



## Tinjauan *gap* pada simpang tiga lengan bersinyal terhadap waktu hijau

Arjun Firghani<sup>a,\*</sup>, Sasana Putra<sup>b</sup>, Muhammad Karami<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

<sup>b</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

<sup>c</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

### HIGHLIGHTS

- Penelitian tentang penentuan nilai waktu dari metode *gap* serta analitis sebagai parameter penentuan waktu hijau pada simpang tiga lengan bersinyal di lingkungan komersil di Kota Bandar Lampung.
- Lama waktu hijau di lapangan dapat ditambah sekitar 6-10 detik akibat pengaruh dari waktu *gap*.

### INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima 23 Juni 2022

Diterima setelah diperbaiki 14 Juli 2022

Diterima untuk diterbitkan 19 Juli 2022

Tersedia secara *online* 01 Agustus 2022

Kata kunci:

*Gap*,

simpang bersinyal,  
waktu hijau.

### ABSTRAK

Pergerakan lalu lintas pengendara yang padat pada persimpangan berpotensi menimbulkan *gap* akibat konflik. Nilai *gap* akan menimbulkan tundaan lalu lintas pada persimpangan bersinyal yang dapat mempengaruhi terhadap waktu pada pengaturan waktu hijau pada *traffic light*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *gap* yang terjadi serta bagaimana pengaruh nilai *gap* tersebut terhadap waktu hijau efektif di persimpangan tiga lengan bersinyal Jalan Diponegoro - Cut Mutia di Kota Bandar Lampung, Indonesia. Data jumlah kendaraan, volume lalu lintas serta waktu tempuh kendaraan didapatkan langsung dengan melakukan survei selama satu hari dan dianalisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 dan metode *gap acceptance*. Dari penelitian ini didapat volume total rata-rata tertinggi pada sesi sore sebesar 2169,6 skr/jam. Nilai *gap* diterima pada sesi pagi dan sore terjadi sebesar 6 detik dan 10 detik dengan tundaan persiklus pagi dan sore hari sebesar 2,6 dan 7,6. Nilai waktu hijau lapangan terjadi rentang waktu 16 - 48 detik serta hasil analisis berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia diperoleh waktu hijau di lapangan terjadi pada rentang waktu 26 - 54 detik.

Diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

### 1. Latar Belakang

Simpang Jalan Diponegoro-Cut Mutia merupakan salah satu persimpangan yang menghubungkan pusat kota Bandar Lampung dengan wilayah pemukiman masyarakat lokal, yang termasuk dalam jenis simpang tiga lengan bersinyal yang menghubungkan Jalan Diponegoro dengan Jalan Cut Mutia. Pada kasus persimpangan bersinyal, saat lampu hijau, masih ada pengendara yang tidak dapat langsung bergerak melintasi jalan persimpangan tersebut akibat adanya *gap* dari pengendara lain dari arah fase hijau sebelumnya yang menghambat arus sehingga menimbulkan tundaan yang dapat mempengaruhi kelancaran jalan pada persimpangan bersinyal tersebut.

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2014 [1], simpang bersinyal merupakan jenis simpang yang memiliki alat pemberi isyarat lalu-lintas (APILL). Alat

ini mengatur arus lalu lintas menggunakan tiga jenis isyarat lampu, yaitu merah, kuning dan hijau. Prinsip pengaturan simpang APILL ialah dengan cara meminimalkan terjadinya konflik primer dan sekunder. Atmaja [2], menyatakan waktu hijau efektif ialah jumlah waktu pada suatu fase efektif diperbolehkan untuk menjalankan pergerakan. Waktu hijau efektif didapat dari waktu hijau ditambah waktu antara kemudian dikurang dengan waktu hilang. Selanjutnya, Datta [3] menyatakan *gap acceptance* adalah proses dimana pengendara harus mengevaluasi *gap* dan memutuskan apakah mereka cukup atau tidak untuk bergabung. Pada bukaan median, pengendara lebih memerlukan *gap* yang besar agar bisa bergabung dengan aliran kendaraan jalur mayor jika dibandingkan dengan manuver persimpangan di tempat lain.

Ada beberapa pendapat mengenai definisi *gap*. Menurut Polus [4] *gap* didefinisikan sebagai interval waktu antara dua kendaraan dalam melewati arus kendaraan. Jika pengendara memanfaatkan *gap* maka *gap* itu adalah *gap* diterima dan jika tidak maka disebut *gap* ditolak. Bersamaan adanya *gap* ada pula istilah lag. Ashworth [5] berpendapat bahwa *gap* ditinjau dari bagian belakang kendaraan sampai bagian depan kendaraannya yang mengikutinya. Juniardi [6]

\* Penulis koresponden.

Alamat E-mail: [arjun.firghani07@gmail.com](mailto:arjun.firghani07@gmail.com) (A. Firghani)

Peer review dibawah tanggung-jawab Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

<https://doi.org/10.23960/rekrjits.v26i2.53>

menyatakan *gap* adalah waktu atau jarak antar kendaraan di arus major (utama) yang dipertimbangkan pengemudi di jalan minor dan berharap agar dapat bergabung ke arus utama. Secara teknik, *gap* diukur dari bumper depan dengan kendaraan berikutnya. Menurut Obaidat [7] *gap acceptance* adalah kesenjangan minimum yang diperlukan untuk menyelesaikan perubahan/perpindahan jalur dengan aman. Oleh karena itu, model *gap acceptance* dapat membantu menjelaskan bagaimana seorang pengemudi me-mutuskan untuk berbelok atau tidak.

Pada persimpangan tiga lengan bersinyal yang menghubungkan Jalan Diponegoro dan Jalan Cut Mutia, saat lampu hijau terdapat pengendara yang tidak dapat langsung bergerak melintasi jalan persimpangan tersebut akibat adanya pengendara lain dari arah fase hijau sebelumnya. Hal tersebut dapat merugikan pengendara lain karena menyebabkan tundaan yang menghambat pergerakan pengendara lain untuk mendapat giliran untuk melintasi simpang pada saat memasuki fase hijau. Tujuan penelitian ini adalah meninjau pengaruh *gap* terhadap waktu hijau pada persimpangan Jalan Diponegoro - Jalan Cut Mutia di Kota Bandar Lampung.

**2. Metode Penelitian**

Penelitian diawali dengan pengumpulan data primer, yang diperoleh berupa geometrik simpang, jumlah kendaraan, data pengaturan lampu lalu lintas dan waktu tempuh dari kendaraan yang bergerak melintasi antar lengan simpang pada tiap siklus. Data diperoleh dari hasil pengamatan langsung di lapangan dan melakukan survei dengan menggunakan alat *drone*. Menurut Fica [8] waktu pengambilan data diambil pada saat jam puncak pagi hari (jam 07.00-09.00) dan sore hari (jam 16.00-18.00), dengan melihat kondisi saat orang berpergian dari rumah ke tempat kerja atau aktivitas lainnya dan saat jam sibuk sore hari dimana orang pulang kembali ke rumahnya.

Data yang telah terkumpul kemudian dihitung berdasarkan acuan PKJI 2014. Data pertama yang dihitung adalah volume lalu lintas. Luttinen [9] menjelaskan dengan menggunakan data jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dan diamati dari suatu ruas jalan selama rentang waktu tertentu. Data kendaraan yang dihitung kemudian dibagi oleh waktu pengamatann lalu hasilnya dikonversikan menjadi satuan skr/jam.

Untuk mengukur jumlah volume arus lalu lintas menggunakan Persamaan 1:

$$V = (KR \times ekr_{KR}) + (KB \times ekr_{KB}) + (SM \times ekr_{SM}) \quad (1)$$

dengan *V* adalah volume lalu lintas (skr/jam), *KR* adalah jumlah kendaraan ringan (kendaraan/jam), *ekr<sub>KR</sub>* adalah ekivalen kendaraan ringan, *KB* adalah jumlah kendaraan berat (kendaraan/jam), *ekr<sub>KB</sub>* adalah ekivalen kendaraan berat, *SM* adalah jumlah sepeda motor (kendaraan/jam) dan *ekr<sub>SM</sub>* adalah ekivalen kendaraan sepeda motor.

Selanjutnya dihitung nilai waktu hijau analitis setiap pendekat pada simpang dengan menggunakan Persamaan 2. Dan nilai arus jenuh diperoleh dengan Persamaan 3.

$$H_i = (c - H_h) \times \frac{RQ/S \text{ kritis}}{\sum(RQ/S \text{ kritis})_i} \quad (2)$$

dengan *H<sub>i</sub>* adalah waktu hijau efektif (detik), *c* adalah waktu siklus (detik), *H<sub>h</sub>* adalah total waktu hijau (detik), *S* adalah arus jenuh (skr/jam) dan *RQ/S kritis* adalah rasio arus simpang kritis yang didapat dari nilai arus jenuh dan arus kendaraan di lapangan.

$$S = S_o \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKi} \times F_{BKk} \quad (3)$$

dengan *S* adalah arus jenuh (skr/jam), *S<sub>o</sub>* adalah arus jenuh dasar (skr/jam), *F<sub>HS</sub>* adalah faktor penyesuaian *S<sub>o</sub>* akibat lingkungan jalan, *F<sub>UK</sub>* adalah faktor penyesuaian *S<sub>o</sub>* terkait ukuran kota, *F<sub>G</sub>* adalah faktor penyesuaian *S<sub>o</sub>* akibat kelandaian memanjang pendekat, *F<sub>P</sub>* adalah faktor penyesuaian *S<sub>o</sub>* akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama, *F<sub>BKi</sub>* adalah faktor penyesuaian *S<sub>o</sub>* akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri dan *F<sub>BKk</sub>* adalah faktor penyesuaian *S<sub>o</sub>* akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan.

Pada penelitian Gultom [10], teori *gap acceptance* berdasar pada konsep bagaimana sebuah kendaraan yang akan melakukan gerakan menyeberang atau menyatu pada arus utama menunggu untuk *gap* yang memenuhi kebutuhan pengendara. Data waktu tempuh kemudian diolah dan diklasifikasikan atas *gap* diterima dan *gap* ditolak, selanjutnya hasilnya dihitung nilai rata-rata *gap* dengan Persamaan 4.

$$X = \frac{\sum f_i \cdot X_i}{\sum X_i} \quad (4)$$

dengan *X* adalah rata-rata *gap*, *f<sub>i</sub>* adalah jumlah kejadian kendaraan yang mengalami *gap* dan *x<sub>i</sub>* adalah nilai tengah dari rentang waktu *gap* yang terjadi.

Kemudian dari data *gap* dihitung nilai tundaan akibat pengaruh *gap* menggunakan Persamaan 5.

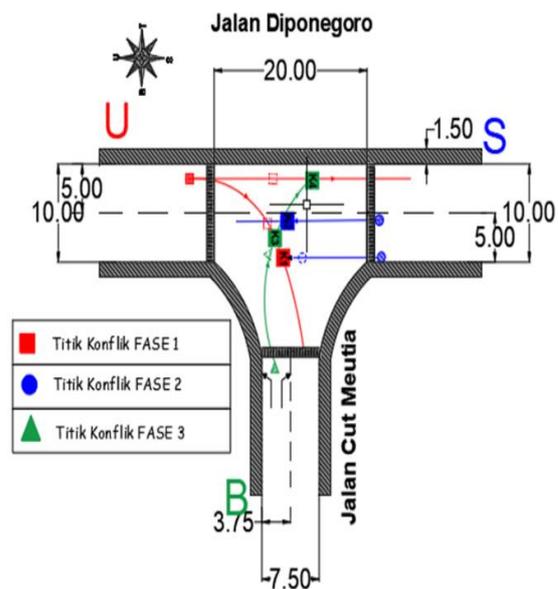
$$T = \bar{x} \times \bar{n} \quad (5)$$

dengan *T* adalah tundaan, *x̄* adalah nilai rata-rata *gap* diterima dan *n̄* adalah rata-rata kejadian *gap* dalam satu siklus.

Data yang telah dihitung kemudian dianalisis untuk mengetahui nilai waktu hijau simpang dan desain rencana waktu hijau yang dapat disarankan untuk meningkatkan kinerja simpang akibat *gap*.

**3. Hasil dan Pembahasan**

Kondisi geometrik simpang Jalan Diponegoro - Jalan Cut Mutia memiliki lebar efektif pendekat utara (Jalan Diponegoro) sebesar 5 meter, pendekat selatan (Jalan Diponegoro) sebesar 5 meter, pendekat barat (Jalan Cut Mutia) sebesar 3,75 meter, seperti disajikan pada Gambar 1.

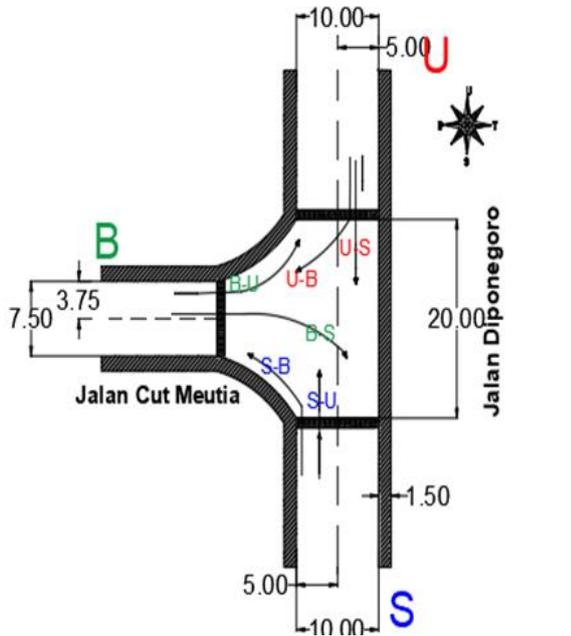


**Gambar 1** Ruas simpang Jalan Diponegoro - Jalan Cut Mutia

Gambar 1 menjelaskan teknis pelaksanaan survei dalam penelitian, diawali dengan menentukan titik awal fase lampu merah. Untuk fase 1 digambarkan dengan warna merah, fase 2 digambarkan dengan warna biru dan fase 3 digambarkan dengan warna hijau. Kemudian dari fase tersebut di tarik garis proyeksi pergerakan kendaraan yang terjadi sehingga didapatkan titik konflik antar simpang yang terjadi saat waktu antar hijau. Perhitungan waktu *gap* diteliti saat kendaraan dari fase yang sudah kembali memasuki waktu lampu merah belum tuntas melintasi persimpangan sehingga mempengaruhi kendaraan fase selanjutnya terpaksa memberikan ruang untuk kendaraan fase sebelumnya untuk melintasi jalan terlebih dahulu.

Dalam kondisi ini, terdapat empat jenis konflik yang dijelaskan sebagai berikut:  $K_1$  adalah fase 1 Jalan Diponegoro berbelok ke jalan Cut Mutia dengan fase 2 Jalan Diponegoro yang bergerak lurus (*crossing*),  $K_2$  adalah fase 2 Jalan Diponegoro yang bergerak lurus dengan fase 3 Jalan Cut Mutia yang bergerak belok ke arah Jalan Diponegoro (*crossing*),  $K_3$  adalah fase 3 Jalan Cut Mutia yang berbelok kanan ke jalan Diponegoro dengan fase 1 Jalan Diponegoro yang berbelok ke Jalan Cut Mutia (*crossing*) dan  $K_4$  adalah fase 3 jalan mutia yang berbelok kanan ke jalan diponegoro dengan fase 1 jalan diponegoro yang bergerak lurus (*merging*).

Volume pada persimpangan ini di tentukan dari enam arah pergerakan kendaraan yang terdiri atas dua arah pergerakan kendaraan dari masing lengan simpang. Kemudian pemodelan arah arus kendaraan di jelaskan pada Gambar 2, yang masing-masing arah terdiri dari arah Utara – Selatan (U-S), arah Utara – Barat (U-B), arah Selatan – Utara (S-U), arah Selatan – Barat (S-B), arah Barat – Utara (B - U) dan arah Barat – Selatan (B - S).



Gambar 2 Arah arus simpang Jalan Diponegoro – Jalan Cut Mutia

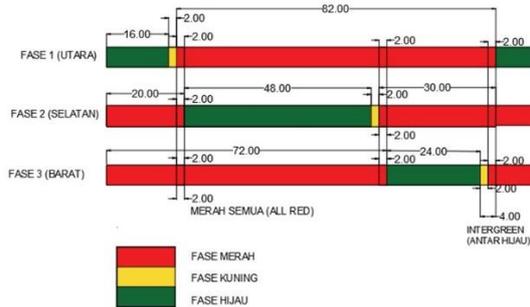
Selanjutnya, Tabel 1 menyajikan hasil analisis volume kendaraan pada pagi hari, ditunjukkan pada volume lalu lintas pagi hari yang terbesar sebesar 2772 skr/jam pada saat siklus ke-48. Nilai rata-rata volume lalu lintas gabungan di tiap lengan simpang sebesar 2117.55 skr/jam. Pada sore hari, volume lalu lintas terbesar 2808 skr/jam saat siklus ke-34. Nilai rata-rata volume lalu lintas di tiap lengan simpang

sebesar 2169,45 skr/jam. Dari perhitungan di atas menunjukkan bahwa sesi terpadat terjadi pada sore hari dengan arah dominan terjadi saat kendaraan bergerak dari selatan menuju utara.

Tabel 1 Nilai Volume Pada Simpang Jl. Diponegoro – Jl. Cut Mutia

Sesi pengambilan	Volume total rata-rata (skr/jam)	Volume total terbesar (skr/jam)
Pagi hari	2117.55	2772
Sore hari	2169,45	2808

Gambar 3 menyajikan pemodelan sinyal lampu lalu-lintas lapangan di Simpang Jl. Diponegoro – Cut Mutia. Kondisi dalam satu siklus dengan waktu siklus tiap simpang sebesar 100 detik dengan waktu antar hijau yang merupakan jumlah dari waktu fase kuning dan waktu merah semua sebesar 4 detik pada semua fase di lengan simpang. Pada persimpangan ini terdapat 3 fase yang ditandai berdasarkan arah pendekatnya. Pada fase 1 dengan pendekat arah utara memiliki jumlah waktu hijau sebesar 16 detik, kemudian jumlah waktu fase merah sampai ke siklus berikutnya sebesar 82 detik. Selanjutnya fase 2 dengan arah pendekat selatan yang merupakan kelanjutan dari fase 1 memiliki waktu hijau sebesar 48 detik dengan waktu merah sebesar 50 detik. Pada fase 3 dengan pendekat barat memiliki waktu hijau sebesar 24 detik dengan waktu merah sebesar 82 detik, kemudian dilanjutkan dengan waktu antar hijau masuk ke siklus berikutnya ditandai dengan urutan kembali memasuki fase 1.



Gambar 3 Pemodelan sinyal lampu lalu-lintas lapangan

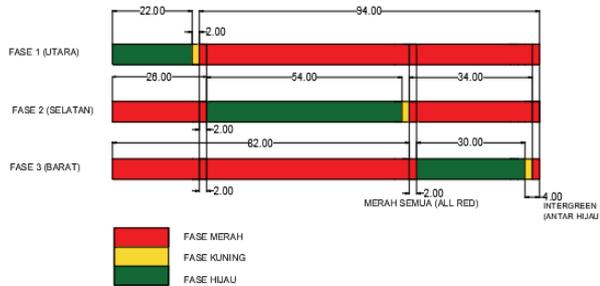
Hasil perhitungan waktu hijau efektif berdasarkan perhitungan yang berpedoman dari form SIG yang mengacu perhitungan pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 dijabarkan pada Tabel 2 dan diilustrasikan pada Gambar 4.

Tabel 2 Arus Lalu Lintas, Arus Jenuh Penyesuaian, dan Waktu Hijau pendekat Simpang Jl. Diponegoro – Jl. Cut Mutia

Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (skr/jam)	Arus Jenuh Penyesuaian (S) (skr/jam)	Waktu Hijau (Hi) (skr/jam)
Utara	1227.6	3221.99	26.06
Selatan	2246.4	2867.76	53.58
Barat	987.8	2325.37	30.15

Dari Tabel 2 dan Gambar 4 sebelumnya menunjukkan bahwa pada arus lalu lintas dan arus jenuh penyesuaian dengan nilai tertinggi yang ditinjau dari tiap lengan terjadi pada arah pendekat selatan (Jalan Diponegoro bagian bawah). Nilai waktu hijau pada setiap lengan pendekat didapat nilai waktu antara 26 – 54 detik, waktu merah antara

82-94 detik dengan waktu siklus sebesar 122 detik. Dari nilai waktu analitis akan digunakan sebagai data perbandingan dengan data di lapangan. Hasil dari pengolahan data survei berupa data waktu tempuh serta kejadian *gap* pada persimpangan pada sesi pagi dan sore diolah menjadi data ditolak serta diterima yang kemudian didapat pengaruhnya terhadap nilai tundaan.



Gambar 4 Pemodelan sinyal lampu lalu-lintas analitis

Tabel 3 menunjukkan *gap* ditolak terjadi pada rentang waktu 3-6 detik, serta tundaan terjadi pada rentang waktu 2-8 detik. *Gap* diterima terjadi pada rentang waktu antara 6 – 10 detik yang digunakan sebagai nilai tambahan waktu hijau pada waktu di lapangan sebagai waktu hijau yang disarankan. Selanjutnya dari beberapa metode perhitungan waktu hijau yang telah dianalisis di atas, kemudian dibandingkan seperti disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3

Rata-rata *gap* diterima dan ditolak, rata-rata kejadian *gap*, dan tundaan di simpang Jl. Diponegoro – Jl. Cut Mutia

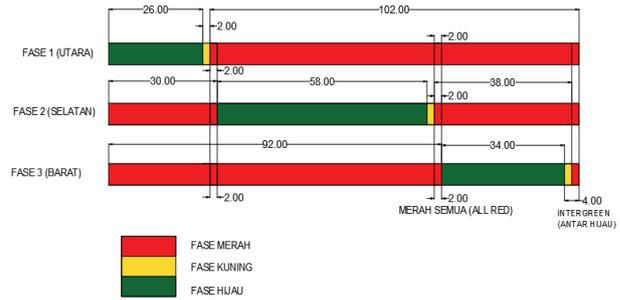
Waktu sesi	Rata-rata <i>gap</i> ditolak (detik)	Rata-rata <i>gap</i> diterima (detik)	Rata-rata kejadian ( <i>gap</i> )	Tundaan (detik)
Pagi	3,36	5,84	0,48	2,6
Sore	5,48	10,13	0,75	7,6

Tabel 4

Perbandingan nilai waktu hijau lapangan, analitis, akibat pengaruh *gap*

Waktu sesi	Waktu hijau lapangan (detik)	Waktu hijau analitis (detik)	Waktu hijau akibat pengaruh <i>gap</i> (detik)
Utara	16	26	26
Selatan	48	54	58
Barat	54	30	34

Tabel 4 menunjukkan nilai waktu hijau lebih kecil dari waktu analitis, yang menandakan bahwa waktu hijau di lapangan memerlukan waktu tambahan agar dapat memenuhi nilai waktu minimum dari perhitungan PKJI, nilai waktu yang dibutuhkan adalah antara 6-10 detik. Kemudian waktu hijau akibat pengaruh *gap* yang disarankan merupakan waktu hijau untuk digunakan dengan mempertimbangkan nilai *gap* diterima terbesar yang kemudian ditambahkan ke waktu lapangan sehingga waktu hijau yang disarankan dapat meminimalisir tundaan akibat *gap*. Selanjutnya waktu hijau yang disarankan dimodelkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Pemodelan sinyal lampu lalu-lintas yang disarankan

Berdasarkan Gambar 5, pemodelan di atas menjelaskan pada waktu hijau terjadi penambahan waktu hijau sebesar 10 detik akibat pengaruh nilai *gap* terbesar yang diambil pada sesi sore sebesar 10 detik pada waktu hijau lapangan di masing – masing lengan. Waktu hijau akibat *gap* terjadi pada rentang waktu antara 26-58 detik dengan waktu antar hijau 4 detik, waktu merah antara 68-102 detik serta waktu siklus sebesar 130 detik.

Dalam penelitian Maulana [11] untuk waktu hijau pada pendekatan utara sebesar 70 detik dan 124 detik (tanpa belok kanan), pendekatan arah selatan sebesar 51 detik, dan arah pendekatan timur sebesar 54 detik

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah pada simpang Jalan Diponegoro – Jalan Cut Mutia, waktu hijau analitis memiliki nilai waktu lebih lama dibandingkan waktu hijau dilapangan. Hal ini menandakan bahwa waktu hijau pada kondisi di lapangan memerlukan tambahan waktu hijau untuk memenuhi kebutuhan.

Peninjauan *gap* pada simpang dapat mempengaruhi terhadap nilai waktu hijau dikarenakan nilai *gap* diterima dapat digunakan sebagai nilai tambahan waktu hijau. Hasil perbandingan antara waktu lapangan dan waktu analitis memiliki perbedaan waktu sekitar 6 – 10 detik. Nilai rentang waktu perbedaan antara waktu di lapangan dan analitis tersebut sesuai dengan nilai waktu *gap* diterima yang ditinjau dengan menggunakan pendekatan metode *gap acceptance*.

#### Daftar Pustaka

- [1] Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta, 2014.
- [2] *Atmaja, A.K.T.*: Pengoptimalan sistem arus lalu-lintas menggunakan pemodelan *graf compatible* (Studi kasus persimpangan Jembatan Baru UGM Yogyakarta). Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta. 2015.
- [3] *Datta S.*: Critical gap comparison between HARDERS and INAFOGA methods for U-turn median openings. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). 2014.
- [4] *Polus, A.*: Gap acceptance characteristics at unsignalised urban intersection traffic engineering and control. **24**, 5, 1983. 255-258.
- [5] *Ashworth, R.*: Green gap acceptance at an uncontrolled intersection traffic engineering and control. **7**, 11, 1966, 676-678.
- [6] *Juniardi*: Analisis arus lalu-lintas di simpang tak bersinyal (studi kasus simpang Timoho dan simpang Tunjung Kota Yogyakarta). Tesis Program Magister Teknik Sipil. Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.

- [7] *Obaidat, T.I.A., Elayan, M.S.*: Gap acceptance behavior at U-turn median openings: case study in Jordan. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 7, 3, 2013, 332-341
- [8] *Fica R.P.*: Tinjauan tingkat kinerja simpang tidak bersinyal pada persimpangan Jalan Suprpto - Jalan Parman, Bandar Lampung. Skripsi. Universitas Lampung, Lampung, 2019.
- [9] *Luttinen, R.T.*: Capacity and level of service at finnish unsignalized intersections. *Finnra Reports*, No. 1/2004, 2004.
- [10] *Gultom, B., Sulistyorini, R., Putra, S.*: Pengaruh bukaan (U-Turn) di ruas Jalan Z.A. Pagar Alam terhadap kinerja lalu lintas (Studi kasus U-Turn di depan Wisma Bandar Lampung). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 7, 2, 2019, 299-310.
- [11] *Maulana, A.*: Optimasi waktu hijau persimpangan bersinyal di wilayah perkotaan. *Jurnal Infrastruktur*, 6, 1, 2020, 47-52.