | <b>270</b> |
| ...          | ...        | ...        | ...        |
| 1000000      | 663        | 348        | 271        |
| $\infty$     | 663        | 349        | 272        |

### *Software PTV VISSIM*

Pengertian VISSIM 9.0 menurut PTV *Planing Transport Verkehr AG* (2016) adalah “*VerkehrStadten–SIMulationsmodell*” atau yang lebih dikenal dengan VISSIM adalah perangkat lunak simulasi aliran mikroskopis untuk model lalu lintas perkotaan. VISSIM model simulasi telah dipilih untuk mengkalibrasi kondisi jalan. VISSIM merupakan simulasi mikroskopik atau mikrosimulasi, yang berarti tiap karakteristik kendaraan maupun pejalan akan disimulasikan secara individual. Perhitungan- perhitungan keefektifan yang beragam dapat dimasukkan pada software VISSIM, pada umumnya yang dimasukkan kedalam pemodelan VISSIM antara lain tundaan, kecepatan antrian, waktu tempuh dan berhenti.

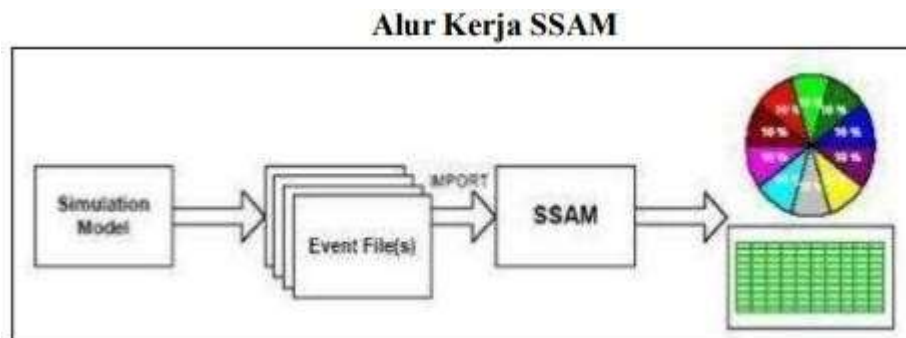
### **Alur Permodelan VISSIM**



*Analisis Pengaturan Ulang Waktu Siklus Pada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas Untuk Meningkatkan Keselamatan (Studi Kasus pada Simpang Empat Hangtuh Kota Tegal)*

**SSAM (Surrogate Safety Assessment Model)**

Menurut Al Raji Haitham (2015), Surrogate Safety Assessment Model (SSAM) merupakan suatu metode yang dikembangkan oleh Federal Highway Administration Research and Technology yang dilakukan dengan cara menggabungkan antara mikrosimulasi dan analisis konflik secara otomatis serta menganalisis frekuensi dan karakter dari tipe konflik antar kendaraan pada suatu arus lalu lintas yang digunakan untuk menilai keselamatan lalu lintas tanpa menunggu jumlah kecelakaan dan cedera benar-benar terjadi.



**3. METODE PENELITIAN**

**Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian ini adalah pada simpang empat Hangtuh ( Jl. Hangtuh, Jl. Brigjen Katamso, Jl. Letjen Suprpto, dan Jl. Kapten Ismail ) yang terdapat di Kota Tegal. Simpang ini merupakan pertemuan antara jalan perkotaan dan jalan kota, dengan menggunakan pengaturan lampu lalu lintas 2 fase.



**Alat dan Waktu Penelitian**

Peralatan dan perlengkapan yang digunakan pada penelitian ini adalah :Counter, Roll Meter, Formulir Survei, Kamera, dan Stopwatch

## **Waktu Penelitian**

Waktu penelitian survei adalah 2 jam dengan interval 15 menit yang dilakukan selama 3 hari, yaitu pada hari Senin, Rabu, Minggu dimulai pada jam 06.30 s/d 07.30 WIB pagi, dan jam 15.30 s/d 16.30 WIB sore.

## **Sample**

Sementara untuk pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan *sample random sampling*, dikatakan simple atau sederhana sebab pengambilan sampel anggota populasi dilakukan secara acak, tanpa memperhatikan strata yang terdapat dalam populasi tersebut. Cara ini dapat dilakukan jika anggota populasi dianggap homogen. Sementara pada lokasi penelitian, perilaku populasi adalah sama atau homogen.

## **Jenis Data**

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan dua jenis data menurut sugiyono (2016) antarlain:

- a. Data Kualitatif Data kualitatif yaitu suatu data yang berbentuk kata-kata, bukan dalam bentuk angka yang dapat diperoleh melalui berbagai macam teknik pengumpulan data misalnya wawancara, analisis dokumen, atau observasi yang telah dituangkan dalam catatan lapangan (transkrip).
- b. Data Kuantitatif Data kuantitatif yaitu suatu data yang berbentuk angka atau bilangan. Sesuai dengan bentuknya, data kuantitatif dapat diolah atau dianalisis menggunakan teknik perhitungan matematika atau statistik.

## **Metode Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Metode Survei Metode survei lebih banyak digunakan untuk pemecahan masalah – masalah yang berkaitan dengan perumusan kebijakan dan bukan untuk pengembangan. Oleh karena itu survei tidak digunakan untuk menguji suatu hipotesis.
- b. Metode Observasi Metode observasi adalah pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap gejala yang tampak pada objek penelitian. Seperti melakukan pengamatan volume kendaraan, kecepatan kendaraan, pengukuran lebar jalan, kondisisimpang dan konflik lalu lintas.

*Analisis Pengaturan Ulang Waktu Siklus Pada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas Untuk Meningkatkan Keselamatan (Studi Kasus pada Simpang Empat Hangtuh Kota Tegal)*

- c. Metode Dokumentasi Metode dokumentasi adalah suatu cara yang digunakan untuk memperoleh data dan informasi dalam bentuk buku, arsip, dokumen, tulisan angka dan gambar yang dapat mendukung penelitian.

### **Metode Analisis Data Analisis Volume Lalu Lintas**

Setelah melakukan survei *Classified Turning Movement Counting* (CTMC) selanjutnya dilakukan analisis volume lalu lintas untuk mengetahui jam sibuk simpang. Data jam sibuk simpang tersebut yang nantinya akan digunakan untuk melakukan pemodelan *vissim*.

### **Analisis Kecepatan Kendaraan**

Setelah dilakukan survei kecepatan sesaat (*spotspeed*) selanjutnya dilakukan analisis data kecepatan untuk mendapatkan distribusi kumulatif kecepatan bebas masing-masing jenis kendaraan. Dari data distribusi kumulatif kecepatan bebas kendaraan akan didapatkan kecepatan terendah, kecepatan tertinggi dan kecepatan yang sering digunakan oleh pengguna kendaraan. Kemudian data distribusi kumulatif kecepatan bebas kendaraan tersebut akan digunakan pada pemodelan *vissim*.

### **Analisis Kondisi Simpang**

Setelah mengumpulkan data di lapangan, selanjutnya dilakukan analisis untuk merubah data hasil dari sebuah penelitian menjadi informasi yang nantinya bisa dipergunakan untuk mengambil sebuah kesimpulan. Analisis yang digunakan untuk mengetahui konflik yang terjadi pada simpang pada penelitian ini menggunakan software PTV VISSIM sebagai alat untuk melakukan simulasi dari kondisi eksisting ataupun kondisi setelah diberikan penanganan untuk mengurangi konflik pada persimpangan yang nantinya akan menghasilkan animasi 2D dan 3D. Hasil dari simulasi dari kondisi eksisting ataupun kondisi dengan menggunakan software *Vissim* kemudian dianalisis menggunakan software SSAM untuk menentukan konflik yang terjadi pada kondisi awal maupun pada saat diberikan alternatif.



## **Kalibrasi**

Kalibrasi dilakukan dengan metode trial and error hingga mencapai hasil yang mendekati data observasi. Nilai parameter perilaku pengemudi diubah sesuai dengan perkiraan kondisi di lapangan yang berlaku. Menurut Ulfah (2017), Parameter yang dipilih dalam kalibrasi menggunakan proses trial and error, yaitu :

- a. Desired position at free flow, yaitu keberadaan/ posisi kendaraan pada saat berada di lajur artinya kendaraan dapat berada di samping kiri maupun kanan kendaraan lain.
- b. Overtake on same lane, yaitu perilaku pengemudi kendaraan yang ingin menyiapkan padalajur yang sama baik darisisi kanan maupun kiri.
- c. Distance standing, yaitu jarak antar pengemudi secara bersampingan saat berhenti.
- d. Distance driving, yaitu jarak antar pengemudi secara bersampingan saat berjalan.
- e. Average standstill distance, yaitu parameter jarak aman ketika kendaraan akan berhenti akibat kendaraan yang berhenti atau melakukan perlambatan akibat hambatan dengan satuan meter (m).
  - 1) Additive part of safety distance, yaitu parameter penentu jarak aman nilai tambahan sebagai parameter jarak aman kendaraan yang akanberhenti.
  - 2) Multiplicative part of safety distance, yaitu faktor pengali jarak aman kendaraan pada saat akan berhenti.

## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Uji Validitas**

Pada penelitian ini, untuk mengetahui data valid atau tidak dengan menggunakan duametode untuk validasi yaitu:

### **Uji GEH (Geofrey E. Havers)**

Uji GEH, Menurut Irawan (2015), GEH merupakan rumus statistic modifikasi dari Chi-squared dengan menggabungkan perbedaan antara nilai relative dan mutlak. Rumus GEH berikut ini memiliki ketentuan khusus dari nilai error yang dihasilkan seperti pada Tabel.

*Analisis Pengaturan Ulang Waktu Siklus Pada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas Untuk Meningkatkan Keselamatan (Studi Kasus pada Simpang Empat Hangtuh Kota Tegal)*

| Nilai GEH        | Keterangan                               |
|------------------|--|
| GEH < 5,0        | Diterima                                 |
| 5,0 < GEH < 10,0 | Kemungkinan data <i>Error</i> atau buruk |
| GEH > 10,0       | Ditolak                                  |

**Uji MAPE (Mean Absolute Percentage Error)**

MAPE juga dikenal sebagai rata-rata deviasi persentase absolut tersebut adalah persentase perbedaan antara data yang sebenarnya dengan data perkiraan. Parameter yang dilakukan validasi adalah jumlah volume arus lalu lintas, panjang antrian dan kecepatan kendaraan. Berikut adalah rumus MAPE:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|\hat{y}_t - y_t|}{y_t} \times 100$$

Keterangan:

N = banyaknya/jumlah data

At = data dilapangan observasi

Ft = data simulasi

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya dan sesuai dengan tujuan penulisan skripsi maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Pada kondisi awal kinerja simpang Hangtuh Kota Tegal masih dapat dikategorikan baik dengan tundaan simpang yaitu 11,75 detik/smp dan antrian 5,94 meter dengan tingkat pelayanan yaitu B.
- b. Rekomendasi pertama yaitu menerapkan waktu siklus 3 Fase. Berdasarkan hasil analisis menggunakan VISSIM diperoleh tingkat pelayanan pada simpang Hangtuh yaitu B, dengan tundaan 17 detik dan peluang antrian 7,51 meter. Konflik *crossing* yang terjadi yaitu 71 konflik.
- c. Rekomendasi yang kedua yaitu penerapan waktu siklus 4 Fase, dengan tingkat pelayanan D. Tundaan 44,71 detik/smp dan peluang antrian sepanjang 17,85 meter. Pada penerapan waktu siklus 4 Fase, konflik *crossing* yang terjadi 12

konflik.

- d. Rekomendasi penanganan pada simpang Hangtuh Kota Tegal yang paling efektif yaitu penerapan pengaturan waktu siklus 3 fase, Rekomendasi 3 fase yang telah dianalisis dapat menurunkan jumlah terjadinya konflik tanpa adanya perubahan tingkat pelayanan, dimana pada kondisi awal terjadi 104 konflik *crossing*, jika diterapkan pengaturan waktu siklus 3 fase turun menjadi 71 konflik.

## Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan tersebut maka untuk mengatasi permasalahan pada simpang Hangtuh Kota Tegal, penulis menyarankan sebagai berikut :

- a. Untuk Meningkatkan keselamatan pada simpang Hangtuh, perlu dilakukan pengaturan ulang fase pada kondisi awal simpang Hangtuh yaitu dengan menerapkan pengaturan waktu siklus 3 Fase. Karena berdasarkan hasil analisis dapat mengurangi konflik lalu lintas tanpa mempengaruhi tingkat pelayanan simpang.
- b. Untuk mencegah kepadatan lalu lintas perlu diterapkannya *yellow box* pada simpang hangtuh ini dengan tujuan mencegah kepadatan lalu lintas di persimpangan yang dapat mengakibatkan tersendatnya arus kendaraan di jalur lain yang tidak padat.
- c. Perlu dilakukan penambahan rambu lalu lintas pada setiap kaki simpang, seperti rambu petunjuk arah dan rambu pejalan kaki. Serta perlu dilakukan pengecatan ulang marka jalan yang sudah terlihat kurang jelas.
- d. Perlu dilakukan kajian atau penelitian lebih lanjut mengenai rekomendasi yang diusulkan agar lalu lintas pada simpang Hangtuh Kota Tegal minim terjadi konflik lalu lintas antara kendaraan yang satu dengan kendaraan yang lain.

## DAFTAR REFERENSI

- Ali Naufal, Muhammad., & Farida, Ida. Inspeksi Keselamatan Jalan Pada Ruas Jalan Raya Limbangan Kabupaten Garut, *Jurnal Konstruksi*, Vol. 19, No, 1, 2021
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian*. Jakarta : Rineka Cipta
- Departemen Pekerjaan Umum. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta : Dirjen Bina Marga.
- Felly Misdalena (2019). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jakabaring Menggunakan Program Microsimulator Vissim 8.00, *Jurnal Desimilasi Teknologi*, Vol. 7, No. 1, Januari 2019

*Analisis Pengaturan Ulang Waktu Siklus Pada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas Untuk  
Meningkatkan Keselamatan  
(Studi Kasus pada Simpang Empat Hangtuh Kota Tegal)*

- Khisty, C. J., & Lall, B. K. (2005). *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- Kornelius Jepriadi (2022), Kalibrasi dan Validasi Model Vissim untuk Mikrosimulasi Lalu Lintas pada Ruas Jalan Tolidengan Lajur Khusus Angkutan Umum, *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, Vol. 9, No. 2, Desember 2022
- Mariyam., dkk, (2018). Pengembangan Simulasi Pengendalian Lampu Lalu lintas dan Pendekatan Kepadatan Berbasis Arduino Mega 2560 Menggunakan Ldr dan Laser, *Jurnal Lentera Dumai*, Vol. 9, No. 2, 2018
- Menteri Perhubungan (2003), Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : KM 62 Tahun 2003 tentang *Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas*. Menteri Perhubungan. Jakarta
- Nugroho, Cahyadi, Andi agustang, Nurlita Pertiwi (2022). Dinamika Pertumbuhan Kawasan Pemukiman Kota Jambi, *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, Vol. 8, No. 1, Januari 2022.
- Oyi Febri., dkk, (2020), Kinerja Simpang Bersinyal ( Studi Kasus Jalan Hasanudin – Jalan Kamboja, Sumbawa Besar, *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, Vol.16, No. 1, 2020
- Rita Nasmirayanti (2019). Perencanaan Ulang Pengaturan Fase Alat Pengaturan Lalulintas Pada Persimpangan Bersinyal Di Persimpangan Jl. Sudirman – Kis Mangun Sarkoro, *Rang Teknik Journal*, Vol. 2, No. 1 Januari 2019.
- Roma Andika (2022). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Untuk Meningkatkan Keselamatan Dengan Pengaturan Ulang Waktu Siklus Apill di Simpang Empat Maya Kota Tegal, *Jurnal Universal Technic* , Vol. 1, No. 2, Oktober 2022.
- Sugiyono.2016. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*. Bandung : Alfabeta.
- Ulfah. (2017). *Mikrosimulasi Lalu Lintas Pada Simpang Tiga Dengan Software Vissim*. Makassar : Universitas Hasanudin.